

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Темирбаев Ануар Васильевич

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Мониторинг стихийных бедствий с использованием ГИС технологий

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой МДиГ

Доктор PhD, ассоц. проф

Э.О. Орынбасарова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Мониторинг стихийных бедствий с использованием ГИС технологий»

6B07304- Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Темирбаев Ануар

Рецензент

И.о. доцента, к.э.н.

Кафедры картографии и геоинформатики

КазНУ им.аль-Фараби

\_\_\_\_\_ Турганалиев С.Р.

"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 г.

Научный руководитель

к.т.н., ассоц.профессор

\_\_\_\_\_Турсбеков С.В.

"\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

6B07304- Геопространственная цифровая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой МДиГ

Доктор PhD, ассоц. проф

Э.О. Орынбасарова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся: Темирбаеву Ануару Васильевичу

Тема: Мониторинг стихийных бедствий с помощью ГИС технологий

Утверждена приказом Университета №489 – П/О от «23» ноябрь 2022г.

Срок сдачи законченной работы: «\_\_» июнь 2023г.

Исходные данные к дипломному проекту:

1. Лесной пожар на территории РБ в 2019г и г.Риддер РК.
2. Материалы, полученные из сайта “Copernicus” в виде съемок со спутников Sentinel-2A и Sentinel-2B.

Краткое содержание дипломной работы:

1. Постановка проблемы и цели дипломной работы
2. ГИС-технологии как решение проблемы
3. Использование ГИС для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий
4. Геоинформационное программное обеспечение Arcgis

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): снимки исследуемых районов; графические изображения карты; геодезические работы; специальная часть.

Рекомендуемая основная литература:

1. Ипалаков, Т.Т. и Дранникова, Ж.А. 2012. “Современное применение ГИС технологий для управления территорией (предупреждения и ликвидации последствий ЧС)”. *Восточно Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева*
2. Мавлютов, А.Р., Выдрин, Д.Ф. и Мавлютов А.Р. 2017. “Применение геоинформационных систем (ГИС) в области управления лесным хозяйством”.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Срок представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Снимки территорий РК и РБ	С 14.02.2023 по 28.02.2023	
Исследования и поиск материалов	С 28.02.2023 по 17.03.2023	
Процесс и этапы подсчета сгоревшей территории	С 20.03.2023 по 30.03.2023	
Анализ проделанного исследования и вывод	С 31.03.2023 по 14.04.2023	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Снимки территорий РК и РБ	к.т.н., ассоц.профессор Турсбеков С.В.	28.02.2023	
Исследования и поиск материалов	к.т.н., ассоц.профессор Турсбеков С.В.	17.03.2023	
Процесс и этапы подсчета сгоревшей территории	к.т.н., ассоц.профессор Турсбеков С.В.	30.03.2023	
Анализ проделанного исследования и вывод	к.т.н., ассоц.профессор Турсбеков С.В.	14.04.2023	
Нормоконтролер	М.т.н, страший препод. Кенесбаева А.	15.05.2023	

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Турсбеков С.В.

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ Темирбаев А.В.

Дата « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

## **АНДАТПА**

Бұл дипломдық жұмыс табиғи апаттардың мониторингіне арналған. Дипломдық жұмыстың мақсаты – ГАЖ технологияларын пайдалана отырып, табиғи апаттарды бақылау және бағалау процесін сипаттау. Табиғи апаттарды бақылау мен бағалаудағы негізгі қиындық ауа райы жағдайлары болып табылады. Қажетті зерттеу кезінде спутниктердің орналасуынан тұратын қиындықтар да бар. Бірінші мәселенің шешімі – жетілдірілген спутниктік түсірілім жабдықтары. Екінші мәселені шешу үшін ArcGIS бағдарламасы қолданылады.

## **АННОТАЦИЯ**

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

## **ABSTRACT**

This research paper is about monitoring natural disasters. The purpose of the thesis is to describe the process of monitoring and evaluation of natural disasters using GIS-technology. The main difficulty in monitoring and evaluating natural disasters is weather conditions. There is also a difficulty, which consists of the location of satellites during the necessary imaging. The solution to the first problem is improved equipment for space imagery. ArcGIS software is used to solve the second problem.

## Содержание

Введение	6
1. Постановка проблемы и цели дипломной работы	7
1.1 Лесные пожары	7
1.2 Статистика пожаров в Казахстане	8
1.3 Причины лесных пожаров	9
1.4 Пожарные риски	10
2 ГИС-технологии как решение проблемы	13
2.1 История развития и эволюция ГИС	13
2.2 Компоненты ГИС-технологий	14
2.3 Мониторинг	16
3 Использование ГИС для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий	18
3.1 Прогнозирование лесных пожаров	18
3.2 Прогнозирование землетрясений	19
3.3 Подходы на основе ГИС для управления и предотвращения пожаров	22
3.4 Использование ГИС для раннего предупреждения землетрясений и управления чрезвычайными ситуациями	23
3.5 Исследование лесного пожара в Республике Беларусь 2019 года	24
3.6 Лесной пожар в Риддере 2021 года в Республике Казахстан	28
4. Геоинформационное программное обеспечение Arcgis	31
4.1 Возникновение ПО	31
4.2 Возможности и использование	32
Заключение	33
Список использованной литературы	34
Приложение А	35
Приложение Б	36

## ВВЕДЕНИЕ

Стихийные бедствия всегда представляли угрозу для человеческого общества, вызывая масштабные разрушения, гибели людей и нанося вред окружающей среде. От наводнений и ураганов до землетрясений и лесных пожаров - стихийные бедствия способны нанести значительный ущерб населению и нарушить жизни людей. Они происходят без предупреждения и оказывают значительное экономическое, социальное и экологическое воздействие. Эффективный мониторинг и анализ этих бедствий имеет решающее значение для снижения их ущерба. Технология географических информационных систем (ГИС) представляет собой мощный инструмент для мониторинга и анализа пожаров и землетрясений, а также для улучшения реагирования на стихийные бедствия и управления ими.

ГИС технология обеспечивает визуальное представление данных и позволяет интегрировать различные наборы данных, такие как спутниковые снимки, дистанционное зондирование, наземные измерения и демографические данные, чтобы лучше понять масштабы и последствия этих бедствий. Такая интеграция позволяет получить комплексное понимание ситуации, что крайне важно для принятия обоснованных решений и соответствующих действий.

В этой работе мы рассмотрим возможности ГИС в мониторинге и анализе последствий пожаров и землетрясений. Мы сосредоточимся на приемах и методах, используемых в ГИС для мониторинга и анализа причин и последствий этих бедствий. Наша цель - продемонстрировать преимущества использования технологии ГИС для мониторинга и управления последствиями пожаров и землетрясений, а также показать, как она может помочь уменьшить последствия этих бедствий и улучшить реагирование на чрезвычайные ситуации и управление ими. Мы также рассмотрим конкретные примеры применения ГИС для мониторинга и анализа последствий пожаров и землетрясений.

Данная работа предоставит ценную информацию для организаций по управлению чрезвычайными ситуациями, правительственных агентств, исследователей и всех, кто заинтересован в улучшении понимания технологии ГИС и ее применения в мониторинге и анализе данных о пожарах и землетрясениях.

## **1 Постановка проблемы и цели дипломной работы**

Как уже было упомянуто, ущерб от стихийных бедствий проявляет себя в физическом, экономическом, социальном и экологическом направлении. Если физический ущерб включает в себя разрушение инфраструктуры, зданий и других материальных активов, то экономический ущерб относится к финансовым последствиям стихийных бедствий. Он включает в себя прямые затраты на повреждение имущества и инфраструктуры, а также косвенные затраты, связанные с потерей производительности, прерыванием деятельности и другими сопутствующими расходами. Стоимость восстановления и реконструкции может быть огромной, и на то, чтобы оправиться от экономического воздействия крупного стихийного бедствия, могут уйти годы. Социальный ущерб включает в себя гибель и травмы людей, а также воздействие на психическое здоровье тех, кто пострадал от стихийного бедствия. Вытеснение людей из их домов, школ и рабочих мест также может иметь долгосрочные социальные последствия, такие как рост уровня преступности и увеличение числа бездомных. Экологический ущерб - еще одно значительное последствие стихийных бедствий. Он включает в себя разрушение естественной среды обитания, загрязнение воды и воздуха, а также повреждение местной экосистемы. Этот ущерб может иметь долгосрочные последствия для окружающей среды и может повлиять на здоровье и благополучие людей, живущих в пострадавшем регионе.

В итоге становится очевидно, что стихийные бедствия представляют серьезную угрозу во многих сферах жизни человека. Следовательно, очень важно разработать эффективные планы готовности к стихийным бедствиям и инвестировать в передовые технологии для эффективного мониторинга и управления стихийными бедствиями.

### **1.1 Лесные пожары**

Лесные пожары - одно из самых разрушительных стихийных бедствий, которые могут произойти. После возгорания лесные пожары могут нанести огромный ущерб окружающей среде, дикой природе и населению. Последствия лесных пожаров могут быть очень серьезными, начиная от потери домов и имущества и заканчивая разрушением целых экосистем. Таким же образом, землетрясения могут наносить непоправимый ущерб людям, имуществу и экосистемам. Это же относится к другим видам стихийных бедствий. Однако существуют способы предотвращения и контроля стихийных бедствий с помощью эффективных методов их управления. В этой работе мы рассмотрим анализ и оценку причин и последствий лесных пожаров в качестве примера. Стоит отметить, что и другие виды стихийных бедствий могут быть проанализированы аналогичным образом.



## 1.2 Статистика лесных пожаров в Казахстане

По данным Министерства по чрезвычайным ситуациям Казахстана (2022), о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, происшедших на территории республики за 2021 год, было совершено 11640 выездов по тревоге на пожары. Организациями, находящимися в ведении МЧС, проведены следующие мероприятия:

АО «Казавиаспас» воздушными судами на поисково-спасательные работы, участие в тушении пожаров, переброску личного состава и другие заказы совершено 2 901 вылет, по линии пожарной безопасности совершено 191 выезд на тушение пожаров. Всего зарегистрировано 13 038 ЧС и случаев природного и техногенного характера, пострадало 1 835 человек, из них погибло 896 человек, материальный ущерб составил 10 191 млн. тенге (Министерство Чрезвычайных Ситуаций РК, 2022).

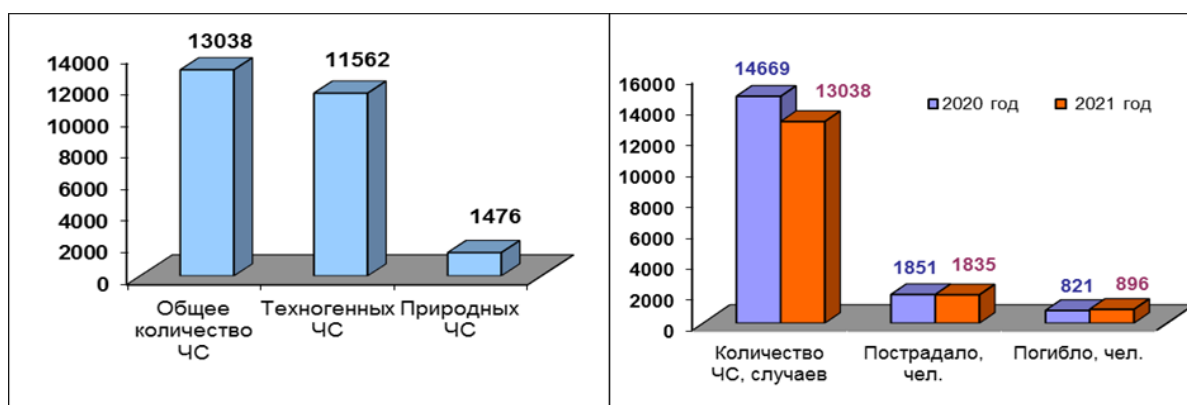


Рисунок 1 - Сравнение данных по ЧС за 2020 и 2021 год

ЧС техногенного характера от общего числа ЧС составляют 98,5%, зарегистрировано 11 562 случая, при этом пострадало 1 052 человека, из них погибло 460 человек. Основная доля случаев техногенного характера приходится на производственные и бытовые пожары - 95,7%, за двенадцать месяцев 2021 года произошло 11 392 пожара.

ЧС природного характера от общего числа ЧС составляют 11,3%, за двенадцать месяцев 2021 года зарегистрировано 1 476, при этом пострадало 783 человека, из них погибло 436 человек.

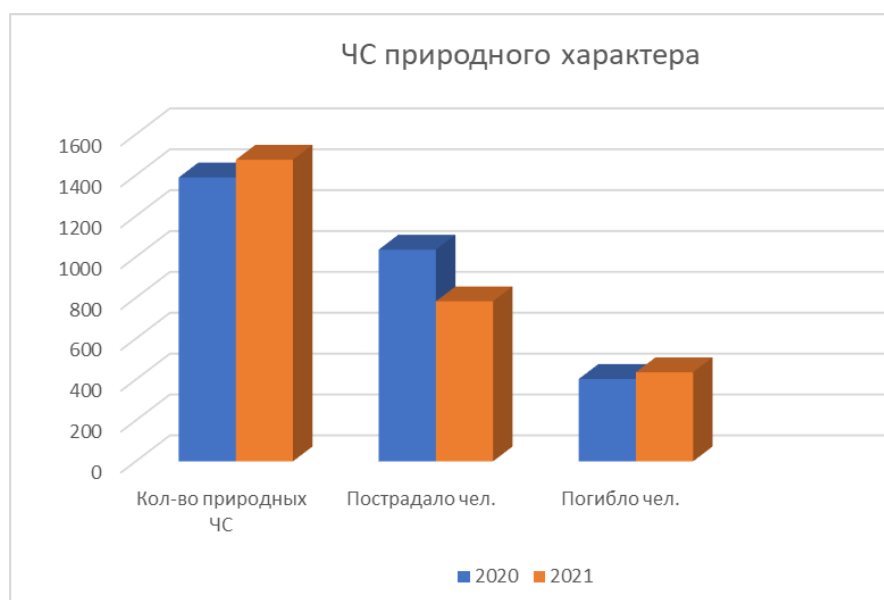


Рисунок 2 - Число пострадавших и погибших людей из-за ЧС природного характера за 2020-2021 год

Учитывая огромное количество происшествий, связанных с лесными пожарами, и причиненный им вред, важность и цель этой работы очевидна: обеспечить максимальную безопасность с помощью новых технологий. Чтобы этого достичь, начнем с анализа явлений, приводящим к лесным пожарам.

### 1.3 Причины лесных пожаров

По сей день основными причинами лесных пожаров являются антропогенные факторы, такие как изменения в землепользовании, вырубка лесов и расширение сельского хозяйства. Изменения в землепользовании, такие как урбанизация и строительство дорог, могут привести к фрагментации лесных массивов, вызывая нарушение естественного цикла пожаров. Обезлесение, с другой стороны, приводит к увеличению топливной нагрузки, что может привести к более сильным пожарам. Расширение сельского хозяйства, особенно использование огня в качестве метода расчистки земель, является еще одной основной причиной лесных пожаров. Изменение климата также является существенным фактором увеличения частоты и интенсивности лесных пожаров. Повышение температуры и изменение структуры осадков привели к засушливым условиям, что делает леса более восприимчивыми к пожарам. Деятельность человека в сочетании с изменением климата привела к опасному циклу увеличения числа лесных пожаров, что влечет за собой значительные экологические, экономические и социальные последствия. Поэтому крайне важно внедрять эффективные стратегии управления лесами, которые устраняют коренные причины лесных пожаров, включая как деятельность человека, так и изменение климата.

## 1.4 Пожарные риски

Как упоминалось ранее, пожар - неконтролируемый процесс, который наносит огромный ущерб, поэтому важно понимать методы оценки риска лесных пожаров и способы снижения этих рисков.

Пожарный риск – это вероятность осуществления пожарной опасности и последствий. Пожарная опасность имеет вероятность и не всегда может реализовываться в виде пожара, в то время как пожарный риск описывает возможность осуществления в виде пожара и содержит оценку его вероятных последствий. Исходя из этого лесопожарный риск – это характеристика, которая описывает возможности осуществления пожарной опасности и ее последствий на территории леса (Кокшетауский технический институт КЧС МВД РК, 2016). Сюда входят: риск возникновения пожаров, риск распространения и риск последствий. На уровень лесопожарных рисков оказывают различные факторы. Например: одни могут способствовать какому-либо виду риска и в это же время сдерживать другой. Например, транспортная сеть может способствовать увеличению пожарной опасности, связанной с антропогенным фактором, однако в это же время сдерживает распространение огня и позволяет действовать оперативно службам для доставки сил и созданий условий для пожаротушения. Структурная схема лесопожарных рисков представлена на рисунке 3.

Для оценки пожарного риска необходимо определить потенциально способствующие переменные, называемые возбудителями для оценки. Однако, подобно определению, оценка риска также имеет различное значение в разных странах. Традиционно риск лесных пожаров рассчитывается на национальном или местном уровне с использованием различных переменных и подходов. Таким образом, различные источники данных и методологии приводят к тому, что индексы не сразу становятся сопоставимыми. Далее анализируются некоторые переменные, участвующие в оценке риска лесных пожаров, и в заключение приводятся кратким описанием некоторые из используемых в настоящее время индексов оценки риска лесных пожаров.

**Переменные, связанные с метеорологическими условиями.** Возникновение и интенсивность распространения пожаров тесно связаны с конкретными метеорологическими условиями. Солнечная радиация, температура воздуха, относительная влажность, осадки, ветер (средняя скорость, интенсивность турбулентности и направление) и вертикальная структура атмосферы — вот основные метеорологические переменные. Каждая из этих переменных играет важную роль, хотя, как следствие, высокая изменчивость, которую они представляют, усложняет задачу. Такие переменные принято называть неуправляемыми факторами.

**Переменные, связанные с поведением человека.** Тем не менее, большинство причин пожаров напрямую связаны с антропогенными факторами. Нарушение правил пожарной безопасности жителей населенных пунктов, лесозаготовителей, сельскохозяйственные палы и умышленные

поджоги способствуют увеличению риска случайных пожаров. Эти переменные представляют собой долгосрочную вариацию и могут рассматриваться как статические. Таким образом, наличие древних данных является строго необходимым для получения достоверной информации о частоте пожаров, вызванных деятельностью человека. Зависимость лесных пожаров от плотности населения может использоваться для определения числа антропогенных источников пожаров. Стоит также отметить, что от плотности населения также зависит средняя площадь пожара, т.е. чем меньше населенный пункт, тем больше средняя площадь лесного пожара.

Итак, можно классифицировать факторы лесопожарных рисков следующим образом:

- Невозможно воздействовать и прогнозировать (падение метеоритов и т.д.);
- Необходимо учитывать (погодные условия, рельеф и т.п);
- Можно учитывать и влиять (обучение населения техники пожарной безопасности, противопожарная техника, пожарные вышки для обнаружения и т.п.).

Для формулировки следующей задачи вводятся следующие векторы и обозначения:

$\vec{a}$  = неуправляемые параметры, количественные значения выражающие различные факторы (природные, социальные и т.д.);

$\vec{x}$  = управляемые параметры, значения, которые могут изменяться в зависимости от мероприятий по уменьшению лесопожарных рисков;

$V_i$  - значимость  $i$ -го вида пожарной опасности в интегральной оценке;

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

Суммарный индекс лесопожарного риска вычитается следующим образом:

$$R_0 = F(\vec{a}, \vec{x}) = \sum_{i=1}^4 V_i \left( \sum_{j=1}^k A_{ij} a_i + \sum_{j=k+1}^1 A_{ij} x_j \right) \quad (1)$$

В заключение следует отметить, что оценка риска лесных пожаров является важным инструментом для управления и предотвращения лесных пожаров. В связи с участившимися случаями лесных пожаров по всему миру стало как никогда важно точно оценить риск лесных пожаров и принять упреждающие меры по их предотвращению. Используя передовые технологии и инструменты, эксперты могут оценить риск лесных пожаров и определить уязвимые участки, требующие немедленного внимания.

## 2 ГИС-технологии как решение проблемы

### 2.1 История возникновения и эволюция ГИС

Одной из таких передовых технологий стала технология географических информационных систем (ГИС), которая произвела революцию в способах сбора, анализа и использования географических данных. Появление и развитие ГИС-технологий оказало значительное влияние на различные отрасли, включая городское планирование, управление окружающей средой, управление природными ресурсами, здравоохранение и управление чрезвычайными ситуациями. В данной исследовательской работе ставится фокус на функции ГИС-технологий, которые могут решить проблемы прогнозирования стихийных бедствий, а также их предотвращения и управления. Для этого стоит познакомиться с данной технологией более подробно. В этой главе будут рассмотрены: история и эволюция ГИС-технологии, ее компоненты, а также области применения ГИС-технологий в различных отраслях.

Географическая информационная система (ГИС) — это мощный инструмент, объединяющий географическую информацию, программное обеспечение и данные для управления и анализа различной пространственно связанной информации. ГИС позволяет пользователям визуализировать, анализировать и интерпретировать данные с помощью карт, диаграмм и других графических представлений.

Ее развитие было долгим и сложным процессом, который включал в себя несколько ключевых инноваций и объединение множества дисциплин. Их истоки можно отнести к 1960-м годам, когда компьютерные технологии стремительно развивались. В это время исследователи Гарвардской лаборатории компьютерной графики и пространственного анализа под руководством Говарда Фишера начали разрабатывать компьютерные методы анализа пространственных данных (Esri CIS, 2016). Кульминацией этих исследований стала разработка системы "Гарвардская графика", которая позволила исследователям манипулировать пространственными данными и анализировать их с помощью компьютеров.

В конце 1960-х годов Роджер Томлинсон, канадский географ, начал разработку географической информационной системы для канадского правительства. Система Томлинсона, известная как Канадская географическая информационная система, была первой действующей ГИС и использовалась для управления природными ресурсами. Новаторская работа Томлинсона в области ГИС принесла ему титул "отца ГИС".

В 1970-х годах технология ГИС начала набирать популярность, и было разработано первое коммерческое программное обеспечение для ГИС. Одним из первых коммерческих программ ГИС стало программное обеспечение Исследовательского института экологических систем (ESRI), разработанное в 1981 году. Программное обеспечение ESRI быстро стало

промышленным стандартом для программного обеспечения ГИС и широко используется до сих пор.

В 1980-х и 1990-х годах технология ГИС продолжала развиваться благодаря появлению более мощных компьютеров и разработке новых программных приложений. В этот период было разработано более удобное программное обеспечение для ГИС, что сделало ГИС-технологии более доступной для широкого круга пользователей. Внедрение технологии Глобальной системы позиционирования (GPS) также значительно повысило точность данных ГИС.

В 2000-х годах появилась технология ГИС на базе Интернета, которая позволила получать доступ к данным ГИС и анализировать их из любого места, где есть подключение к Интернету. Эта технология также позволила легко делиться данными ГИС и сотрудничать с ними, что сделало ее еще более мощным инструментом для принятия решений и управления ресурсами.

Сегодня технология ГИС продолжает развиваться, разрабатываются новые программные приложения и находятся новые применения для данных ГИС. Одним из последних достижений в области ГИС-технологий является интеграция ГИС с другими технологиями, такими как искусственный интеллект и машинное обучение. Такая интеграция способна произвести революцию в анализе и использовании данных ГИС.

Таким образом, данная технология прошла долгий путь с момента своего появления, и ее влияние на различные области невозможно переоценить. От управления природными ресурсами до планирования городских территорий, технология ГИС стала важным инструментом для принятия решений и управления ресурсами. По мере развития технологии будет интересно увидеть, как ГИС-технология будет и дальше формировать представление о том, как рассматриваются и анализируются пространственные данные.

## **2.2 Компоненты ГИС-технологий**

Технология ГИС состоит из четырех ключевых компонентов: аппаратное обеспечение, программное обеспечение, данные и люди. Каждый из этих компонентов играет важную роль в успешном внедрении и использовании ГИС.

*Аппаратное обеспечение* - ГИС относится к физическим компонентам, необходимым для работы программного обеспечения ГИС. Сюда входят компьютеры, серверы, принтеры, сканеры и другие периферийные устройства. Аппаратное обеспечение, используемое для ГИС, зависит от размера и сложности ГИС-проекта. Для простого ГИС-проекта может потребоваться только настольный компьютер, в то время как для более крупного проекта может понадобиться несколько серверов и высокопроизводительных рабочих станций.

*Программное обеспечение* - ГИС является основой технологии ГИС. Оно используется для создания, управления, анализа и визуализации пространственных данных. Существует множество различных пакетов программного обеспечения ГИС, начиная от программ с открытым исходным кодом и заканчивая коммерческими пакетами. Среди наиболее популярных программных пакетов ГИС можно назвать ArcGIS, QGIS и GRASS GIS. Каждый программный пакет имеет свой собственный набор инструментов и функций, которые позволяют пользователям выполнять различные функции ГИС, такие как геокодирование, пространственный анализ и создание карт. В этой исследовательской работе мы рассмотрим ArcGIS в качестве технологии, которая может облегчить процессы прогнозирования, управления и предотвращения стихийных бедствий.

*Данные* - ГИС являются основой технологии ГИС. Они используются для создания, управления и анализа пространственной информации. Данные ГИС включают в себя различные типы данных, в том числе векторные, растровые и табличные данные. Векторные данные используются для представления точек, линий и многоугольников, а растровые данные - для представления непрерывных поверхностей, таких как высота или температура. Табличные данные используются для представления атрибутивной информации, связанной с пространственными характеристиками. Данные ГИС поступают из различных организаций, включая государственные учреждения, некоммерческие организации и частные компании.

*Люди.* Технология ГИС требует квалифицированных специалистов для создания, управления и анализа пространственных данных. К таким специалистам относятся ГИС-аналитики, ГИС-техники, картографы и географы. ГИС-специалистам требуется глубокое понимание программного обеспечения, данных и оборудования ГИС, а также глубокое понимание географии, математики и статистики. Специалисты по ГИС могут работать в различных областях, включая городское планирование, здравоохранение, управление природными ресурсами и управление чрезвычайными ситуациями.

Помимо этих четырех ключевых компонентов, технология ГИС также включает в себя несколько важных концепций и инструментов. Некоторые из наиболее важных концепций и инструментов, используемых в ГИС, включают:

*Пространственные данные* относятся к любым данным, имеющим географический компонент. Это могут быть данные, связанные с местоположением, такие как координаты широты и долготы, а также данные, связанные с физическими или культурными характеристиками местности, такими как землепользование, демографические или экологические условия.

*Географическая информация* - это информация, полученная на основе пространственных данных. К ней относятся карты, диаграммы и другие визуальные представления пространственных данных, а также статистика и

другая количественная информация, связанная с пространственными данными.

*Геокодирование.* Процесс присвоения географических координат определенному месту. Для этого может использоваться адрес, почтовый индекс или другая информация, основанная на местоположении.

*Пространственный анализ* — это процесс анализа пространственных данных для выявления закономерностей, тенденций и взаимосвязей. Это может включать анализ данных, связанных с демографическими характеристиками населения, землепользованием и состоянием окружающей среды. Данный анализ наиболее актуален для стихийных бедствий и, следовательно, релевантен для настоящей работы.

*Дистанционное зондирование* — это процесс использования датчиков для сбора данных о поверхности Земли на расстоянии. Это может включать данные, связанные с растительным покровом, температурой и землепользованием.

*Картография* — это искусство и наука создания карт. Она включает в себя разработку, производство и распространение карт и других географических изображений.

В итоге стоит отметить, что технология ГИС — это мощный инструмент, объединяющий аппаратное и программное обеспечение. Это одна из причин, по которой она подходит для прогнозирования и управления стихийными бедствиями.

## 2.3 Мониторинг

Теперь можно начать обсуждение примеров, как технология ГИС может помочь минимизировать последствия стихийных бедствий. Одна из функций, наиболее полезных в этом - мониторинг. Мониторинг бедствий — это процесс сбора, обработки, анализа и распространения данных, связанных с природными или вызванными человеком катастрофами, такими как землетрясения, наводнения, пожары и разливы химических веществ. Целью мониторинга бедствий является предоставление своевременной и точной информации лицам, принимающим решения, специалистам по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и пострадавшим сообществам, что позволяет им принимать обоснованные решения и предпринимать соответствующие действия для смягчения последствий бедствий.

Данные для мониторинга могут поступать из различных источников, таких как спутники дистанционного зондирования, наземные датчики и социальные сети. Спутники дистанционного зондирования могут делать снимки пострадавших от стихийного бедствия районов, предоставляя информацию о масштабах ущерба, количестве пострадавших людей и потребности в чрезвычайной помощи. Наземные датчики могут в режиме реального времени предоставлять информацию о масштабах и интенсивности бедствия, например, о сейсмической активности или погодных условиях.



Социальные сети могут стать ценным источником информации, поскольку люди, находящиеся в пострадавших районах, могут в режиме реального времени сообщать о ситуации на местах.

После сбора данных их необходимо обработать и проанализировать, чтобы извлечь значимые выводы. Это предполагает использование технологии ГИС для создания карт, моделей и других визуализаций, которые помогут лицам, принимающим решения, понять масштабы и последствия бедствия. Технология ГИС позволяет интегрировать различные типы данных, такие как спутниковые снимки, метеорологические данные и данные социальных сетей, в единую платформу, к которой можно легко получить доступ и проанализировать.

Технология ГИС также может быть использована для создания прогнозных моделей, которые помогают предвидеть последствия стихийных бедствий и планировать действия в чрезвычайных ситуациях (Ипалаков и Дранникова, 2012). Например, анализируя данные об исторических наводнениях, технология ГИС может предсказать районы, наиболее подверженные риску наводнения в случае сильного шторма, что позволит службам экстренного реагирования заранее разместить ресурсы и принять другие превентивные меры.

В заключение, с помощью технологии ГИС мониторинг бедствий может быть более эффективным и действенным, позволяя лицам, принимающим решения, принимать обоснованные решения и предпринимать своевременные действия для защиты жизни и имущества.

### **3 Использование ГИС для прогнозирования и мониторинга стихийных бедствий**

#### **3.1 Прогнозирование лесных пожаров**

Прогнозирование лесных пожаров включает в себя использование различных методов и инструментов для прогнозирования возникновения, поведения и распространения лесных пожаров. Раннее обнаружение и точное прогнозирование лесных пожаров может помочь властям и противопожарным службам принять упреждающие меры по предотвращению или контролю их распространения, эвакуации пострадавших районов и эффективному распределению ресурсов.

Одним из основных методов прогнозирования лесных пожаров является использование технологий дистанционного зондирования и ГИС. Дистанционное зондирование предполагает использование спутниковых снимков, аэрофотосъемки и других датчиков для мониторинга и обнаружения лесных пожаров. Эти данные могут быть обработаны и проанализированы с помощью технологий ГИС для создания карт, моделей и инструментов прогнозирования лесных пожаров (Krishnamoorthi, 2016). Например, спутниковые снимки можно использовать для обнаружения горячих точек, изменений влажности растительности и других показателей потенциальных зон риска пожаров. Затем ГИС можно использовать для интеграции этих данных с другой соответствующей информацией, такой как погодные условия, топография и типы топлива, для создания карт пожарной опасности, моделей распространения огня и планов эвакуации.

Другой подход к прогнозированию лесных пожаров заключается в использовании погодных и климатических моделей. Погодные и климатические факторы, такие как температура, влажность, скорость и направление ветра, осадки, играют важную роль в поведении лесного пожара. Анализируя исторические данные о погоде и используя метеорологические модели, можно прогнозировать погодные условия, способствующие возникновению лесных пожаров. Например, высокая температура, низкая влажность и сильный ветер могут повысить вероятность возникновения лесных пожаров, в то время как обильные осадки могут снизить риск пожара. Эти метеорологические модели могут помочь властям предсказать возникновение и поведение лесных пожаров, выдать предупреждение и соответствующим образом распределить ресурсы.

Помимо дистанционного зондирования и погодных моделей, в прогнозировании лесных пожаров используются и другие методы: отбор проб влажности топлива, наземные наблюдения и алгоритмы машинного обучения. Отбор проб влажности топлива включает в себя измерение влажности растительности и других источников топлива в лесах, поскольку сухое топливо более восприимчиво к горению. Наземные наблюдения, такие как системы оценки пожарной опасности, пожарные метеостанции и оценки поведения при пожаре, предоставляют данные о состоянии пожаров в

режиме реального времени и помогают повысить точность прогнозирования пожаров. Алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений, нейронные сети и случайные леса, могут быть обучены на исторических данных для выявления закономерностей и составления прогнозов возникновения и поведения лесных пожаров.

Однако, несмотря на прогресс в области методов прогнозирования лесных пожаров, существует ряд проблем, которые необходимо решить. Одна из проблем заключается в сложности и динамичности поведения лесных пожаров, которое зависит от различных факторов, таких как топография, виды топлива, погодные условия и деятельность человека. Лесные пожары могут демонстрировать быстрые изменения в поведении, такие как внезапные изменения направления ветра или изменения влажности топлива, что затрудняет точное прогнозирование. Еще одной проблемой является наличие и качество данных, поскольку лесные пожары могут возникать в отдаленных или труднодоступных районах, а данные могут быть скудными или ненадежными. Кроме того, для интеграции и анализа междисциплинарных данных, таких как данные дистанционного зондирования, погоды и наземных наблюдений, требуются сложные алгоритмы и опыт в различных областях, которые не всегда могут быть легко доступны.

Несмотря на эти проблемы, прогнозирование лесных пожаров имеет важное прикладное значение для смягчения последствий лесных пожаров. Системы раннего предупреждения, основанные на прогнозах лесных пожаров, могут помочь властям эвакуировать уязвимые районы и осуществлять профилактику пожаров.

### **3.2 Прогнозирование землетрясений**

Землетрясения вызываются высвобождением накопленной энергии в земной коре, в результате чего возникают сейсмические волны, проходящие сквозь землю и вызывающие ее сотрясение. Землетрясения могут происходить внезапно и без предупреждения, поэтому их трудно точно предсказать. Однако ученые и исследователи используют различные методы и технологии для прогнозирования и мониторинга землетрясений, стремясь минимизировать их воздействие на население и инфраструктуру.

Сейсмология, изучение землетрясений, играет важнейшую роль в прогнозировании землетрясений. Сейсмологи отслеживают сейсмическую активность с помощью сейсмометров - чувствительных приборов, которые обнаруживают и регистрируют колебания грунта, вызванные сейсмическими волнами. Сейсмические данные собираются сетью сейсмометров, расположенных в различных точках мира, и эти данные используются для анализа закономерностей и тенденций в сейсмической активности. Изучая характеристики сейсмических волн, такие как их амплитуда, частота и

местоположение, сейсмологи могут получить представление об источнике и силе землетрясения.

Один из подходов, используемых в прогнозировании землетрясений, - это изучение сейсмических предвестников. Сейсмические предвестники - это изменения в сейсмической активности, которые происходят перед более сильным землетрясением. Они могут включать форшоки (небольшие землетрясения, которые предшествуют более сильному землетрясению), изменения в частоте или амплитуде сейсмических волн или изменения в деформации грунта. Сейсмологи анализируют эти предвестники, чтобы выявить потенциальные закономерности и аномалии, которые могут указывать на приближающееся землетрясение. Однако важно отметить, что не все землетрясения имеют заметные предвестники, а предвестники могут возникать и без землетрясения.

Другой подход к прогнозированию землетрясений заключается в использовании статистических моделей и алгоритмов. Исследователи анализируют исторические данные о землетрясениях, включая местоположение, магнитуду и частоту землетрясений в прошлом, чтобы выявить закономерности и тенденции. Эти закономерности затем используются для разработки математических моделей и алгоритмов, которые позволяют оценить вероятность будущих землетрясений в определенных районах. Эти модели учитывают различные факторы, такие как тектоническая структура района, историческая сейсмичность и накопление напряжения в земной коре, чтобы сделать прогноз о вероятности землетрясений. Однако прогнозирование землетрясений все еще остается сложной и неопределенной наукой, и точность этих моделей зависит от наличия и качества данных, а также от допущений и неопределенностей в базовых моделях.

В последние годы в прогнозировании землетрясений также используются технологические достижения, такие как спутниковое дистанционное зондирование и анализ данных. Спутниковые данные могут предоставить информацию о деформации грунта, изменениях поверхности и других геофизических параметрах, которые могут быть использованы для оценки сейсмической активности и потенциальной опасности землетрясений. Например, интерферометрический радар с синтезированной апертурой (InSAR) - это метод дистанционного зондирования, который использует спутниковые данные для высокоточного измерения деформации грунта, что позволяет исследователям отслеживать изменения в земной коре, которые могут указывать на накопление или сброс напряжения, связанный с сейсмической активностью. Принцип работы InSAR (Центр по наблюдению и моделированию землетрясений, вулканов и тектоники, 2016) представлен на рисунке 4.

Кроме того, алгоритмы машинного обучения и методы анализа данных позволяют обрабатывать большие массивы сейсмических, геодезических и

других геофизических данных для выявления закономерностей и корреляций, которые могут быть неочевидны при использовании традиционных методов.

Помимо вышеназванных методов обнаружения землетрясений, в данном направлении также используется технология ГИС. Она играет решающую роль в прогнозировании и мониторинге не только лесных пожаров и землетрясений, но и других стихийных бедствий. На примере этих двух видов стихийных бедствий далее мы рассмотрим, каким именно образом ГИС может быть полезен.

### **3.3 Подходы на основе ГИС для управления и предотвращения пожаров**

Подходы на основе ГИС позволяют собирать, анализировать и визуализировать данные, связанные с лесными пожарами, помогая обосновывать принятие решений и продвигать эффективные стратегии управления и предотвращения пожаров (Мавлютов, Выдрин и Мавлютов, 2017). Далее мы рассмотрим, как ГИС может помочь в предотвращении пожара, во время пожара и после стихийного бедствия.

В предотвращении пожаров одним из ключевых преимуществ ГИС является их способность интегрировать данные из различных источников. С помощью ГИС можно собирать и анализировать данные о таких факторах, как погодные условия, топография, типы растительности и землепользование, чтобы выявить территории с повышенным риском возникновения лесных пожаров (Мавлютов, Выдрин и Мавлютов, 2017). Эта информация может быть использована для разработки прогнозных моделей, позволяющих определить зоны вероятного возникновения пожаров, что дает возможность органам пожарного надзора принимать упреждающие и профилактические меры по предотвращению возникновения или распространения пожаров. Кроме того, данные, собранные ГИС, можно использовать для разработки кампаний по просвещению населения с целью повышения осведомленности о пожарной опасности и поощрения поведения, которое может помочь предотвратить пожары.

Помимо прогнозирования, ГИС также полезны на этапе реагирования на пожары. Во время лесного пожара ГИС можно использовать для отслеживания местоположения и распространения огня, а также ресурсов, используемых для борьбы с ним (Kalabokidis et al., 2013) Эта информация может помочь пожарным эффективно распределять ресурсы, обеспечивая их направление в те районы, где они принесут наибольшую пользу. ГИС также можно использовать для мониторинга хода пожара в режиме реального времени, предоставляя ценную информацию как пожарным, так и должностным лицам органов управления чрезвычайными ситуациями.

Еще одним ключевым преимуществом ГИС в управлении пожарами является ее способность поддерживать анализ после пожара. После того как пожар потушен, ГИС можно использовать для оценки ущерба, нанесенного

пожаром, и выявления областей, которые могут быть подвержены риску возникновения пожаров в будущем. Анализируя данные о таких факторах, как тип почвы, восстановление растительности и топография, ГИС может помочь принять обоснованные решения о восстановительных работах после пожара, таких как засадка выжженных участков или установка мер по борьбе с эрозией (Kalabokidis et al., 2013).

Несмотря на преимущества ГИС в управлении пожарами, существуют и некоторые ограничения в ее использовании. Одной из проблем является необходимость в точных и актуальных данных. Эффективность ГИС зависит от точных и полных данных, а ошибки или пробелы в данных могут поставить под угрозу точность анализа на основе ГИС. Другой проблемой является необходимость в квалифицированном персонале для работы и интерпретации данных ГИС. Хотя в последние годы технология ГИС стала более удобной для пользователей, для ее эффективного использования по-прежнему требуется определенный уровень технических знаний.

В заключение следует отметить, что подходы на основе ГИС стали важным инструментом в работе по управлению и предотвращению пожаров. Позволяя собирать, анализировать и визуализировать данные, связанные с лесными пожарами, ГИС могут помочь в принятии обоснованных решений и продвижении эффективных стратегий управления пожарами. Несмотря на то, что использование ГИС сопряжено с некоторыми трудностями, ее преимущества в управлении пожарами делают ее ценным инструментом для тех, кто работает над предотвращением и реагированием на лесные пожары.

### **3.4 Использование ГИС для раннего предупреждения землетрясений и управления чрезвычайными ситуациями**

Польза ГИС может быть также очевидна из работы с землетрясениями. Раннее предупреждение и управление чрезвычайными ситуациями имеют решающее значение для смягчения последствий землетрясений для населения. Технология ГИС может быть использована для совершенствования систем раннего предупреждения землетрясений и поддержки усилий по управлению чрезвычайными ситуациями.

Что касается вопросов раннего предупреждения и реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с сейсмическими событиями, то последние достижения в области геоинформатики, коммуникационных и сенсорных технологий открывают новые возможности. Современные системы раннего предупреждения землетрясений (EWS) состоят из сетей сейсмических датчиков, соединенных с центральным блоком (операционным центром) высокоскоростной сетью связи (Pollino et al., 2011). Ядром операционного центра является система поддержки принятия решений (СППР), которая должна позволять операторам принимать решения и распространять раннее предупреждение через систему вещания. Сгенерированный сигнал тревоги должен использоваться для эвакуации из

зданий, остановки критически важных систем (таких как ядерные и химические реакторы), перевода уязвимых машин и промышленных роботов в безопасное положение, остановки высокоскоростных поездов и так далее. Сразу после землетрясения оперативный центр должен также поддерживать операции по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и спасательные операции. Прототипы систем, доступные в настоящее время, разрабатывают один или несколько компонентов управления, добычи и визуализации. Поэтому зачастую они основаны на коммерческих информационных технологиях. Система EWS поддерживает быструю оценку воздействия и реагирование на стихийные бедствия. Ее архитектура состоит из системы геопространственной базы данных, локального ГИС-приложения для анализа и моделирования сейсмического события и его последствий и поддержки управления чрезвычайными ситуациями после события, WEB-GIS-модуля для обмена геоинформацией между частными и государственными заинтересованными сторонами и руководителями чрезвычайных ситуаций, участвующими в оценке последствий стихийного бедствия и управлении ликвидацией последствий (Pollino et al., 2011). Данная система EWS является наиболее актуальной на сегодняшний день, а также использовалась во время недавнего землетрясения в Пазарчике, Турции.

Технология ГИС также может быть использована для поддержки усилий по управлению чрезвычайными ситуациями после землетрясения. Создавая подробные карты пострадавших районов, службы экстренного реагирования могут определить наиболее нуждающиеся области и соответствующим образом распределить ресурсы. ГИС также можно использовать для выявления повреждений инфраструктуры, оценки безопасности зданий и планирования переселения перемещенных жителей.

### **3.5 Исследование лесного пожара в Республике Беларусь 2019 года**

Чтобы наглядно продемонстрировать пользу ГИС в работе со стихийными бедствиями, обратимся к ситуации с лесным пожаром в Республике Беларусь в 2019 году. Для данного исследования была выбрана территория Государственного лесохозяйственного учреждения «Полесский лесхоз», материалы взяты из сайта “Copernicus” в виде съемок со спутников Sentinel-2A и Sentinel-2B. Актуальным видом обработки данных ДЗЗ являются индексные показатели, которые были рассчитаны по материалам ДЗЗ, в которые в свою очередь обладают повышенной информативностью.

Спектральный индекс – это значение, полученное в результате вычислений с различными спектральными диапазонами данных ДЗЗ. Основная суть заключается в преобразовании всех пикселей снимка, при этом преобразованное значение вычисляется с помощью мат.операций со значениями его спектральных яркостей в различных каналах. В данной исследовательской работе основным спектральным индексного показателя я выбрал – разностный нормализованный индекс сгорания (dNBR)

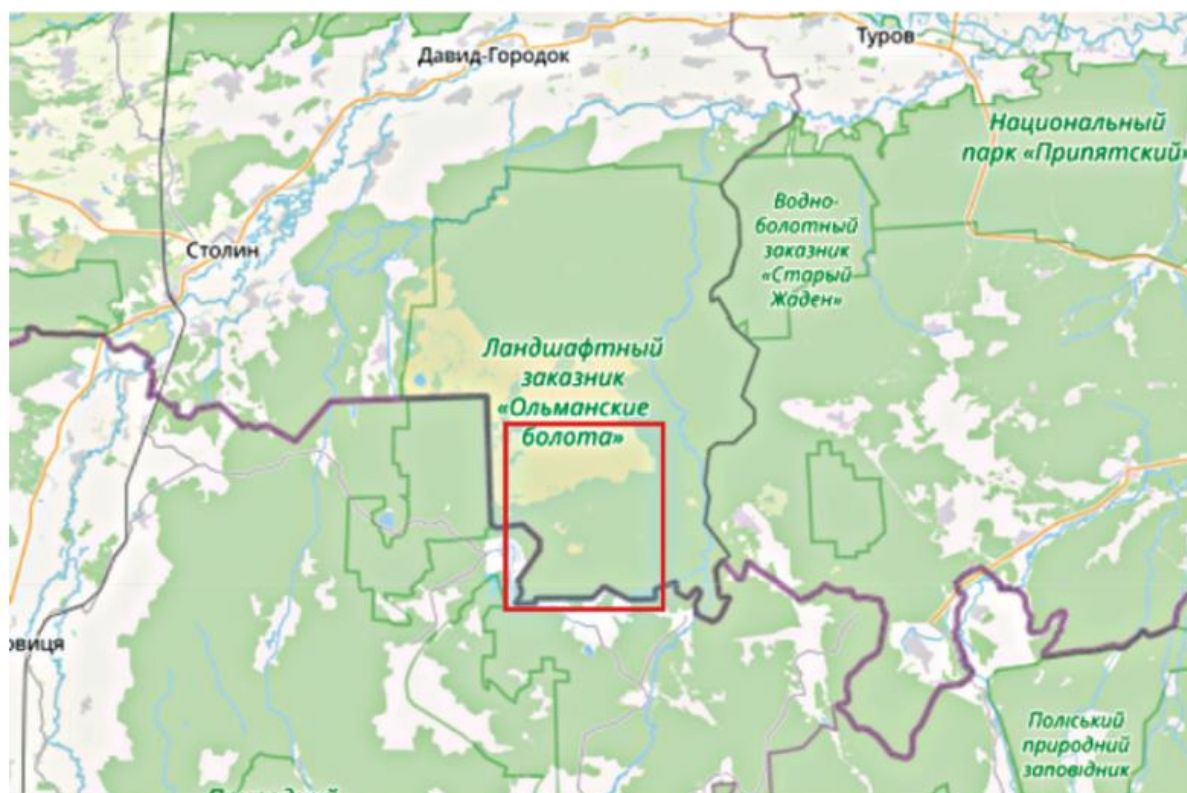


Рисунок 5 – Выбранная территория для исследования карты OpenStreetMap  
(Источник: Copernicus <https://scihub.copernicus.eu>)

Большая часть выбранной территории находится под республиканским ландшафтным заказником «Ольманские болота», площадь которого составляет 94 219 га. Данный объект является одним из самых больших и охраняемых природных территорий не только в Республике Беларусь, но и в Европе, а также обладает статусом территории международного значения, которая важна для птиц и животных. Данная территория находится под особым охранным режимом, здесь также отсутствуют населенные пункты и развитые дорожные сети, обладает слабым и неустойчивым снеговым покровом и залесенностью, что подвергает к большей вероятности лесных пожаров, в частности весной. Данные факторы послужили основой выбора этой территории для исследования. В качестве исходных данных ДЗЗ были выбраны снимки Sentinel-2A и Sentinel-2B.

Sentinel-2 – спутники, предназначенные для мониторинга использования земель, растительности, водных и лесных ресурсов, на сегодняшний день также применяются для мониторинга природных катаклизмов.

Индекс NBR вычисляется по формуле, которая получена из электронной базы данных спектральных индексов. Согласно этой формуле, значение NBR для выбранных спутников Sentinel-2 равняется разности значений 9-го и 12-го каналов деленное на сумму значений 9-го и 12-го каналов



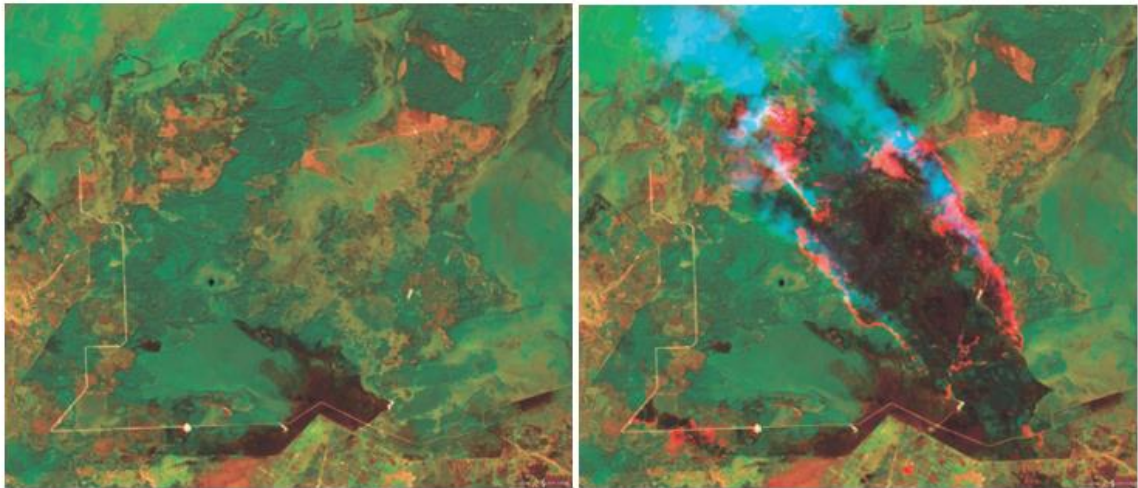


Рисунок 6 – снимки для исследования до и после пожара  
(Источник: Copernicus <https://scihub.copernicus.eu>)

Любой растительный покров, включая лесную растительность, имеет высокую отражательную способность зеленой зоне и напротив имеет низкую в красной и синей зонах, а также резко увеличивает отражение в ближней ИК-зоне электромагнитного спектра. Все это связано с хлорофиллом, который отражает зеленые лучи и поглощает красные и синие лучи

В результате пожара отражение в ИК-зоне резко изменяется. Из-за этого принцип вычисления изменений происходит через соотношения между ближним ИК-излучением (NIR) и коротковолновым ИК-излучением (SWIR) во временной промежуток дат до пожара и дату после него. Таким образом, наша формула расчета выглядит так:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2)$$

Далее после вышеупомянутых вычислений индексного показателя в промежуток дат до и после я произвел вычисление разностного показателя dNBR следующим образом:  $dNBR = NBR$  (до пожара) –  $NBR$  (после пожара).

$$dNBR = NBR(\text{до пожара}) - NBR(\text{после пожара}) \quad (3)$$

На рисунке 7 мы можем заметить, что наименьшее значение dNBR расположено в промежутке 0–50 характерно для территорий, сильнеешего выгорания, либо с активным возгоранием. На территории с дымом от огня - значения, близкие к максимуму (около 250). Площадь сгоревшей территории составила 2093 га. Промежуточным этапом в работе является растровое изображение во внутреннем формате библиотеки eo-learn и растровое сегментированное изображение форматом GeoTIFF. Финальный этап работы формируется векторным файлом в формате Shapefile, содержащий полигоны участков, которые подверглись выгоранию.

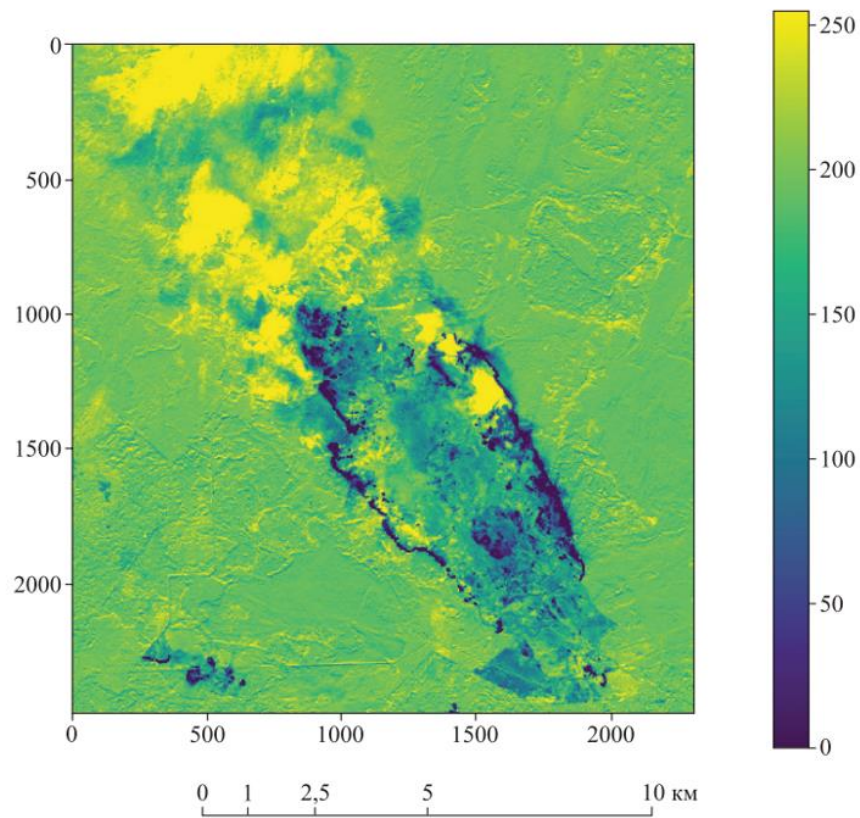


Рисунок 7 – Итог вычисления dNBR  
 (Источник: Copernicus <https://scihub.copernicus.eu>)

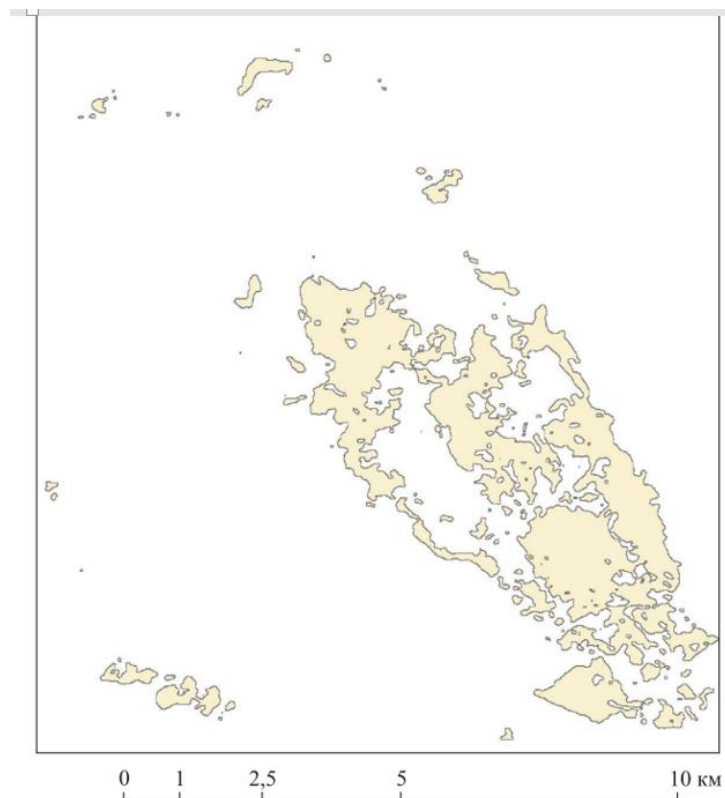


Рисунок 8 – Графическое изображение файла в ПО ArcGis  
 (Источник: Copernicus <https://scihub.copernicus.eu>)

### 3.6 Лесной пожар в Риддере 2021 года в Республике Казахстан

10 мая 2021 года произошел пожар на территории Риддерского лесхоза. По предварительным данным, причиной пожара является загорание сухой травы, на территории наблюдалась высокая температура воздуха и порывистый ветер. Пожар начался с возгорания травы, а далее перекинулся на лес (Информбюро, 2022).

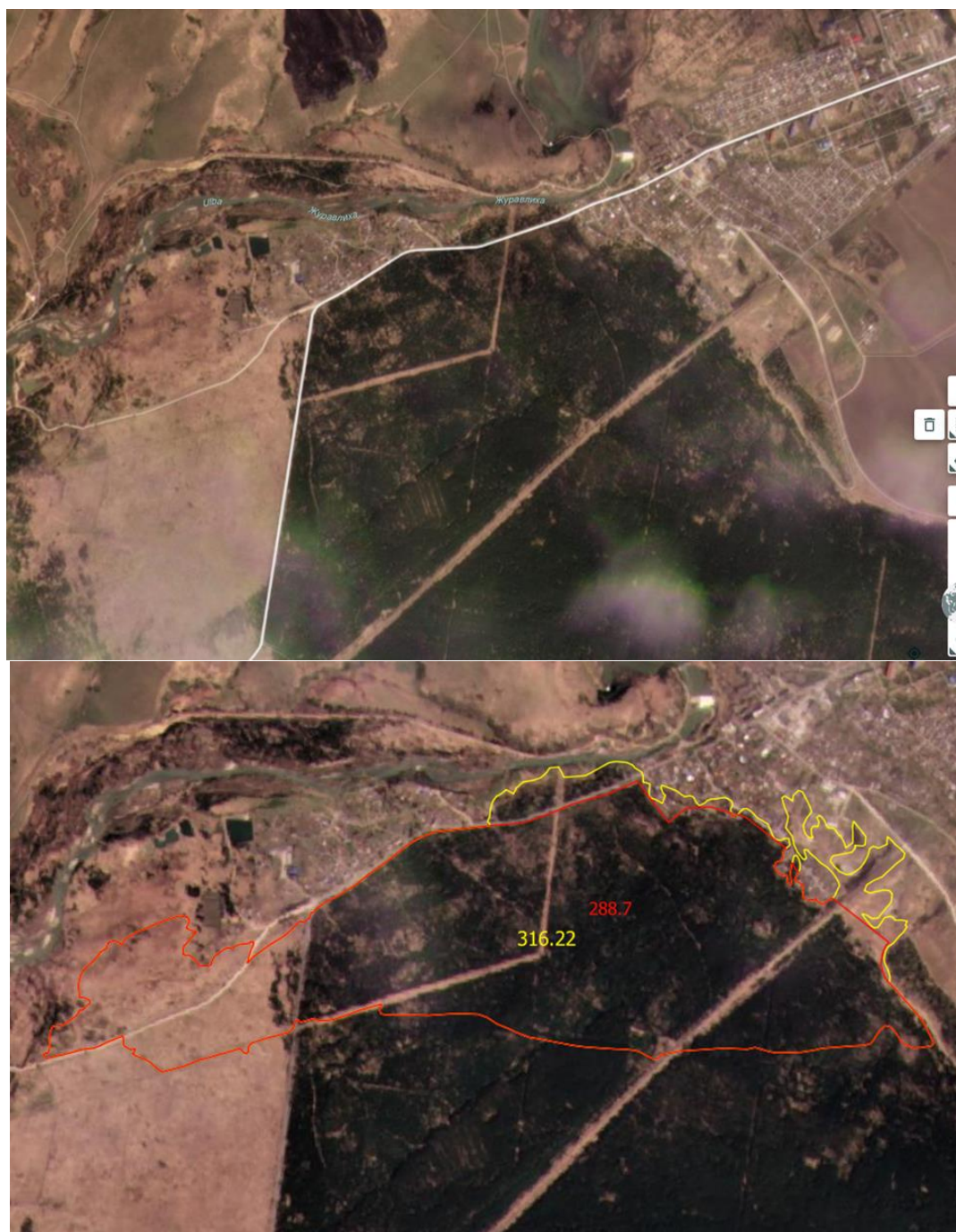


Рисунок 9 - Снимок на 9 мая 2021 г. территория г. Риддер (НК КФС)

Из-за ветра, который достигал порывов до 20 м/с, было уничтожено 5 легковых автомобилей, 7 участков с хозпостройками и 31 жилой дом, а также

автомастерская. В результате пожара погибла одна женщина и пострадало двое мужчин. Люди, оставшиеся без крова временно были расположены в общежитиях города. В ликвидации пожара приняли участие 493 единицы личного состава, 69 единиц техники и 2 вертолета.



Рисунок 10 - Снимок на 15 мая 2021 г. территория г. Риддер (НК КФС)

Причиной пожара оказалось халатность и несоблюдение правил пожарной техники безопасности мужчины, который отдыхал семьей на природе. Материальный ущерб данной чрезвычайной ситуации составил свыше 250 млн тенге. Виновник был осужден и получил наказание в виде лишения свободы на 2.5 года.

## 4 Геоинформационное программное обеспечение Arcgis

### 4.1 Возникновение ПО

Теперь перейдем к передовой технологии ArcGIS, с помощью которой можно прогнозировать и предотвращать стихийные бедствия со значительными улучшениями во всех сферах. Прежде чем переходить к функционалу этой технологии, стоит погрузиться в историю ее возникновения. Технология ArcGIS - это геоинформационная система (ГИС), разработанная компанией Esri. Эта система используется для создания, анализа и отображения геопространственных данных, таких как карты, фотографии, изображения со спутников и другие данные, которые могут быть использованы для принятия решений в различных областях.

История возникновения технологии ArcGIS началась в 1969 году, когда Джек и Лора Дэнджермонд, основатели компании Esri, начали заниматься разработкой программного обеспечения для автоматизации картографических процессов (Esri CIS, 2016). В начале 1980-х годов компания Esri выпустила ArcInfo, первую коммерческую ГИС, которая работала на компьютерах под управлением операционной системы UNIX.

В 1992 году компания Esri выпустила ArcView, первую ГИС для операционной системы Windows, которая обеспечивала более широкую доступность и простоту использования для пользователей. В то же время была создана база данных ArcSDE, которая позволяла сохранять и анализировать геоданные на серверах (Esri CIS, 2016).

В 1999 году компания Esri выпустила ArcGIS, новую версию своей ГИС, которая объединила функциональность ArcView и ArcInfo. ArcGIS представляет собой полноценную систему геопространственного анализа, которая позволяет выполнять сложные задачи в области геоинформатики (Esri CIS, 2016).

В последующие годы Esri продолжала развивать и улучшать свою ГИС. Были добавлены новые возможности, такие как возможность работы с 3D-данными, анализ пространственных данных в реальном времени, создание интерактивных карт и многие другие. ArcGIS стал незаменимым инструментом для работы в различных областях, таких как геология, геодезия, география, экология, сельское хозяйство, гражданское строительство, городское планирование и другие (Esri CIS, 2016).

В последующие годы технология ArcGIS продолжила развиваться и совершенствоваться. Компания Esri выпускала новые версии, которые были более функциональными и имели более широкий функционал. Сегодня, ArcGIS используется в различных отраслях, от общественной безопасности и здравоохранения до сельского хозяйства и геологии.

Одной из ключевых причин успеха технологии ArcGIS является ее способность интегрироваться с другими программными продуктами и оборудованием, что делает ее очень гибкой и многофункциональной. ArcGIS

имеет большое количество пользователей во всем мире и является стандартом в области геоинформационных систем.

## **4.2 Возможности и использование**

Далее описываются пути, как технология ArcGIS может помочь в предотвращении и управлении стихийными бедствиями. Одним из способов, которым ArcGIS может помочь в прогнозировании стихийных бедствий, является использование геопространственных данных (Amiri et al., 2021). Это могут быть данные о рельефе местности, геологических условиях, погодных условиях и других факторах, которые могут способствовать возникновению стихийного бедствия. Анализ этих данных позволяет прогнозировать возможность возникновения стихийного бедствия, а также его масштаб и последствия.

Другим способом, которым ArcGIS может помочь в предотвращении стихийных бедствий, является использование геопространственных данных для планирования мероприятий (Amiri et al., 2021). Например, анализ данных о расположении зданий и дорог может помочь в разработке более безопасных маршрутов и эффективных методов эвакуации людей в случае угрозы возникновения стихийного бедствия.

Наконец, ArcGIS может помочь в управлении после возникновения стихийного бедствия. ГИС может использоваться для координации действий спасательных служб и организации помощи пострадавшим (Amiri et al., 2021). Анализ геопространственных данных может помочь в определении зон с повышенным риском и оценке ущерба от стихийного бедствия. Например, при землетрясениях можно использовать средства ArcGIS для создания карт, отображающих географическое расположение землетрясений, а также для создания карт рисков, которые показывают области, наиболее подверженные определенным типам повреждений. Карты рисков могут помочь принимать решения о распределении ресурсов и привлечении помощи для тех областей, где риск наиболее высок.

Как мы видим, ArcGIS позволяет получить лучшие результаты в прогнозировании и предотвращении стихийных бедствий. Властям стоит обратить внимание на использование ГИС и ArcGIS, чтобы обезопасить свое население, сохранить имущество людей и минимизировать экономический ущерб от стихийных бедствий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном мире стихийные бедствия являются серьезной угрозой для человеческой жизни и имущества. Они могут возникнуть в любом месте, в любое время и вызвать большой ущерб. Способность прогнозировать, предотвращать и управлять стихийными бедствиями является важным аспектом в области безопасности и экономического развития.

В этой исследовательской работе мы рассмотрели, как технологии ГИС и ArcGIS могут помочь в этих задачах. А именно мы наглядно продемонстрировали на примерах пожара в Беларуси и Казахстана, а также на примере землетрясения в Турции, как ГИС может способствовать в прогнозировании, предотвращении и управлении стихийными бедствиями. Хотя в работе и были рассмотрены только два вида стихийных бедствия, данные технологии могут использоваться и уже эксплуатируются в отношении других стихийных бедствий, таких как наводнения, ураганы, оползни и другие. Уже сейчас технологии ГИС и ArcGIS могут быть использованы государством с целью повышения безопасности населения и экосистемы в стране.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ипалаков, Т.Т. и Дранникова, Ж.А. 2012. “Современное применение ГИС технологий для управления территорией (предупреждения и ликвидаций последствий ЧС)”. *Восточно Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева*. 159с
- 2 Информбюро, 2022. “Пять казахстанских пожаров, всплывших общественный резонанс”. URL: <https://informburo.kz/stati/pyat-kazaxstanskix-pozarov-vosplamenivsix-obshhestvennyi-rezonans>
- 3 Кокшетауский технический институт КЧС МВД РК, 2016. “Анализ и оценка пожарных рисков в Республике Казахстан”. 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=ru>
- 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. 2017. “Применение геоинформационных систем (ГИС) в области управления лесным хозяйством”. *Уфимский государственный авиационный технический университет*. 286с
- 8 Amiri, M., Abdollahzadeh, G., Barforooshi, M., and Haghighi, F. 2021. “The vulnerability and crisis management of Babil city under the impact of earthquakes using ArcGIS software”. *JSCE*, 7(4): 62-77с. doi:10.22065/JSCE.2018.121510.1491
- 9 Copernicus Open Access Hub. URL: <https://scihub.copernicus.eu/>
- 10 Esri CIS, 2016. “История ГИС”. URL: <https://www.esri-cis.com/ru-ru/what-is-gis/history-of-gis>
- 11 Esri CIS, 2016. “Краткая история компании Esri”. URL: <https://blogs.esri-cis.com/2016/01/12/esri-history/>
- 12 Kalabokidis, K., Athanasis, N., Gagliardi, F., Karayiannis, F., Palaiologou, P, Parastatidis, S., and Vasilakos, C. 2013. “Virtual Fire: A web-based GIS platform for forest fire control”. *Ecological Informatics*, 16: 62-69с.
- 13 Krishnamoorthi, N. 2016. “Role of Remote Sensing and GIS in NaturalDisaster Management Cycle”. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, vol. 2(3) 175с.
- 14 Pollino, M., Fattoruso, G., Rocca, B., and Porta, L. 2011. “An Open Source GIS System for Earthquake Early Warning and Post-Event Emergency Management”. *ENEA*. doi:10.1007/978-3-642-21887-3\_30 230с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А



Рисунок А.3 - Структура лесопожарных рисков

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

# InSAR: How it works

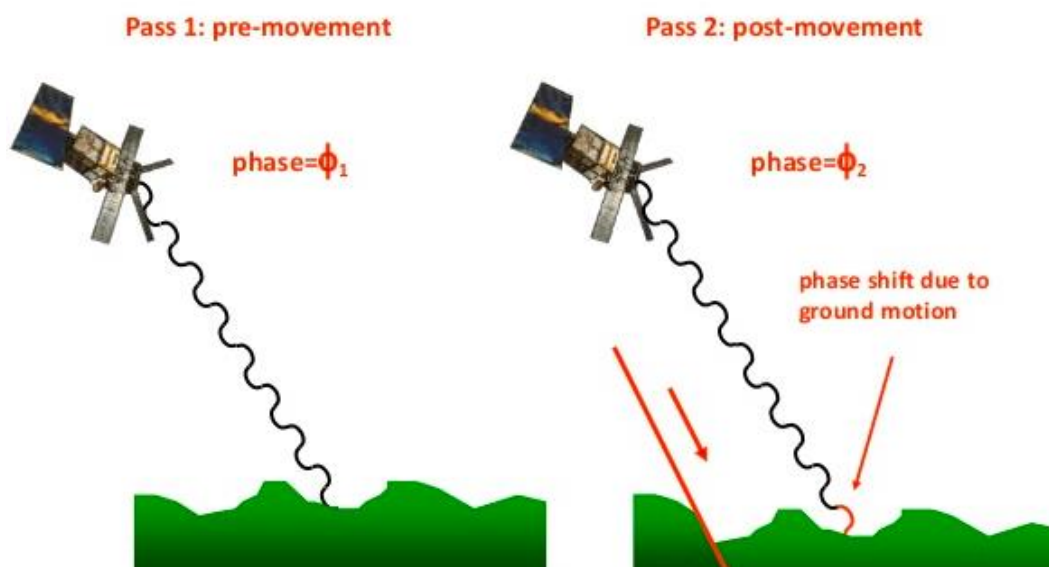


Рисунок Б.4 - Принцип работы InSAR (Центр по наблюдению и моделированию землетрясений, вулканов и тектоники, 2016)