

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Методика створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі»

ХАІ.407.465м.24О103.1804038 ПЗ

Виконав: студентка 2 курсу групи № 465м

Спеціальність 103 Науки про Землю

(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі

(найменування)

Касьянова В.С.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Нечаусов А.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Іващук Б.М.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно – космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 Науки про Землю
(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Станіслав ГОРЕЛИК
(підпис) (ініціали та прізвище)

«23» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тема випускної роботи Методика створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі

керівник кваліфікаційної роботи Нечаусов Артем Сергійович доцент, к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №2001-уч від «15» листопада 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 11.01.2024

3. Вихідні дані до роботи

1) Космічні знімки з супутника Sentinel-2 L2A

2) Геоінформаційне програмне забезпечення пакет ArcGIS Pro

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Аналіз впливу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі. Актуальність розробки методики створення атласу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ. Розрахунок кількості пошкоджених будинків та доріг виверженням вулкану. Розрахунок загальної площі пошкоджень. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Схема основних етапів роботи дипломного проекту, Схема методики створення атласу наслідків виверження вулкану, Графік пошкоджених будівель після виверження лави, Графік пошкоджених доріг після виверження лави, Графік пошкоджених будівель після осідання попелу, Графік пошкоджених доріг після осідання попелу.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Нечаусов А.С.	23.10.2023	11.01.2024
	<i>Доцент, к.т.н</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. «17» 01 2024 р.

7. Дата видачі завдання 23.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання завдання та опрацювання теоретичних матеріалів	23.10.23 - 07.11.23	
2	Завантаження та обробка знімків та даних у додатку ArcGIS Pro	07.11.23 - 16.11.23	
3	Дешифрування та векторизація виверження вулкана	16.11.23 - 27.11.23	
4	Розрахунок наслідків розтікання лави та попелу	27.11.23 - 04.12.23	
5	Розрахунок наслідків зруйнованих будинків та доріг	04.12.23 - 15.12.23	
6	Створення атласу наслідків виверження вулкану	15.12.23 - 01.01.24	
7	Написання пояснювальної записки	01.01.24 - 11.01.24	

Студентка

_____ (підпис)

Керівник дипломної
(кваліфікаційної) роботи

_____ (підпис)

Валерія КАСЬЯНОВА

(ініціали та прізвище)

Артем НЕЧАУСОВ

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна бакалаврська робота містить: сторінок 72, рисунка 34, таблиць 8, посилань 15.

Об'єкт дослідження: створення картографічних атласів наслідків надзвичайних подій викликаних виверженням вулканів.

Предмет дослідження: методика та засоби створення атласу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ.

Ціль: підвищення ефективності моніторингу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ за рахунок створення картографічного атласу.

Методи дослідження: прив'язка знімків, дешифрування та векторизація об'єктів, вимірювання площі виверження вулкану, розрахунок площі наслідків виверження, розрахунок кількості знищених доріг та будинків, створення атласу наслідків виверження вулкану.

У результаті роботи було отримано атлас наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними ДЗЗ, площа наслідку виверження вулкану, кількість зруйнованих будинків та доріг.

Ключові слова: ВУЛКАН, ОБРОБКА ДАНИХ ДЗЗ, ПЛОЩА, ВЕКТОРИЗАЦІЯ, НАСЛІДКИ, ВИВЕРЖЕННЯ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis contains: pages 72, figures 34, tables 8, references 15.

Object of the study: creation of cartographic atlases of consequences of extraordinary events caused by volcanic eruptions.

Subject of the study: the method and means of creating an atlas of the consequences of a volcanic eruption according to the data of the DZZ.

Objective: increasing the effectiveness of monitoring the consequences of a volcanic eruption according to the data of the DZZ due to the creation of a cartographic atlas.

Research methods: binding of images, decoding and vectorization of objects, measurement of the area of a volcanic eruption, simple calculation of the consequences of an eruption, calculation of the number of destroyed roads and houses, creation of an atlas of the consequences of a volcanic eruption.

As a result of the work, an atlas of the consequences of the eruption of the Cumbre Vieja volcano on the island of La Palma was obtained according to the data of the DZZ, the area of the consequences of the eruption of the volcano, the number of destroyed houses and roads.

Keywords: VOLCANO, FIRE DATA PROCESSING, AREA, VECTORIZATION, CONSEQUENCES, ERUPTIONS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЛКАН КУМБРЕ-В'ЄХА.....	9
1.1 Фізико-географічний опис та характеристика вулкану Кумбре-В'єха.....	11
1.2 Фактори виверження вулкану	12
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ВИВЕРЖЕННЯ ВУЛКАНУ	13
2.1 Метод дистанційного зондування Землі	13
2.2 Методи моніторингу землетрусів.....	15
2.3 Геофізичні методи моніторингу виверження вулканів.....	17
2.4 Дані з супутнику	19
2.5 Програмні продукти.....	19
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ.....	20
3.1 Завантаження даних в програму.....	20
3.2. Обробка та векторизація знімків.....	22
3.3.Розрахунок житлових та транспортних втрав.....	26
3.4 Створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха.....	32
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	47
ДОДАТОК А Плакат за темою «Методика створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі».....	49
ДОДАТОК Б Презентація за темою «Методика створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі».....	50

ВСТУП

За допомогою даних дистанційного зондування Землі сучасний світ має змогу вчасно реагувати на надзвичайні ситуації такі, як виверження вулкана. Сучасна наука дослідження космічного моніторингу Землі з кожним роком розвиває та вдосконалює методи дослідження та моніторингу надзвичайних катастроф, таких як виверження вулкану.

Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності моніторингу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ за рахунок створення картографічного атласу

Новизна роботи. У цій роботі розглядається створення атласу наслідків виверження Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за допомогою космічних знімків. Робота виконана за допомогою програмного забезпечення ArcGIS Pro.

Актуальність роботи. Дослідження наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха має важливе значення для країни та постраждалих людей. Виверження вулкану має великі наслідки для всіх навколишніх міст та населених пунктів.

Теоретична та методологічна основа. Розроблена в данній дипломній роботі методика створення атласу наслідків виверження вулкану за різний проміжок часу має теоретичне та практичне значення для фахівців, які займаються створенням атласів наслідків виверження вулканів за допомогою даних ДЗЗ. Також дана методика влучно підходить для вирішення інших проблем пов'язаних з різними глобальними катастрофами.

Практична основа написання. Розроблена методика створення атласу може використовуватися для аналізу наслідків виверження вулканів за період його активності.

Обґрунтування необхідності виконання дипломної роботи. Вулкан Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма є частиною вулканічного хребта та його виверження мало великі наслідки та велику екологічну катастрофу. У зв'язку

з цим необхідність проведення моніторингу виверження вулканів стає більш актуальною.

РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЛКАН КУМБРЕ-В'ЄХА

Об'єктом вивчення є вулканічний хребет на острові Ла Пальма на Канарських островах, Іспанія. Хребет Кумбре В'єха має зразковий напрямок з півночі на південь, охоплюючи південну половину Ла Пальми, причому як вершинний гребінь, так і схили поцятковані десятками кратерів і конусів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Об'єкт дослідження

Ла Пальма – це вулканічний острів в океані, розташований на Африканській плиті і в даний час –разом з Тенеріфе – один з найбільш вулканічно активних Канарських островів[1]. Приблизно 125 000 років тому усі субаеральні виверження на Ла Пальма були пов'язані з Кумбре-В'єха,

причому виверження охоплювали весь хребет довжиною 25 кілометрів. Дослідження підводних човнів показали, що Кумбре-В'єха розповсюдилась на південь від Пунта-де-Фуенкалієнте («Точка гарячого джерела»), але жодної вулканічної активності, пов'язаної з розширенням підводного човна, ще не спостерігалось (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Космічний знімок вулкану Кумбре-В'єха

19 вересня 2021 року, о 15:15 за місцевим часом, вулкан ожив, це перша вулканічна активність на Ла-Пальма за 50 років. Хоча виверження Кумбре-В'єха спричинило численні вибухи та викид попелу в повітря, який осідав на більшій частині острова, великі потоки лави спричинили найбільше руйнувань (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Осередки виверження вулкана

Початкове виверження було неймовірно сильним, утворивши величезні лавові фонтани, які сягали сотень футів у повітря, і спричинили гігантські ріки розплавленої породи, що лилися вниз із західної сторони вулкана.

1.1 Фізико-географічний опис та характеристики вулкану Кумбре-В'єха

Кумбре-В'єха – це тріщинний вулкан, частина великої системи лінійних жерл, що тягнеться вздовж вершини довгого хребта.

Хребет розташований у південній половині Ла Пальма, тягнеться з півночі на південь. Кумбре-В'єха має багато різних жерл, які розкинулися на вершині хребта і проходять на півдорозі вниз із західного боку. На висоті 1949 метрів над рівнем моря вулкан є одним із найвищих на острові, хоча джерело, яке вперше виверилося в 2021 році, розташоване на висоті близько 900 метрів над морськими хвилями. Вулкан має сторони, які різко опускаються до рівня моря, і дна Атлантики, як на західній, так і на південній і східній сторонах. Невулканічно активні гори межують з вулканом на півночі (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Вулкан Кумбре-В'єха

Як і інші вулкани на архіпелазі Канарських островів, Кумбре-В'єха є результатом гарячої точки під земною корою, а не утворюється на межі плит. Тут мантийний шлейф піднімається проти океанічної кори Африканської плити, а там, де магма прорвала кору, утворилися вулкани [2,3].

Оскільки Африканська плита повільно просувається на північний схід, гаряча точка залишається нерухомою, утворюючи ланцюг островів і вулканів, а це означає, що західні Канарські острови є найновішими і вивергаються найчастіше.

Це включає в себе Ла Пальму, яка пробилася хвилі Атлантичного океану лише близько 1,8 мільйона років тому, і зазвичай кожні кілька десятиліть на острові відбувається виверження вулкана.

1.2 Фактори виверження вулкану

З кожним роком виверження вулканів стає все частішим явищем. Вулкан Кумбре-В'єха не є виключенням. Всі виверження на Кумбре-В'єха відбувалися в такі роки як: 1470, 1585, 1646, 1677, 1712, 1949, 1971 і 2021 .

Однією з причин цього процесу є велика кількість землетрусів. Рій землетрусів почався під Кумбре-В'єха 11 вересня 2021 року. Він повільно

переміщувався до поверхні, із землетрусами приблизно до 5 балів за шкалою Ріхтера, і понад 25 000 зафіксованих протягом 10 днів. 19.09.2021 року о 15:15 за місцевим часом вулкан почав вивергатися в Кабеса-де-Вака в горах Монтанья-Рахада, в районі Лас-Манчас муніципалітету Ель-Пасо. Було оголошено жовте попередження, яке охопило 35 000 людей у муніципалітетах Лос-Льянос-де-Алідане, Фуенкальєнте, Ель-Пасо та Вілья-де-Мазо, пізніше підвищившись до найвищого рівня – червоного – через виверження.

Загалом із цього району було евакуйовано близько 7000 осіб [1,2]. Виверження припинилося 13 грудня 2021 року і було оголошено завершенням 25 грудня 2021 року(рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Виверження вулкану Кумбре-В'єха

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ВИВЕРЖЕННЯ ВУЛКАНУ

2.1 Методи дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі – це процес виявлення та моніторингу фізичних характеристик місцевості шляхом вимірювання її відбитого та

випущеного випромінювання на відстані, зазвичай із супутника чи літака. Спеціальні камери збирають зображення дистанційного зондування, які допомагають дослідникам «відчувати» речі про Землю [4,5]. Такими прикладами є:

- Камери на супутниках і літаках знімають великі ділянки на поверхні Землі, що дозволяє нам бачити набагато більше, ніж ми можемо бачити, стоячи на землі.
- Гідролокаційні системи на кораблях можна використовувати для створення зображень океанського дна без необхідності подорожувати на дно океану.
- Камери на супутниках можна використовувати для створення зображень змін температури в океанах (рис. 2.1).

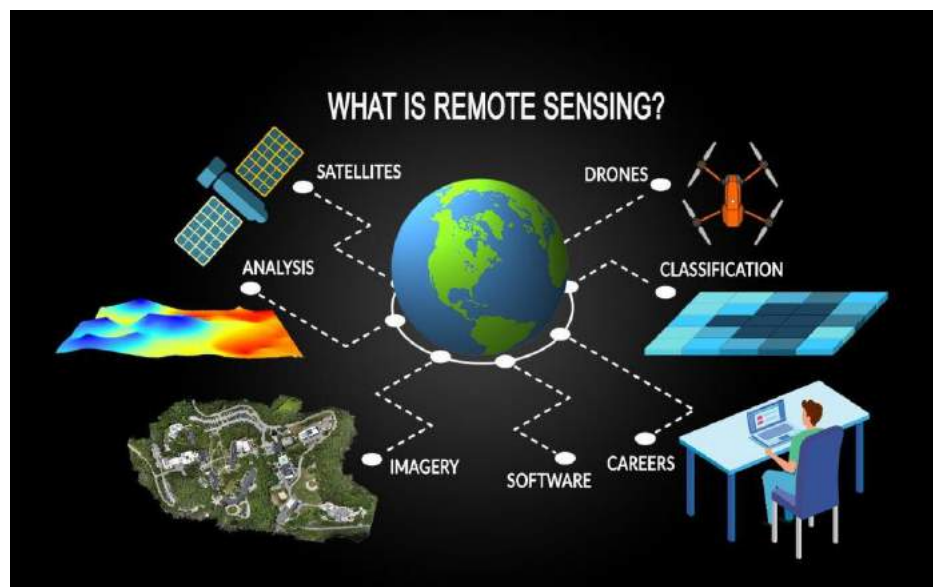


Рисунок 2.1 – Схема роботи дистанційного зондування Землі

Прикладом деяких конкретних видів використання дистанційного зондування Землі є:

- Великі лісові пожежі можна нанести на карту з космосу, дозволяючи рейнджерам бачити набагато більшу територію, ніж із землі.
- Відстеження хмар, щоб допомогти передбачити погоду або спостерігати за виверженням вулканів і допомогти стежити за пиловими бурями.

- Відстеження зростання міста та змін у сільськогосподарських угіддях чи лісах протягом кількох років чи десятиліть.
- Відкриття та картографування нерівного рельєфу дна океану наприклад, величезні гірські хребти, глибокі каньйони та «магнітна смуга» на дні океану.

2.2 Метод моніторингу землетрусів

Метод моніторингу землетрусів – це процес виявлення раптових рухів гірських порід уздовж розлому всередині Землі. Коли скелі по обидва боки розлому рухаються одна повз одну, вони посилають сейсмічні хвилі через Землю, випромінюючи назовні, як брижі, що утворюються, коли камінь опускають у ставок (рис. 2.2).

Сейсмограма – це запис рухів землі, спричинених сейсмічними хвилями внаслідок землетрусу. [6,7,8] Сейсмограф або сейсмометр – це вимірювальний прилад, який створює сейсмограму. Майже всі сейсмометри засновані на принципі інерції, тобто коли підвішена маса прагне залишатися нерухомою, коли земля рухається.

Склад трикомпонентного сейсмометру: Z (червоний) вимірює рух вгору/вниз; E (зелений) вимірює рух на схід/захід; N (синій) вимірює рух північ/південь (рис. 2.3).

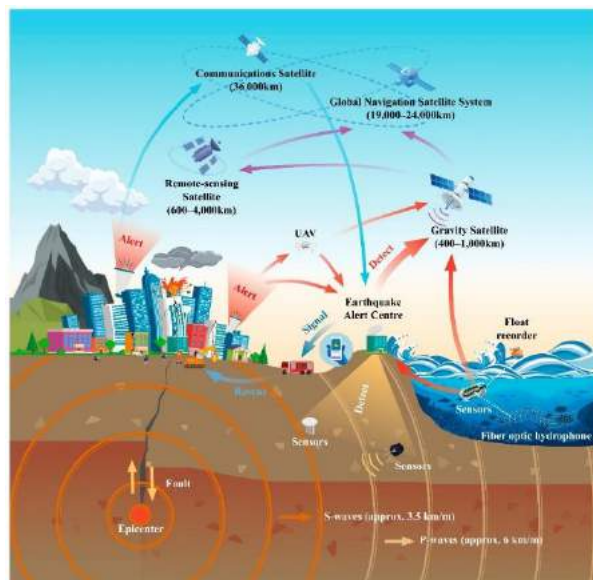


Рисунок 2.2 – Профіль робочої довжини хвилі різних датчиків.

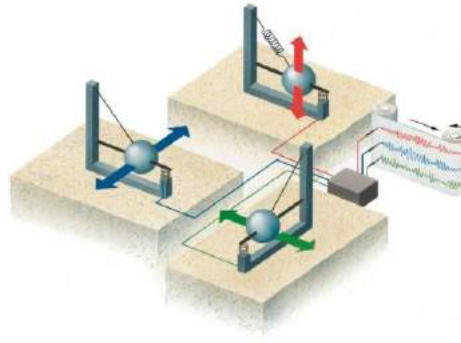


Рисунок 2.3 – Трикомпонентний сейсмометр

Часті землетруси були виявлені протягом жовтня (всього 3416 на острові Ла-Пальма), 635 з яких відчувалися сусідніми громадами [9]. Більшість з них були розташовані на глибині 10-15 км у південно-східній частині острова, де рій зародився на початку вересня, хоча деякі були зареєстровані на глибинах понад 30 км. Найпотужніші події, магнітудою 5,0, сталися 30 і 31 жовтня на глибині 35 і 38 км відповідно (рис. 2.4).

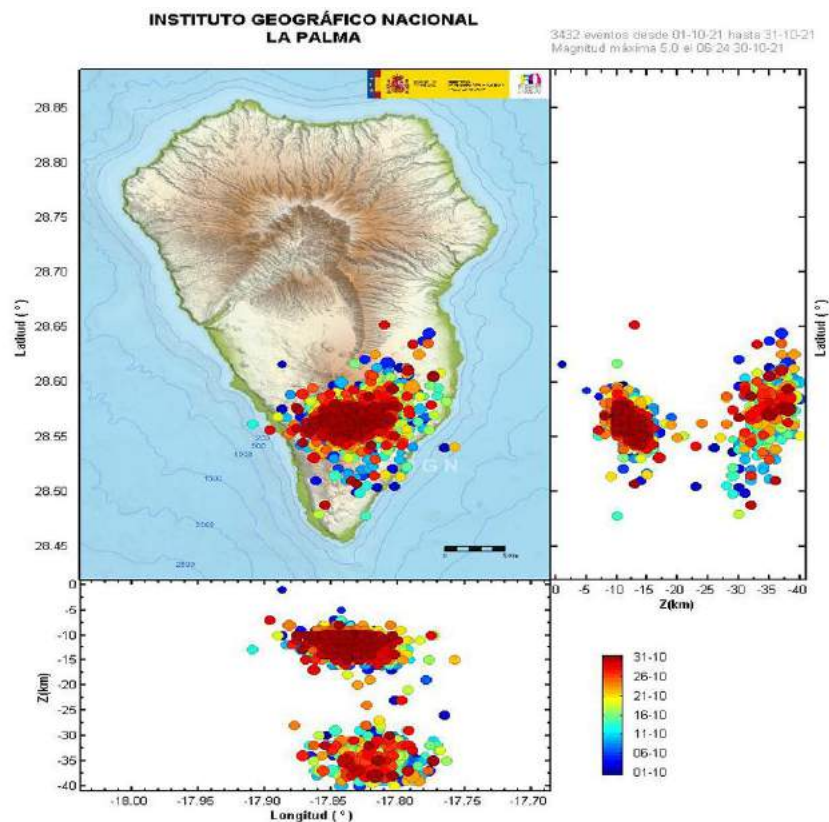


Рисунок 2.4 – Карта сейсмічних подій у Ла Пальмі

Карта сейсмічних подій, що показує розташування землетрусів у південно-східній частині острова протягом 1-31 жовтня 2021 року, які залишилися в тому ж місці, що й ті, що були виявлені 11 вересня 2021 року. Глибина цих подій коливається до 40 км. Кольорова панель праворуч представляє дати сейсмічних подій, починаючи з 1 жовтня.

2.3 Геофізичні методи моніторингу виверження вулканів

Геофізичні методи є важливими інструментами для моніторингу вулканів, які дають цінну інформацію про водопровідну систему та процеси вулканів. Контроль і моніторинг вивержень вулканів зазвичай здійснюють за допомогою сейсмічних і деформаційних методів. Електромагнітні (ЕМ) методи, будучи чутливими до змін питомого електричного опору, зазвичай не використовуються, незважаючи на їхній потенціал як інструментів моніторингу вулканів, оскільки вони чутливі до температури та присутності рідин [10,11].

Серед ЕМ методів магнітотеллуричний (МТ) метод є особливо цінним, оскільки він надає інформацію про питомий електричний опір надр у широкому діапазоні глибин. Таким чином, під час виверження вулкана МТ може надати просторову та часову інформацію про присутність і зміни характеристик рідини, коли магма піднімається.

МТ виявився успішним у характеристиці магматичних систем у вулканічних середовищах, але лише кілька досліджень були зосереджені на виявленні змін у розподілі питомого електричного опору з часом (рис. 2.5).

19 вересня 2021 року почалося перше субаеральне виверження вулкана на Канарських островах за останні 50 років, що призвело до появи нової споруди на західному фланзі Кумбре-В'єха. Це виверження вулкана тривало загалом 85 днів.

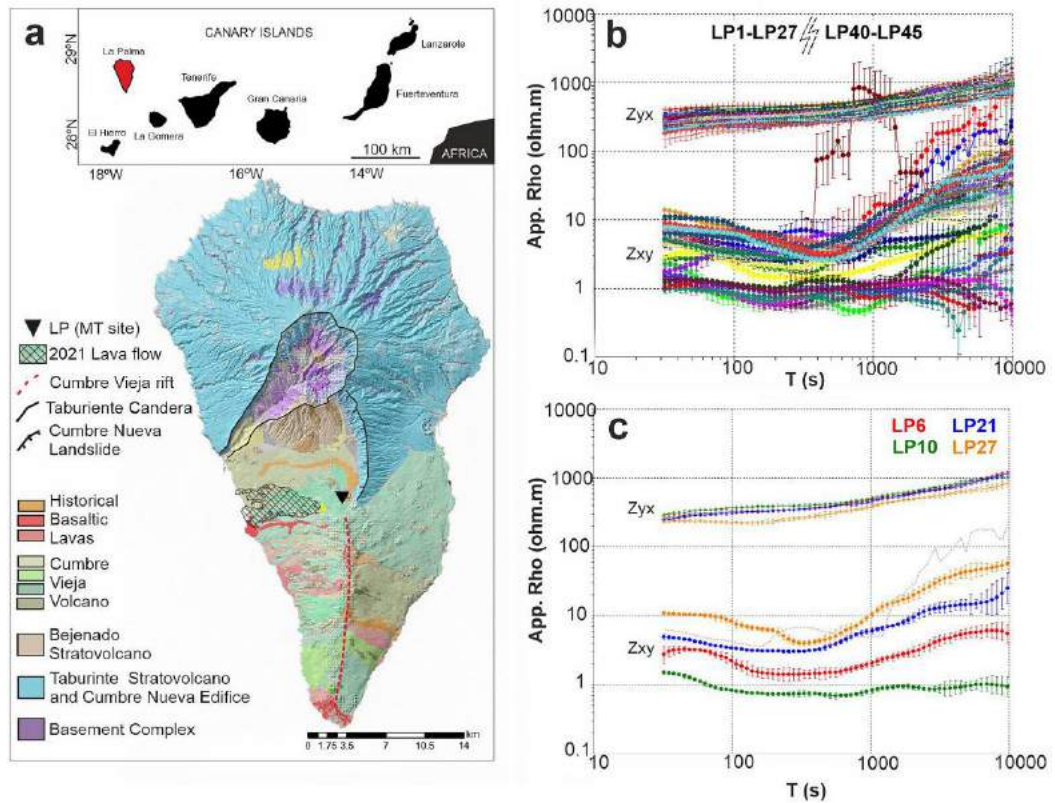


Рисунок 2.5 – Спрощена геологічна карта острова Ла Пальма

Геологічна карта острова Ла Пальма показує основні геологічні особливості. Чорний трикутник: довгоперіодична МТ ділянка; Жовтий трикутник: 2021 вулкан Кумбре-В'єха. (b) Не діагональні уявні криві питомого опору для тимчасових імпедансів МТ, отримані шляхом обробки вихідного часового ряду кожні десять днів. (c) Чотири вибрані уявні криві питомого опору, що представляють основні часові зміни питомого опору. Сіра пунктирна лінія: крива LP1.

З початку виверження вулкана на острові був проведений комплексний експеримент моніторингу МТ. Довгоперіодичний сайт МТ (діапазон періодів: від 1 до 100 000 с) був розгорнутий на відстані 2,4 км від вулканічного конуса. Обладнання безперервно записує дані, починаючи з 5 листопада 2021 року, коли виверження вже почалося. Цей набір даних являє собою один із небагатьох довгострокових (більше чотирнадцяти місяців) безперервних наборів даних МТ, записаних на діючому вулкані, і примітний тим, що він не

був записаний за допомогою ширококутового МТ, а скоріше довгоперіодичного МТ.

Початкові результати, отримані з цього набору даних, показують значні зміни питомого електричного опору з часом. Раніше не повідомлялося про такі тимчасові коливання питомого електричного опору під час син- і пост-еруптивних стадій активного вулканічного виверження, що робить цей набір даних унікальним.

2.4 Дані з супутнику

Дані, які були отримані з сервісу «Sentinel Hub» використовують зображення з різних джерел. Сервісно-орієнтована інфраструктура супутникових зображень піклується про всю складність обробки архівів супутникових зображень і робить їх доступними для кінцевих користувачів через прості в інтеграції веб-сервіси [12]. Основні особливості системи:

- Попередній перегляд у повній роздільній здатності через Інтернет;
- Функція сповільненої зйомки;
- Служба статистичної інформації часових рядів;
- Інструменти аналізу для області або точки вибору;
- Визначення нових продуктів на основі сценаріїв на льоту;
- Перепроєктовано служби WMS для інтеграції в сторонні інструменти;
- АРІ для розширеної інтеграції функцій.

Всі знімки були отримані з супутника Sentinel-2 L2A.

2.5 Програмні продукти

Ця робота була виконана у програмному забезпеченні ArcGIS Pro [13]. У цій програмі можна поєднувати кілька джерел даних, щоб створювати карти,

які настільки ж розумні, як і красиві. Використовувати науково аналітичні інструменти для 2D, 3D і 4D даних, щоб ідентифікувати закономірності, роботи прогнози та відповідати на запитання. Швидко діліться проектами та інформацією у своїй організації, в Інтернеті та за допомогою мобільних програм.

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

Аналіз методики створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі за період з середини вересня по кінець грудня 2021 року.

Для більшого розуміння, як створити атлас, було побудовано схему методики створення атласу наслідків виверження вулкану (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Схема методики створення атласу виверження вулкану

Ця схема дає змогу зрозуміти які етапи потрібно зробити, щоб перейти далі. Та якщо пропустити хочаб один, то цілісність атласу зникне.

3.1 Завантаження даних в програму

Для проведення дослідження першим кроком необхідно завантажити отримані дані з сайту Copernicus [14] (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Векторні дані з сайду Copernicus

Також необхідні космічні знімки з сайту Sentinel Hub [15] (рис. 3.3) за період виверження вулкану з 19 вересня по 25 грудня 2021 року.

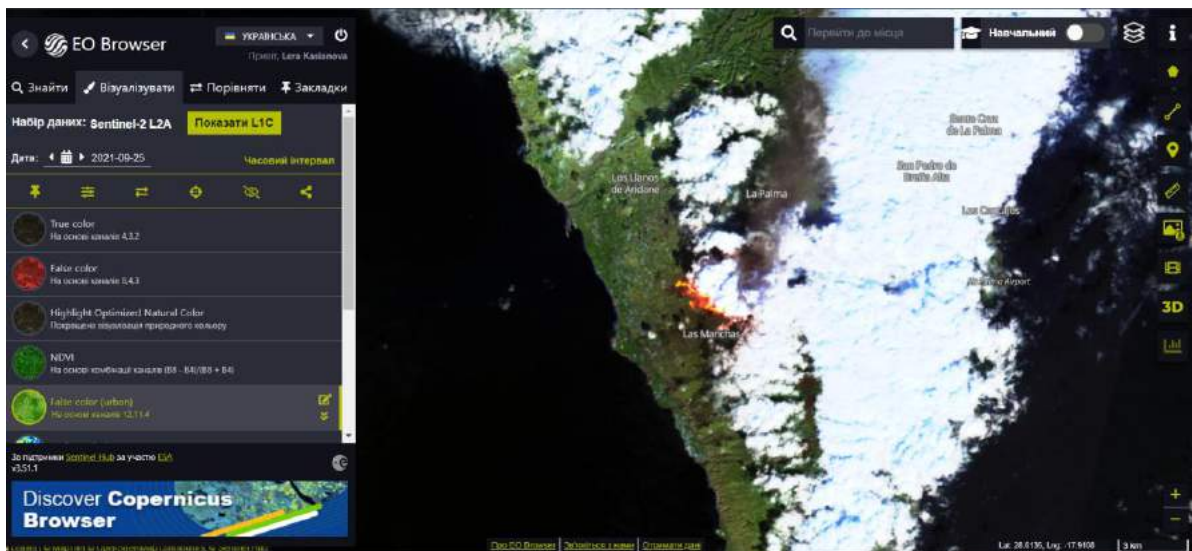


Рисунок 3.3 – Космічні знімки з супутника Sentinel-2 L2A

Наступним кроком були завантажені всі дані до програми ArcGIS Pro. Так як ми завантажували декілька знімки в декільках канал для більш

розширеного розуміння в якому спектрі працювати. Також необхідно додати базову картку (рис. 3.4).

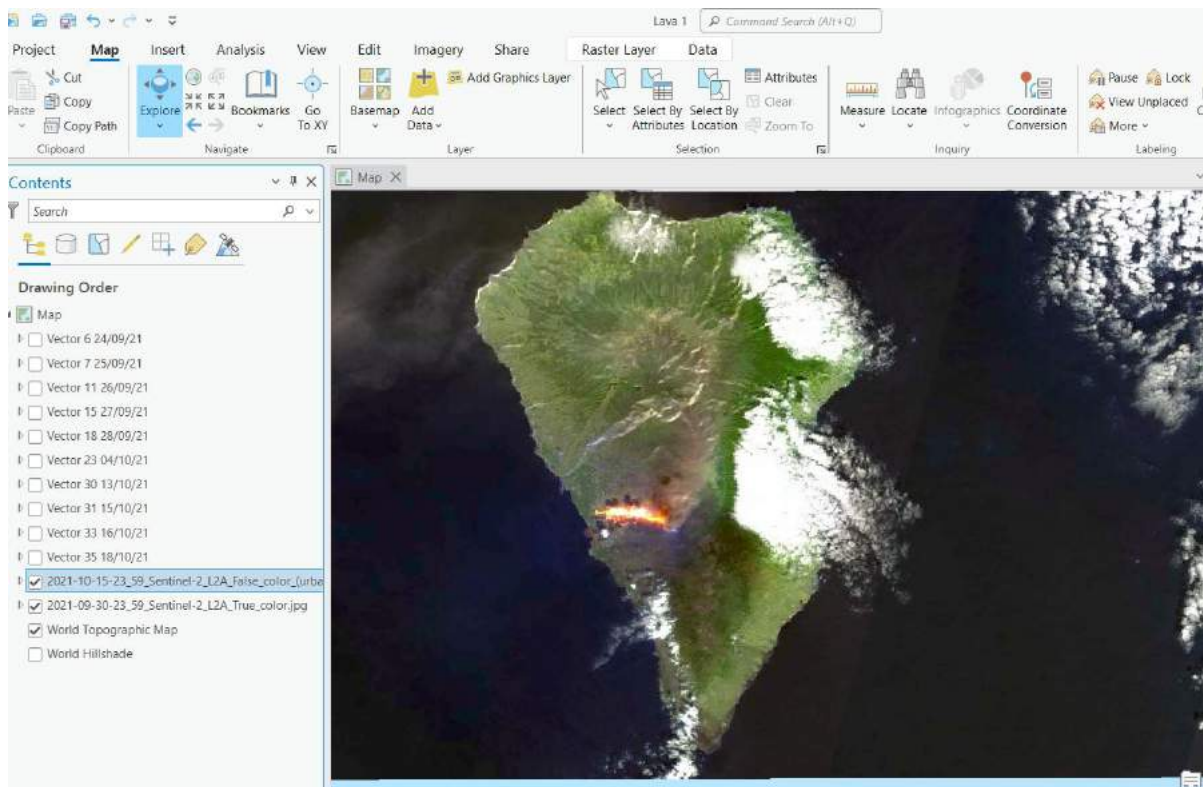


Рисунок 3.4 – Завантаження всіх даних в ArcGIS Pro

Також попередньо прибираємо зайві або дубльовані дані з датами, та створюємо декілька проектів для більшої зручності роботи. Таких проектів виходить 5: 4 для визначення наслідків розтікання лави та 1 для визначення осідання попелу.

3.2 Обробка та векторизація знімків

Для того, щоб з'ясувати на якій площі відбулось виверження вулкану необхідно відвекторизувати площу розтікання лави та осідання попелу. Для початку були прив'язані знімки до області обробки. Потім створюємо шейп-файли для векторизації виверження вулкану. Для (рис. 3.5).

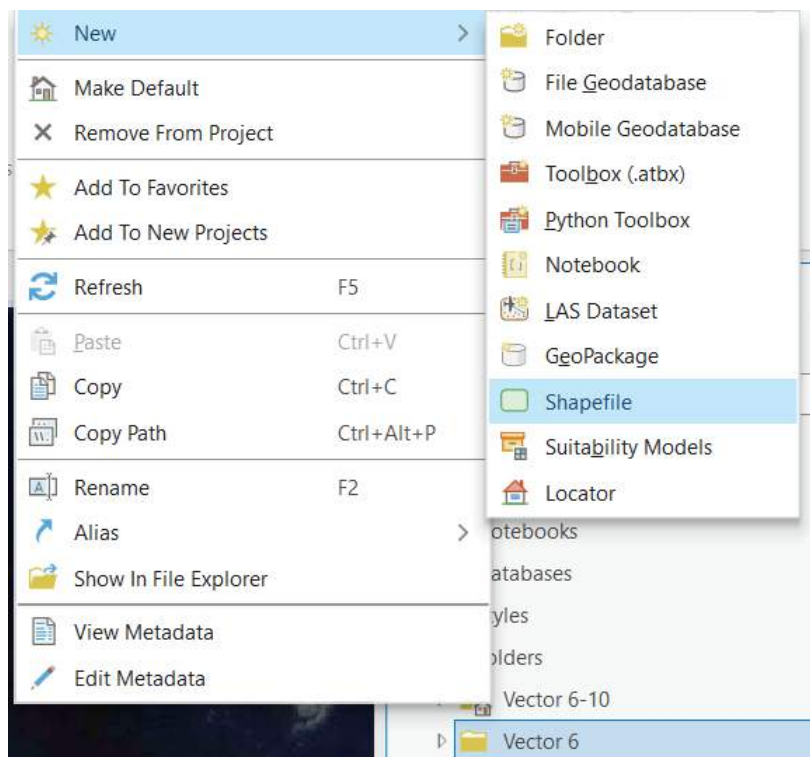


Рисунок 3.5 – Створення шейп-файлу

На екрані відкрилось вікно налаштування для шейп-файлу. У цьому вікні заповнюємо усі поля та натискаємо кнопку «Run» (рис. 3.6).

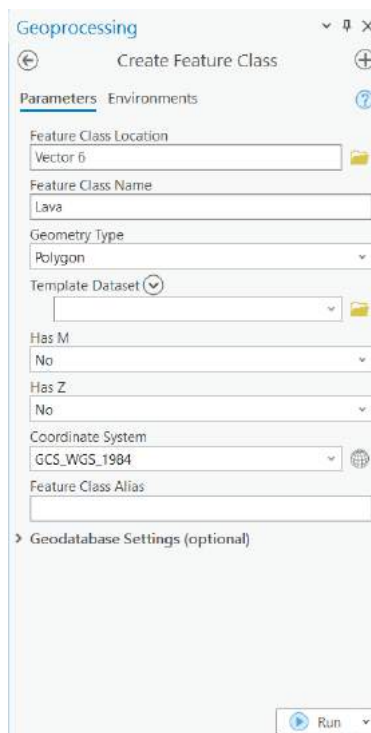


Рисунок 3.6 – Налаштування для шейп-файлу

Після створення всіх шейп-файлів для кожного проєкту векторизуємо розтікання лави за кожний проміжок часу, з 19 вересня по 25 грудня 2021 року. Результатом цього є відвекторизовано: 36 ділянок виверження лави та 13 ділянок осідання попелу (рис. 3.7-3.11).

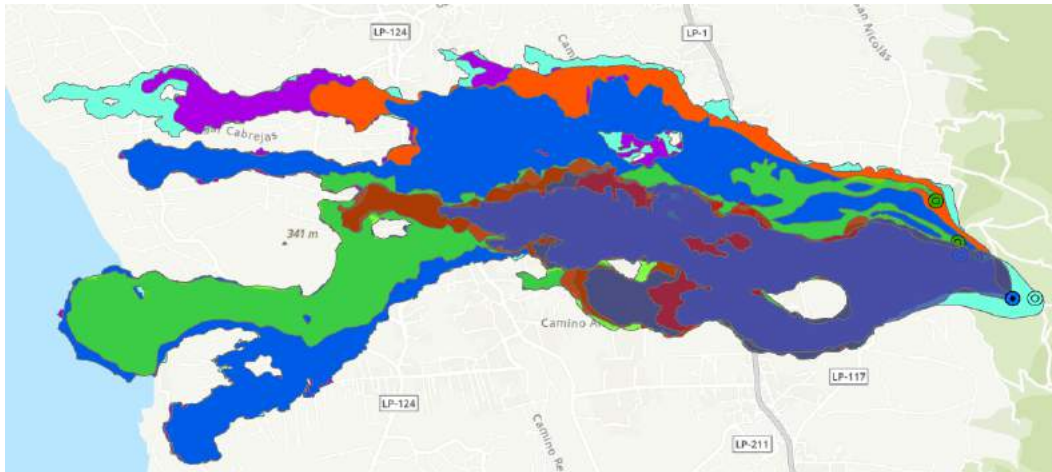


Рисунок 3.7 – Результат векторизації виверження вулкану лавою за період з 24.09.21-18.10.21

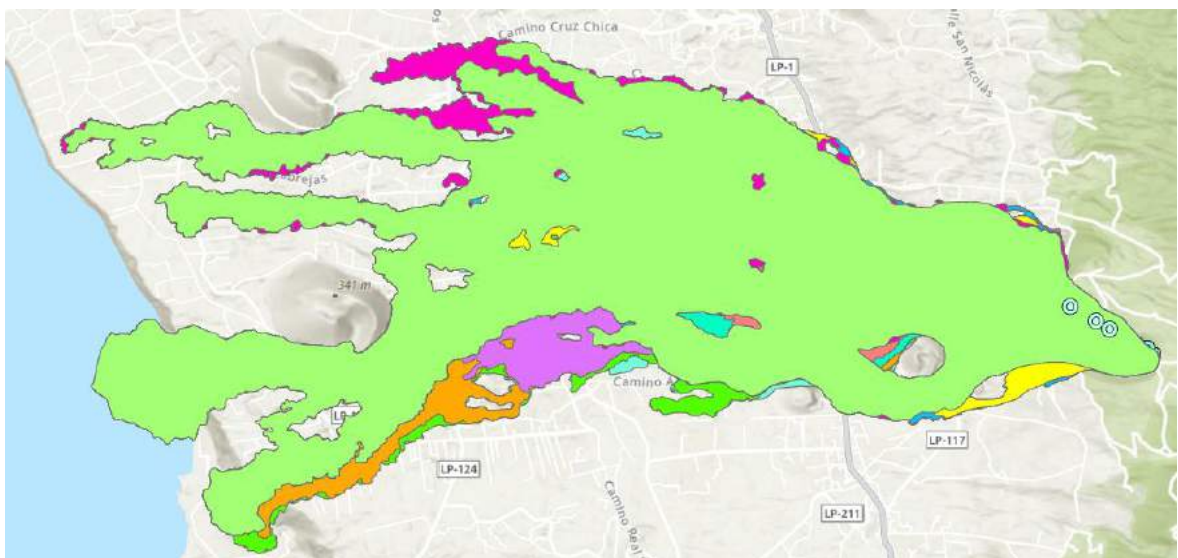


Рисунок 3.8 – Результат векторизації виверження вулкану лавою за період з 22.10.21-04.11.21

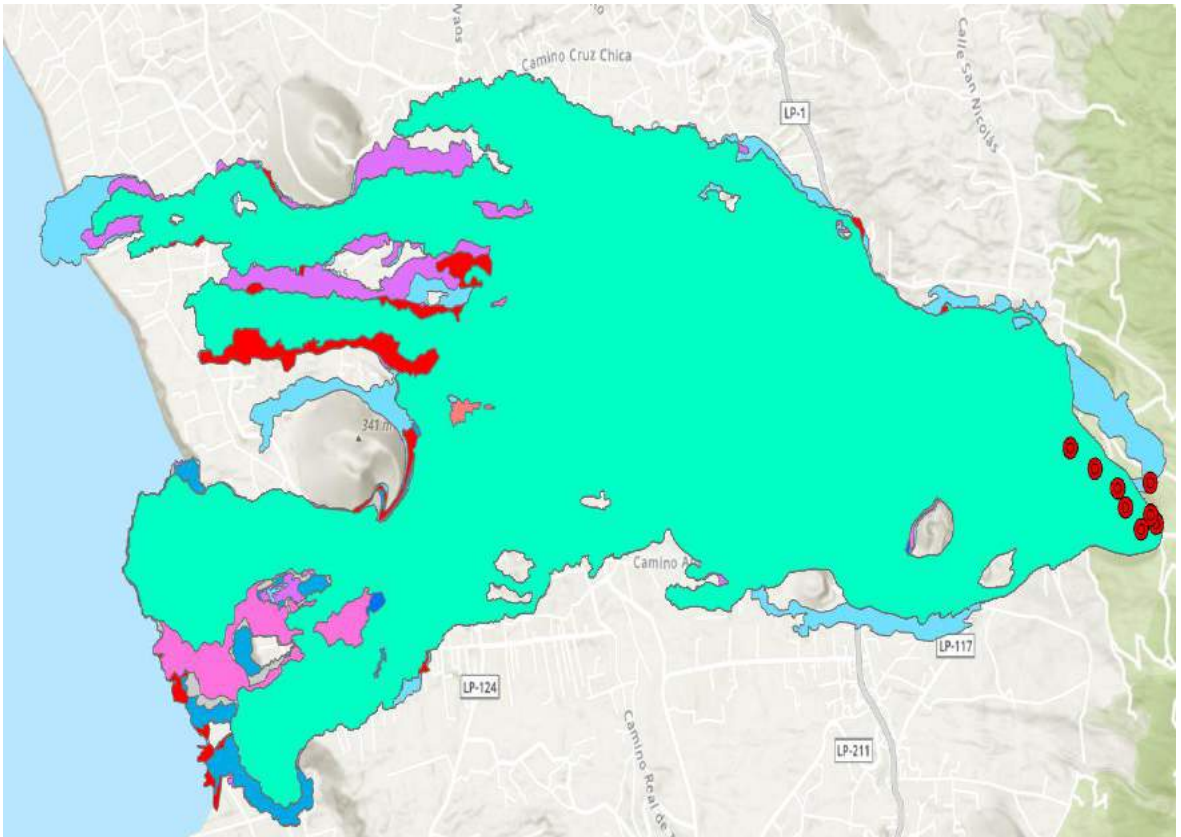


Рисунок 3.9 – Результат векторизації виверження вулкану лавою за період з 06.11.21-01.12.21

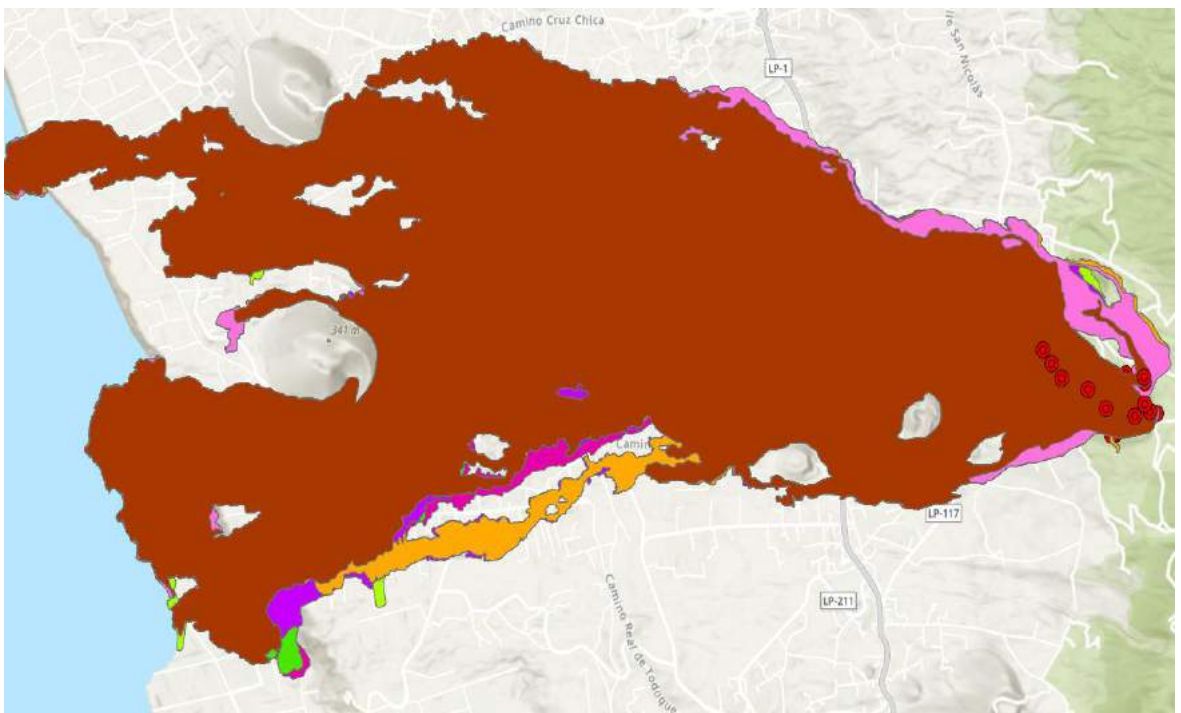


Рисунок 3.10 – Результат векторизації виверження вулкану лавою за період з 03.12.21-18.12.21

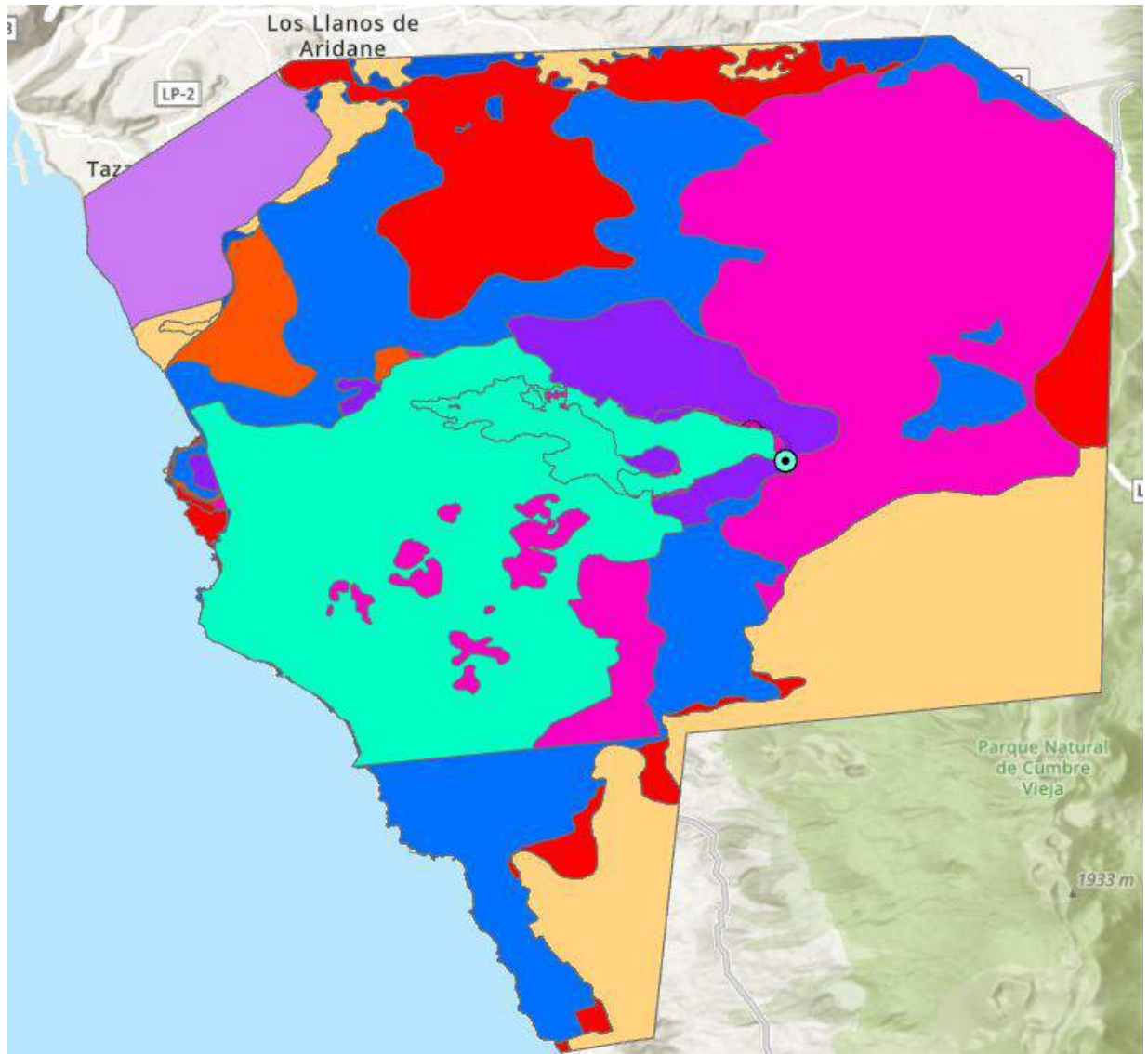


Рисунок 3.11 – Результат векторизації виверження вулкану попелу за період з 26.09.21-23.11.21

3.3 Розрахунок житлових та транспортних втрав

Для розрахунку даних, щодо втрат будівель та доріг, було завантажено пакет растрових даних з будівлями та дорогами які зруйновані або просто не мають пошкоджень. Щоб з'ясувати які будівлі зруйновані та не пошкодженні, необхідно натиснути кнопку «Select By Location» та обрати за якими даними нам необхідно виділити ділянку (рис. 3.12).

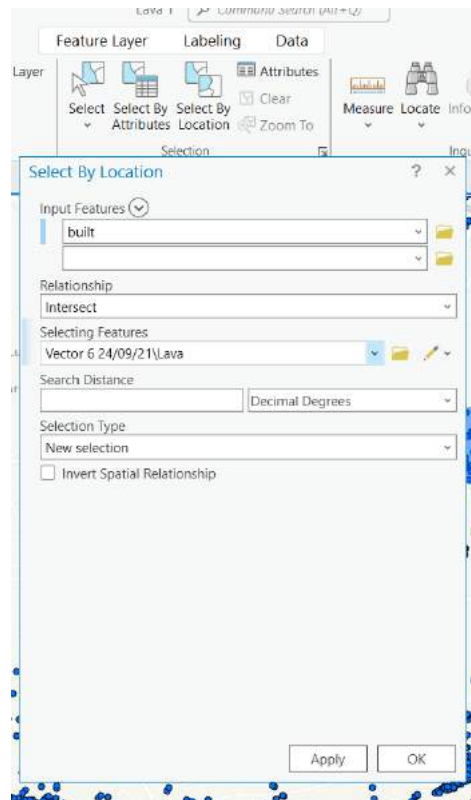


Рисунок 3.12 – Виділення ділянки зруйнованих будинків

Після цього створюємо копію цієї ділянки, налаштуємо колір та назву і отримуємо дані по виділеній ділянці зруйнованих будівель (рис. 3.13).

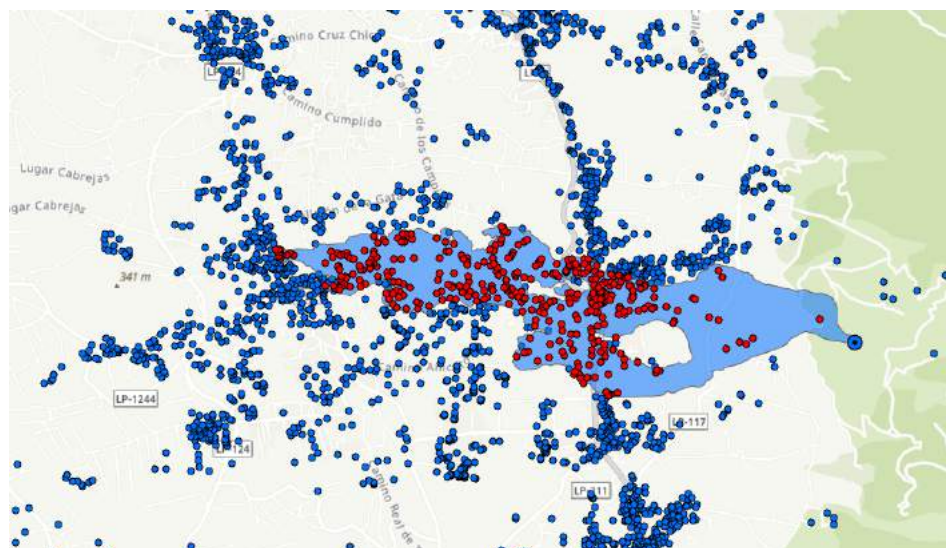


Рисунок 3.13 – Ділянка зруйнованих будівель

Так само робимо і з будинками які не потрапили в зону розтікання лави. В кінцевому результаті отримоємо два нових шейп-файлу з даними про зруйновані та вцілілих будівель (рис. 3.14).

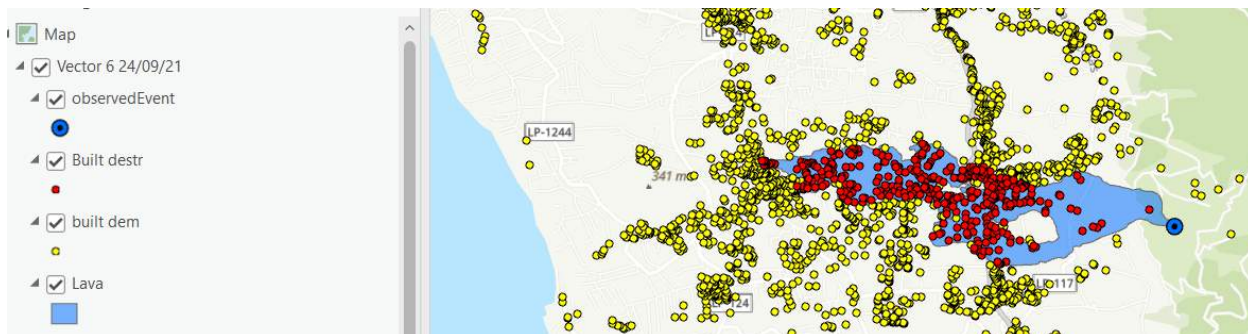


Рисунок 3.14 – Дані про будівлі в зоні ураження

Далі робимо для всіх ділянок так само. Наступним кроком робимо такі ж шейп-файли для доріг та отримуємо дані зруйнованих та не зруйнованих доріг (рис. 3.15).

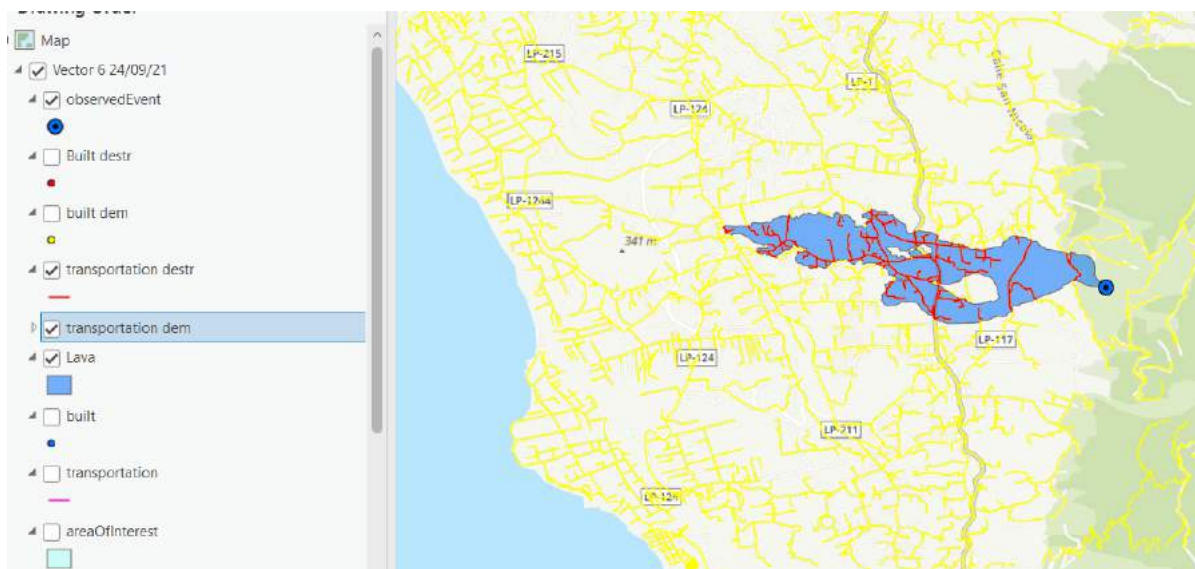


Рисунок 3.15 – Дані про дороги в зоні ураження

Далі в таблиці атрибутів можна визначити, яка кількість дороги була зруйнована: основна дорога, другорядна дорога, місцева дорога та польова дорога. Усі дані занесені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Наслідки знищених та цілих доріг після виверження лавою

Вектори	Destroyed				Сума цілих доріг
	Primary Road	Local Road	Cart Road	Secondary Road	
6	16	168	71	23	2616
7	29	221	81	23	2659
11	31	258	95	22	2742
15	33	347	124	50	2876
18	38	365	136	51	2919
23	37	525	199	66	3241
30	53	683	357	81	3566
31	54	700	368	80	3576
33	54	755	398	86	3688
35	57	756	428	85	3709
37	56	828	468	95	3757
38	59	859	489	124	5308
39	62	866	508	128	5321
40	62	883	515	128	5352
41	63	889	525	128	5370
42	63	891	527	128	5371
43	63	934	536	139	5394
44	63	960	562	155	5447
45	64	1000	902	160	5510
47	67	1014	648	179	5804
48	62	1025	953	160	5809
49	63	1033	950	160	5809
50	63	1033	950	160	5815
51	65	1044	971	160	5838
52	67	1048	966	160	5855
53	76	1042	680	160	5887
54	80	1071	703	163	5911
56	85	1169	771	196	6200
57	90	1255	891	205	6200
58	88	1217	844	200	6200
59	93	1271	946	208	6200
60	98	1335	979	213	6612
61	99	1346	961	216	6200
62	99	1392	1039	226	6727
64	99	1451	1043	231	6751
65	100	1451	1046	231	6747

Так само вносимо в таблицю 3.2 дані щодо зруйнованих та вцілілих будівель.

Таблиця 3.2 – Наслідки знищених та цілих будівель після виверження лавою

Вектори	Знищені будинки	Цілі будинки
6	1197	7642
7	433	7662
11	497	7682
15	586	7692
18	622	7716
23	1034	7377
30	1495	7712
31	1495	8106
33	1835	8134
35	1956	8141
37	2053	8392
38	2128	8370
39	2140	8200
40	2145	8370
41	2154	8371
42	2175	8371
43	2200	8660
44	2200	8660
45	2613	8733
47	2555	8685
48	2572	8685
49	2579	8685
50	2200	8685
51	2590	8685
52	2594	8685
53	2200	8685
54	2628	8685
56	2695	8743
57	2790	8753
58	2732	8743
59	2768	8753
60	2880	8846
61	2909	8846
62	2935	8874
64	2980	8879
65	2980	8879

Далі робимо такі таблиці для наслідків осідання попелом(табл. 3.3-3.4).

Таблиця 3.3 – Наслідки знищених та цілих доріг після осідання попелу

Вектори	Destroyed				Сума цілих доріг
	Primary Road	Local Road	Cart Road	Secondary Road	
8	64	615	345	64	2689
12	80	736	396	77	2834
19	87	916	501	101	2989
20	119	1145	721	117	3050
22	121	1184	755	124	3133
24	129	1207	948	130	3154
26	173	1532	1059	139	3287
27	196	1627	1138	148	3420
32	211	1752	1221	156	3654
34	216	1766	1300	156	3674
36	258	1933	1487	192	3870
46	471	2672	1955	371	5469
55	506	2937	2218	423	6084







Таблиця 3.4 – Наслідки знищених та цілих будівель після осідання попелу









Вектори	Знищені будинки	Цілі будинки
8	2123	7669
12	2005	7588
19	2976	7803
20	4023	7357
22	4043	7357
24	4330	7378
26	6687	7489
27	6886	7490
32	7518	8122
34	7807	8141
36	8360	8369
46	8664	8664
55	8734	8734





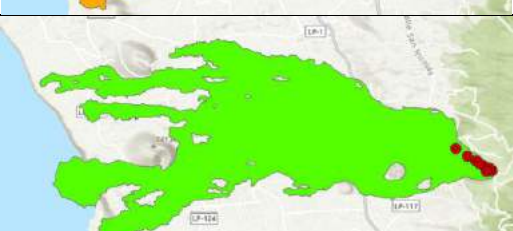



3.4 СТВОРЕННЯ АТЛАСУ НАСЛІДКІВ ВИВЕРЖЕННЯ ВУЛКАНУ КУМБРЕ-В'ЄХА








Для створення атласу було виміряно площу виверження вулкану за період з 19.09.21 по 25.12.21 року та створено таблицю 3.5 з датами моніторингу розтікання лави за цей проміжок часу.







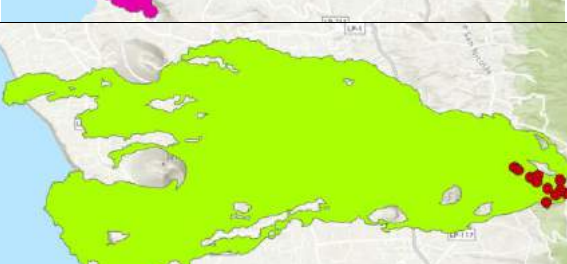
Таблиця 3.5 – Атлас наслідків виверження лави

Вектор	Дата	Площа розповсюдження лави
	24.09.2021	190.69 га
	25.09.2021	212.07 га
	26.09.2021	232.24 га
	27.09.2021	257.97 га
	28.09.2021	267.46 га
	04.10.2021	434.69 га

	13.10.2021	680.43 га
	15.10.2021	732.54 га
	16.10.2021	753.78 га
	18.10.2021	811.83 га
	22.10.2021	859.02 га
	23.10.2021	889.02 га
	24.10.2021	901.1 га
	25.10.2021	903.66 га



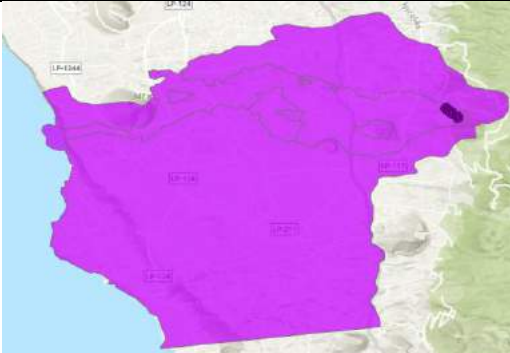
	26.10.2021	906.77 га
	27.10.2021	911.59 га
	29.10.2021	941.53 га
	30.10.2021	970.02 га
	02.11.2021	987.86 га
	04.11.2021	989.02 га
	06.11.2021	992.38 га
	07.11.2021	993.68 га


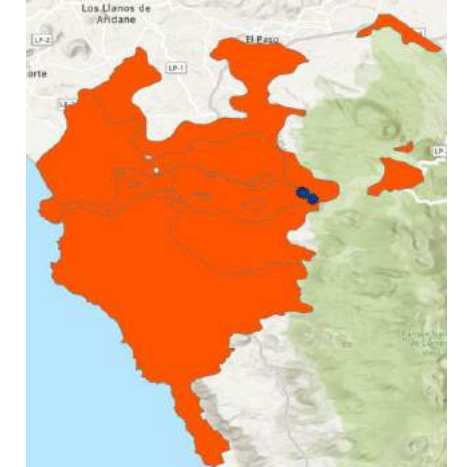


	09.11.2021	994.56 га
	12.11.2021	1018.95 га
	14.11.2021	1024.39 га
	15.11.2021	1042.07 га
	21.11.2021	1065.90 га
	25.11.2021	1094.68 га
	01.12.2021	1163.68 га


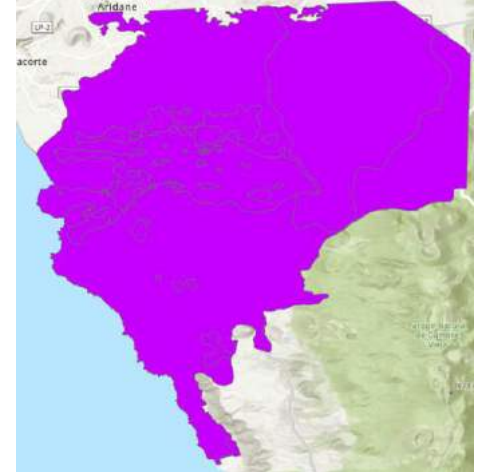

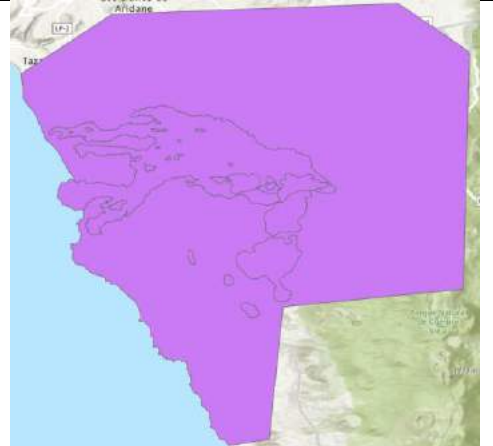
	03.12.2021	1139.68 га
	04.12.2021	1180.73 га
	06.12.2021	1212.27 га
	10.12.2021	1223.49 га
	12.12.2021	1226.79 га
	15.12.2021	1237.30 га
	18.12.2021	1241.08 га



Насупник кроком створюємо таблицю 3.6 з площею наслідків осідання попелу.

Таблиця 3.6 – Атлас наслідків осідання попелу

Вектор	Дата	Площа розповсюдження попелу
	26.09.2021	1313.86 га
	27.09.2021	1505.63 га
	29.09.2021	1671.33 га

	01.10.2021	3172.93 га
	01.10.2021	3304.49 га
	05.10.2021	4817.61 га
	08.10.2021	5518.06 га

	09.10.2021	5576.19 га
	16.10.2021	5341.42 га
	17.10.2021	6556.98 га
	21.10.2021	6797.81 га

	03.11.2021	6709.37 га
	23.11.2021	6622.49 га

Після підрахунків всіх даних у таблиці 3.2 було зроблено порівнювальні графіки, що до порівняння кількості вцілілих та зруйнованих будівель лавою (рис. 3.16-3.19).

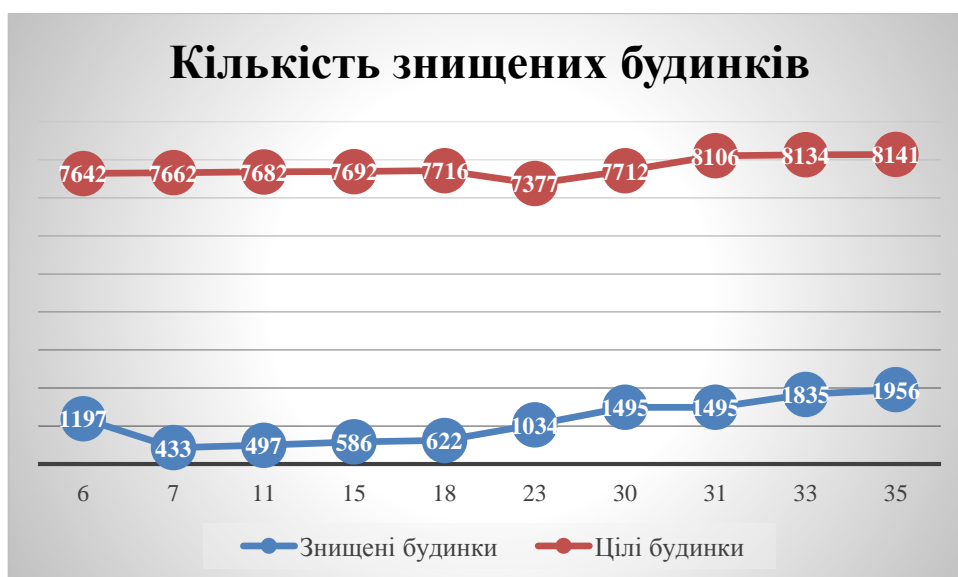


Рисунок 3.16 – Графік знищених будівель після виверження лави в період з 24.09.2021-18.10.2021

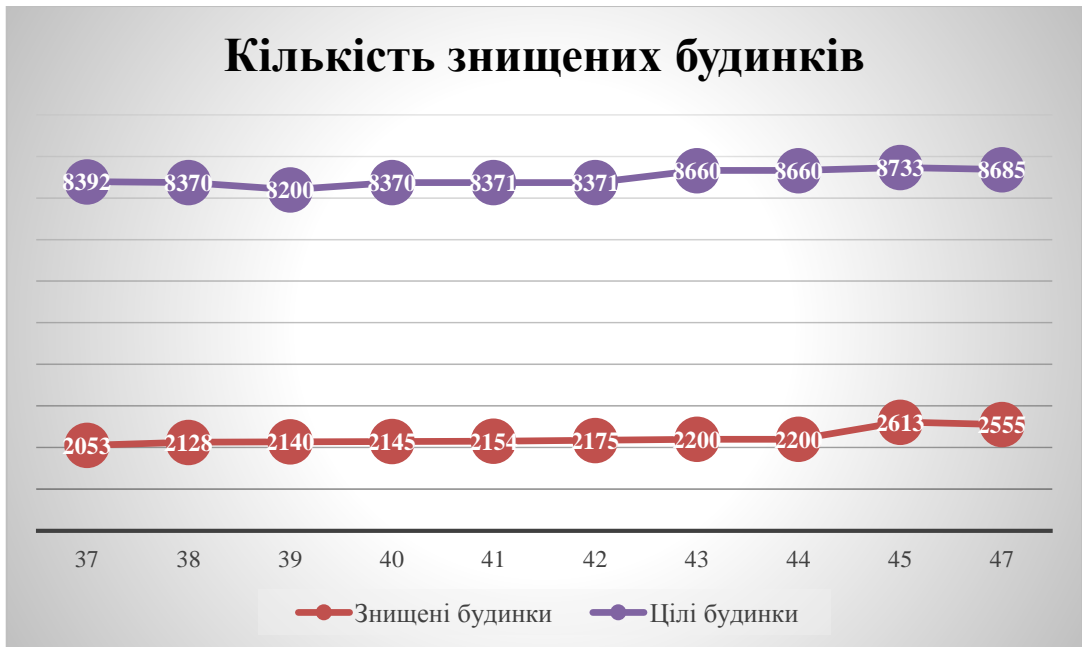


Рисунок 3.17 – Графік знищених будівель після виверження лави в період з 22.10.2021-04.11.2021

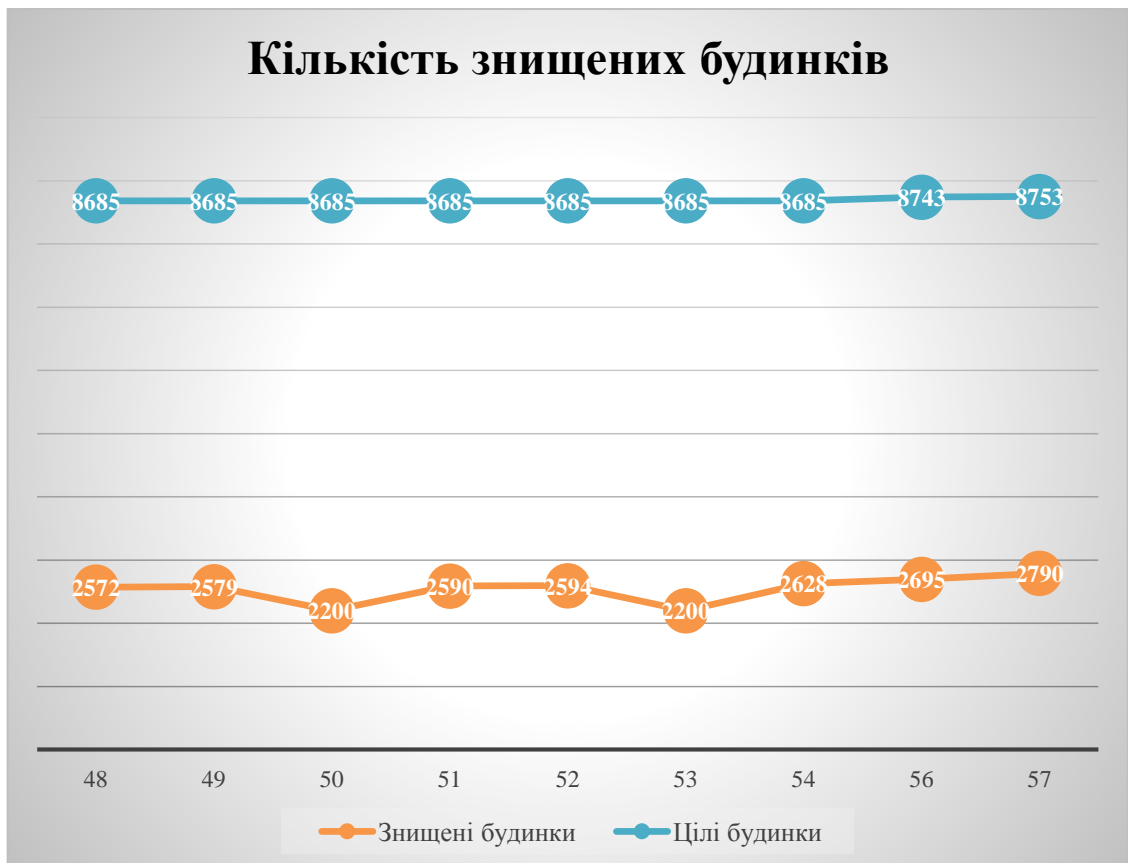


Рисунок 3.18 – Графік знищених будівель після виверження лави в період з 06.11.2021-01.12.2021

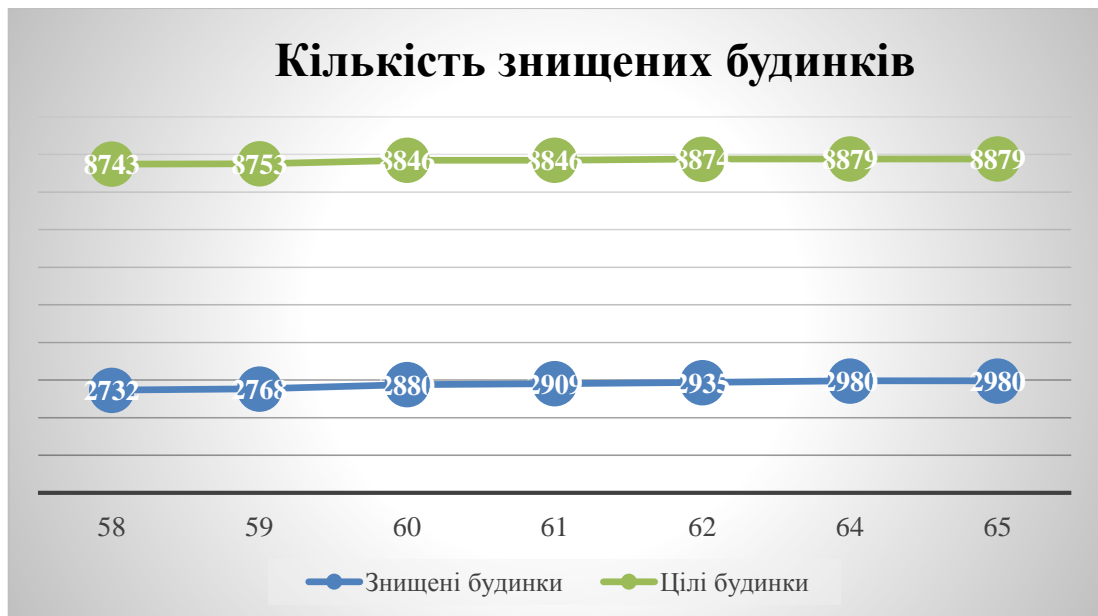


Рисунок 3.18 – Графік знищених будівель після виверження лави в період з 03.21.2021-18.12.2021

За даними таблиці 3.1 зроблено порівняльні графіки наслідку пошкоджених доріг лавою (рис. 3.19-3.22).

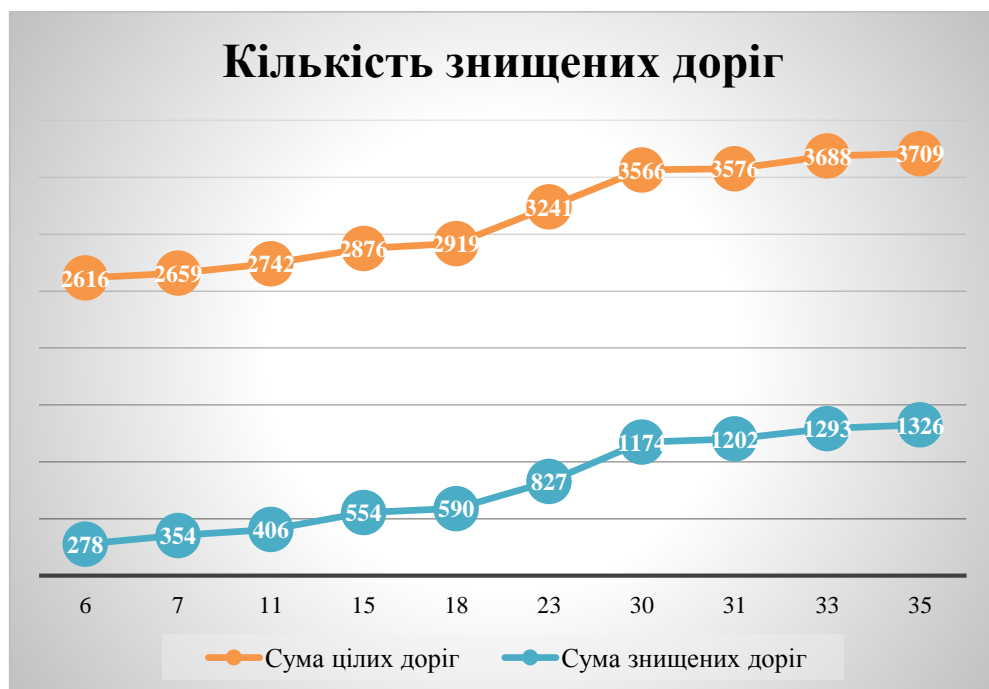


Рисунок 3.19 – Графік знищених доріг після виверження лави в період з 24.09.2021-18.10.2021

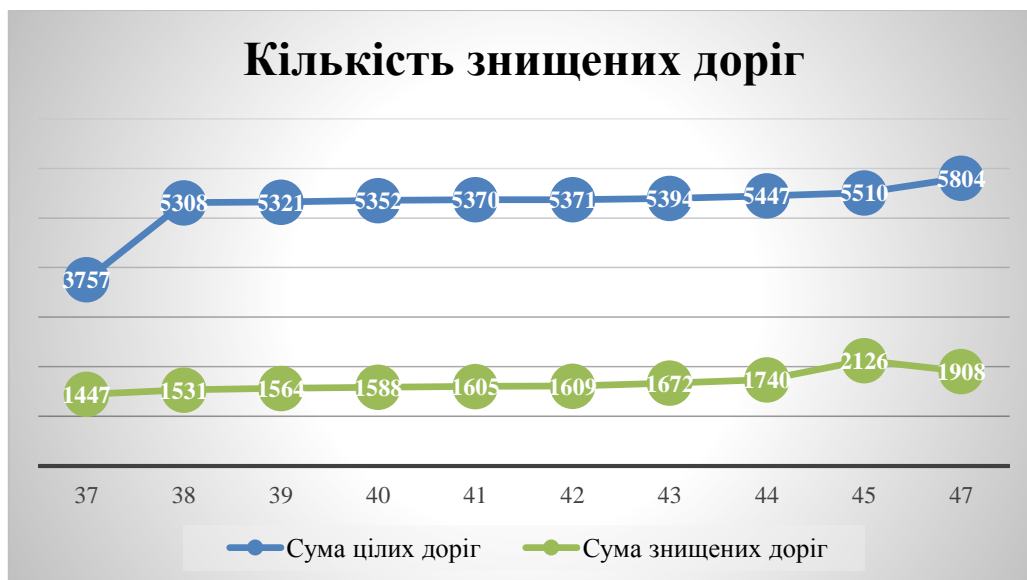


Рисунок 3.20 – Графік знищених доріг після виверження лави в період з 22.10.2021-04.11.2021

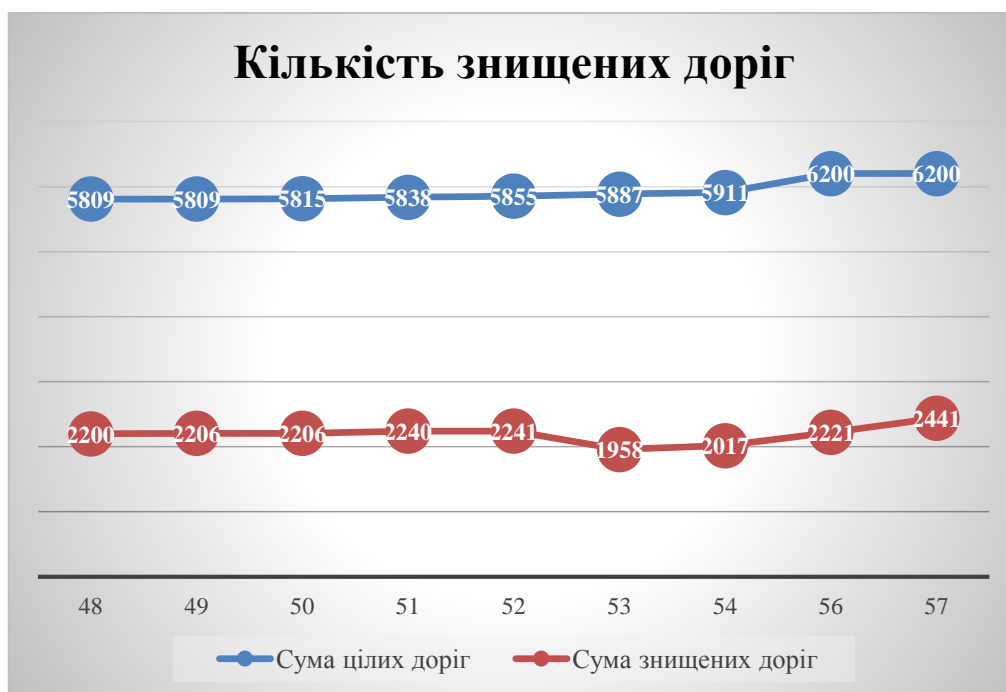


Рисунок 3.21 – Графік знищених доріг після виверження лави в період з 06.11.2021-01.12.2021

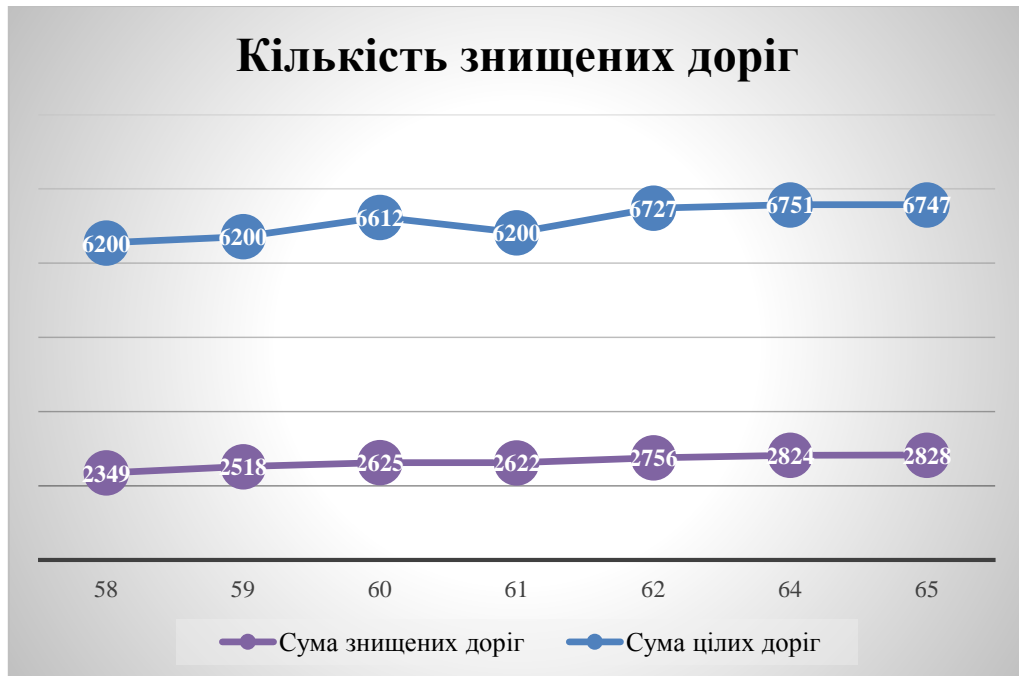


Рисунок 3.22 – Графік знищених доріг після виверження лави в період з 03.21.2021-18.12.2021

Також за даними таблиць 3.3-3.4 створено графіки наслідків осідання попелу на будівлі та дороги (рис. 3.23-3.24).



Рисунок 3.23 – Графік знищених доріг після осідання попелу в період з 26.09.2021-23.11.2021

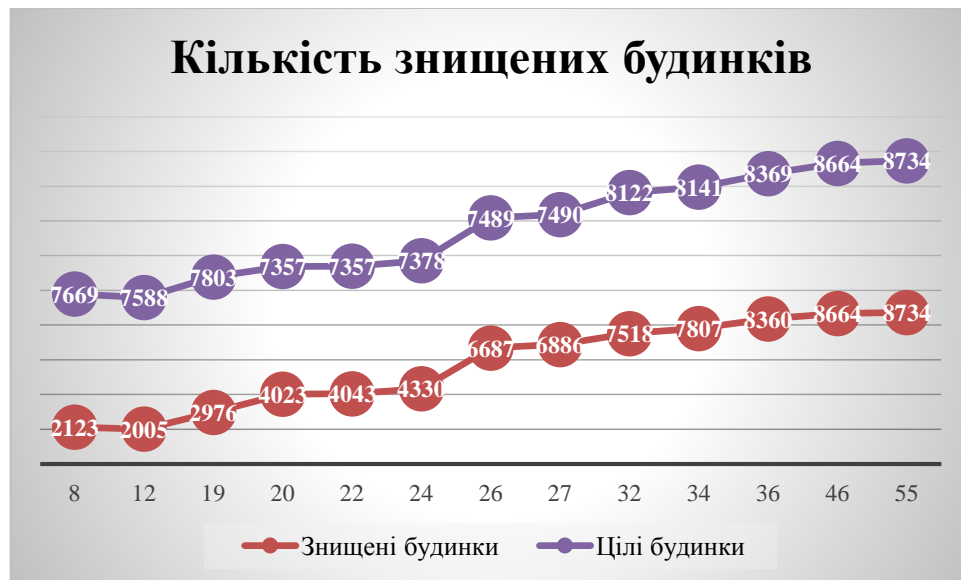


Рисунок 3.24 – Графік знищених будівель після осідання попелу в період з 26.09.2021-23.11.2021

В кінцевому результаті було підраховано загальну кількість знищених доріг та будівель представлених в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Кількість загалом знищених доріг та будівель

	Кількість знищених доріг	Кількість знищених будинків
Лавою	2828	2980
Попелом	6084	8734

Так само було підраховано площу наслідків виверження лави та осідання попелу наведених в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Кількість загальної площі руйнувань

Загальна площа розтікання лави	Загальна площа осідання попелу
1241.08 га	6797.803 га

Отже, як бачимо за усіма даними, що моніторинг наслідків виверження вулкану вкрай необхідні для запобігання людських втрат, так як під час цього виверження вулкану Кумбре-В'єха жодна людина не постраждала. Із постраждалих є тільки їх майно.

ВИСНОВКИ

Виверження вулканів є вкрай непередбачуване явище, яке має дуже великі наслідки як для людей так і для природи. Основні наслідки це: зруйновані будинки лавою, засипані попелом будинки, зруйновані дороги лавою, засипані попелом дороги. Причинами виверження вулкану є декілька факторів: землетрус, рух тектонічних плит та присутність в магмі газів, які при тиску в магмі можуть визвати виверження.

Дослідники виявили три легко вимірні параметри, які значно покращать оцінки ризиків та профілактичних заходів щодо пробудження вулканів. Ці параметри: висота вулкану, глибині шару породи, що відокремлює магматичну камеру від поверхні, середньому хімічному складі магми.

Розроблена методика створення атласу наслідків виверження вулкану за розповсюдження лави та попелу, також зруйнованих дорог та будинків за даними ДЗЗ.

В результаті був створен атлас наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі було визначено найбільша область постраждалих ділянок будинків та доріг. Було відвекторизовано знімки за період виверження з 19.09.2021 по 25.12.2021 за допомогою програмного забезпечення ArcGIS Pro. За отриманими даними були побудовані графіки та створений атлас наслідків виверження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Вулкан Кумбре-В'єха, Вікіпедія, [Електронний ресурс]:
https://en.wikipedia.org/wiki/Cumbre_Vieja
- 2 Cumbre Vieja Volcano, [Електронний ресурс]:
<http://volcanolive.com/lapalma.html>
- 3 Виверження вулкана на Ла-Пальмі: між трагедією та туризмом, [Електронний ресурс]: <https://www.dw.com/uk/vyverzhennia-vulkan-na-la-palmi-mizh-trahediieiu-ta-turyzom/a-59734014>
- 4 Наслідки виверження вулканів, [Електронний ресурс]:
https://ecoplanet777.com/posledstviya-izverzheniya-vulkanov/#google_vignette
- 5 Виверження вулкану на острові Ла Пальма, [Електронний ресурс]:
<https://www.eurointegration.com.ua/news/2021/09/20/7127986/>
- 6 What is remote sensing and what is it used for, [Електронний ресурс]:
<https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used>
- 7 How are earthquakes detected, located and measured?, [Електронний ресурс]: <https://www.bgs.ac.uk/discovering-geology/earth-hazards/earthquakes/how-are-earthquakes-detected/#:~:text=Seismometers%20allow%20us%20to%20detect,seismograms%20on%20a%20computer%20screen.>
- 8 Землетруси, [Електронний ресурс]: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/11/5335>.
- 9 La Palma, [Електронний ресурс]:
<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=383010>
- 10 Volcanic monitoring of the 2021 La Palma eruption using long-period magnetotelluric data, [Електронний ресурс]:
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-43326-0>
- 11 Hydrogeochemical temporal variations related to the recent volcanic eruption at the Cumbre Vieja Volcano, La Palma, Canary Islands, [Електронний ресурс]: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2022.1003890/full>
- 12 Sentinel Hub [Електронний ресурс]: <https://www.sentinel-hub.com/>

13 Програма забезпечення ArcGIS Pro, [Електронний ресурс]:
<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

14 Volcano eruption in La Palma, Spain, [Електронний ресурс]:
<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR546>

15 Отримання космічних знімків [Електронний ресурс]:
https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=9&lat=28.59773&lng=-18.08075&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2Fbd86bcc0-f318-402b-a145-015f85b9427e&datasetId=S2L2A&fromTime=2021-09-15T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2021-09-15T23%3A59%3A59.999Z&layerId=1_TRUE_COLOR&demSource3D=%22MAPZEN%22

ДОДАТОК А

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТВОРЕННЯ АТЛАСУ НАСЛІДКІВ ВИВЕРЖЕННЯ ВУЛКАНУ КУМБРЕ-В'ЄХА
НА ОСТРОВІ ЛА ПАЛЬМА ДАНИМИ ДЗЗ**

Виконавець Касьянова В.С.

Керівник к.т.н., доцент Нечаусов А. С.

Актуальність роботи:

Дослідження наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха має важливе значення для країни та постраждалих людей. Виверження вулкану має великі наслідки для всіх навколишніх міст та населених пунктів.

Мета роботи:

Підвищення ефективності моніторингу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ за рахунок створення картографічного атласу.

Задачі роботи:

1. Проаналізувати наслідки виверження вулкану. 2. Розрахунок житлових та транспортних втрат. 3. Створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха.

Отримані результати:

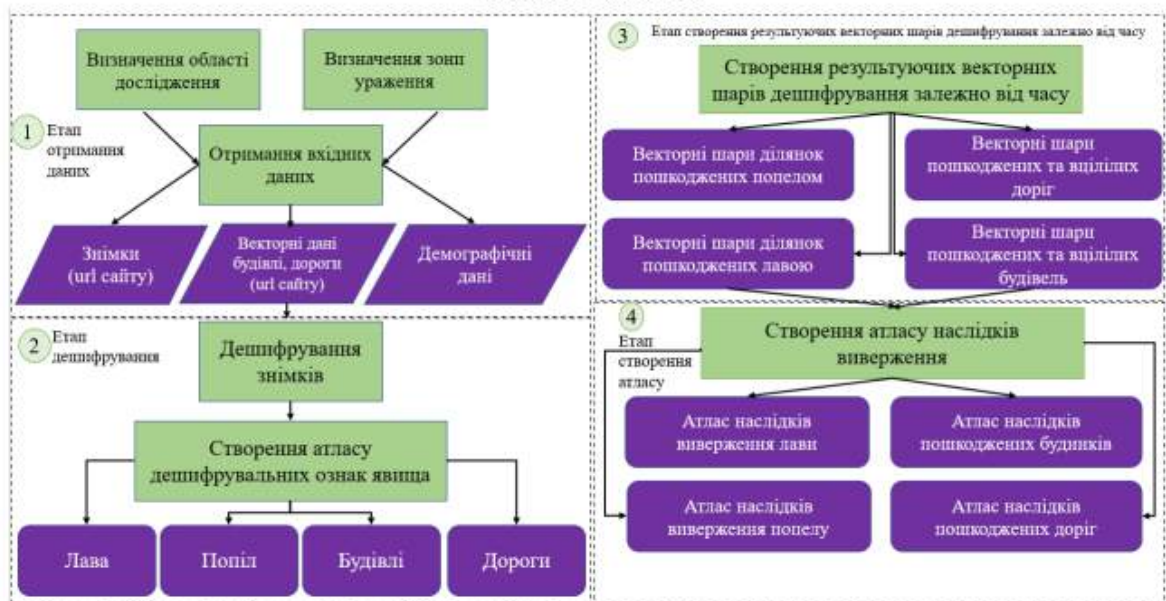
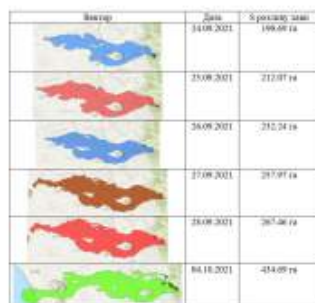


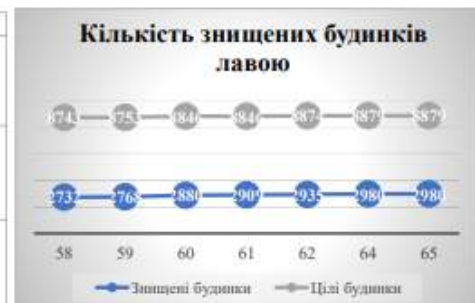
Схема методики створення атласу виверження вулкану



Атлас наслідків виверження лави



Атлас наслідків осідання попелу



Графік кількості знищених будинків



Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Факультет ракетно-космічної техніки
Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі



кваліфікаційна робота магістра
спеціальність 103 «Науки про Землю»
освітня програма «Космічний моніторинг Землі»

ДОДАТОК Б

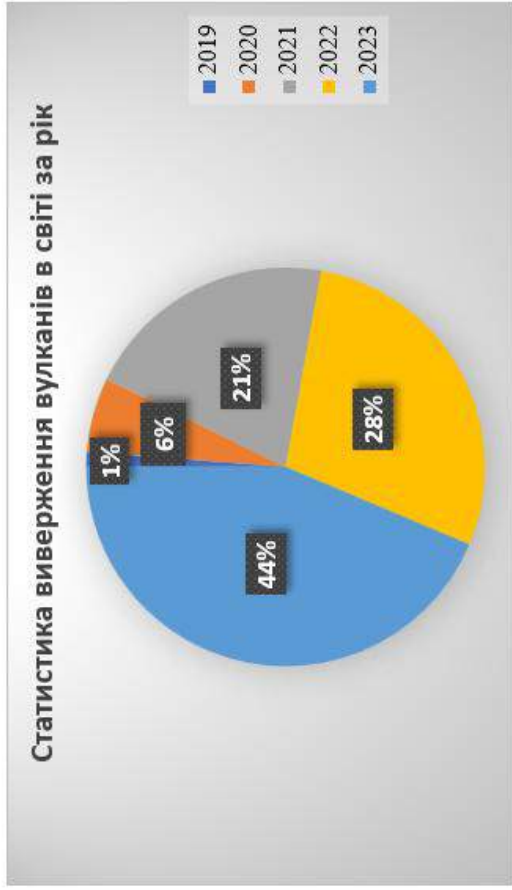
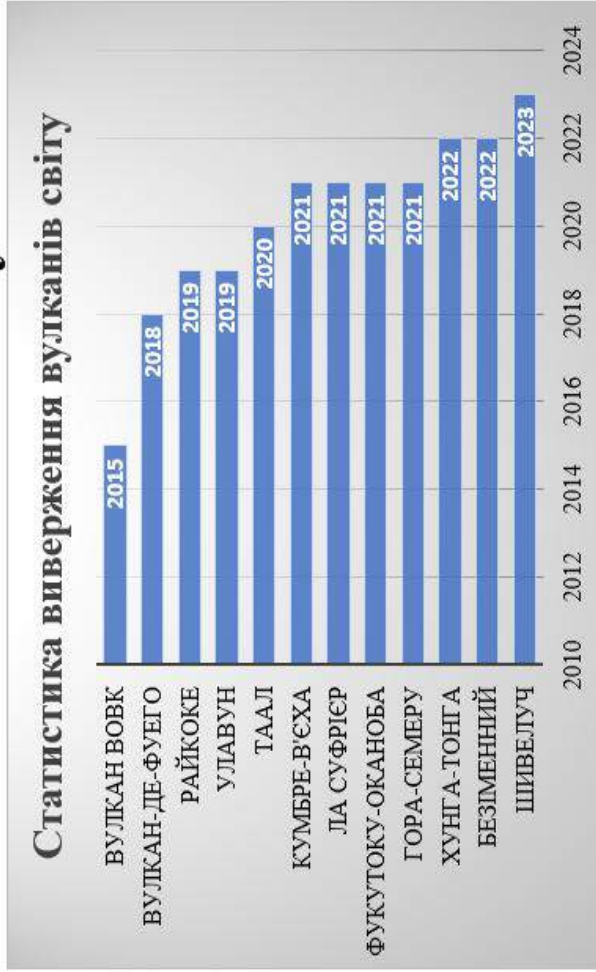
Методика створення атласу наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі



Виконала: студентка групи 465-м
Касьянова В.С.
Керівник: к.т.н., доцент каф. 407
Нечаусов А. С.

Харків - 2024

Актуальність роботи



Виверження вулкану Кумбре-В'єха



Виверження вулкану



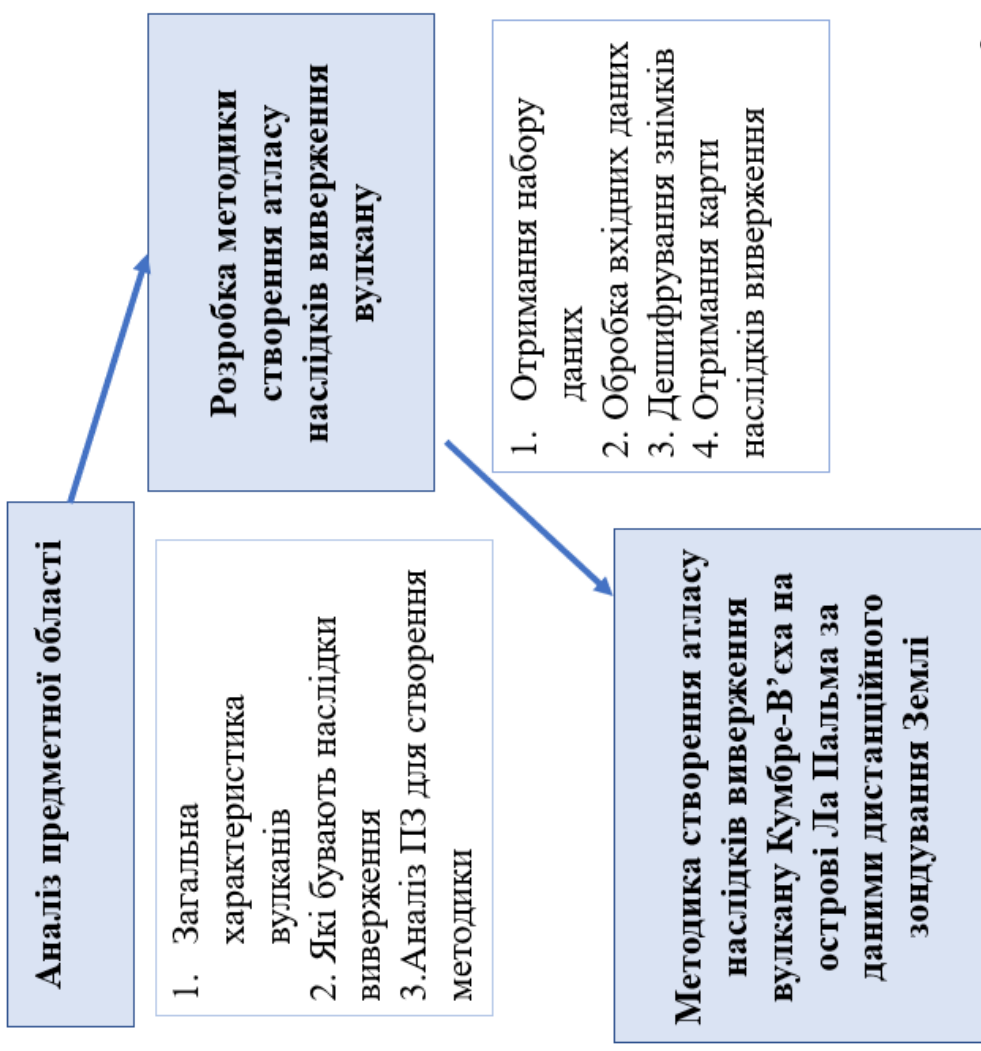
Наслідки осідання попелу

Мета роботи - підвищення ефективності моніторингу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ за рахунок створення картографічного атласу

Предмет дослідження - методика та засоби створення атласу наслідків виверження вулкану за даними ДЗЗ

Об'єкт дослідження - створення картографічних атласів наслідків надзвичайних подій викликаних виверженням вулканів

Схема основних етапів роботи



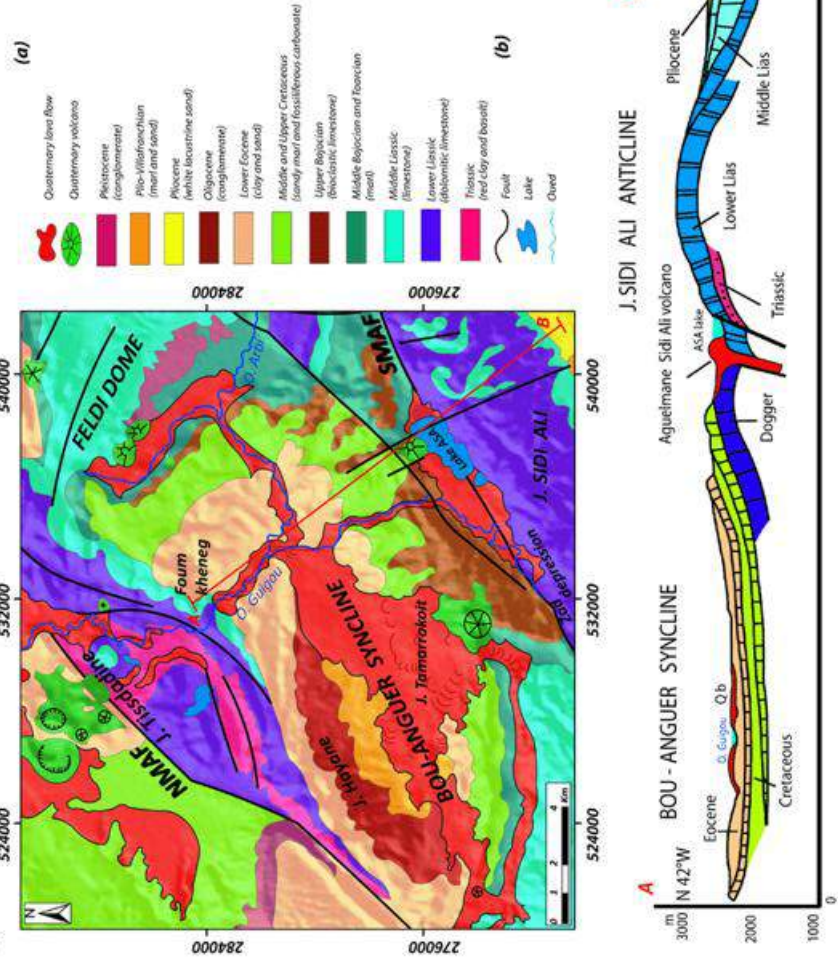
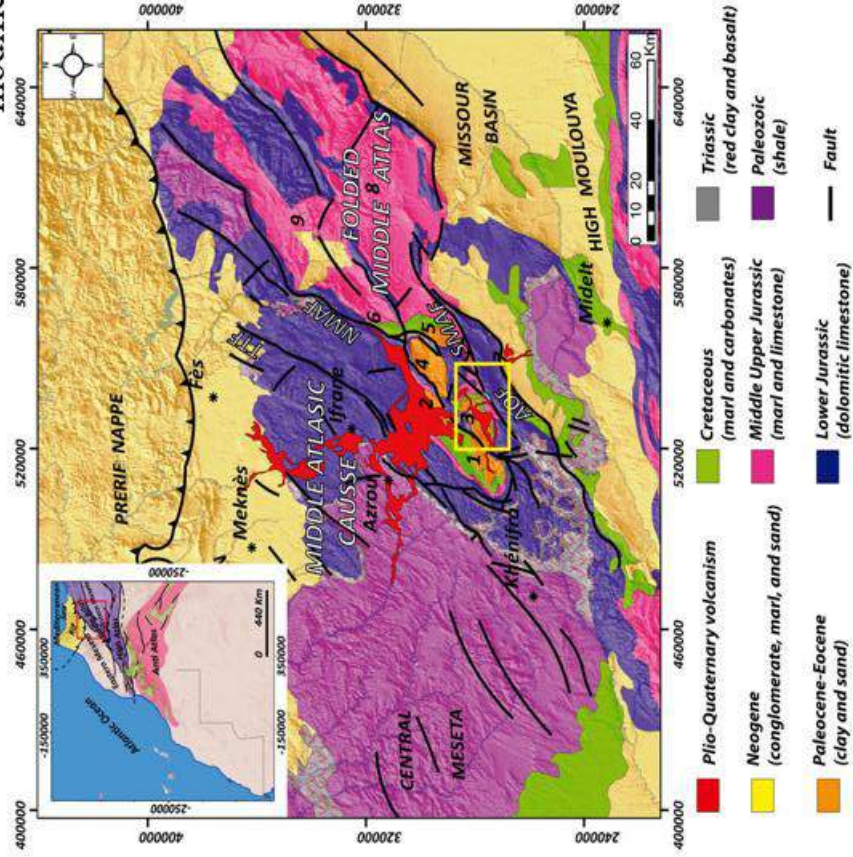
Вибір програмного забезпечення

Програма		
Категорія		
Векторизація	+	+
Прив'язка	+	+
Трасировка	+	+
Помірні вимоги до апаратного забезпечення	+	+
Розширений інтерфейс	+	-



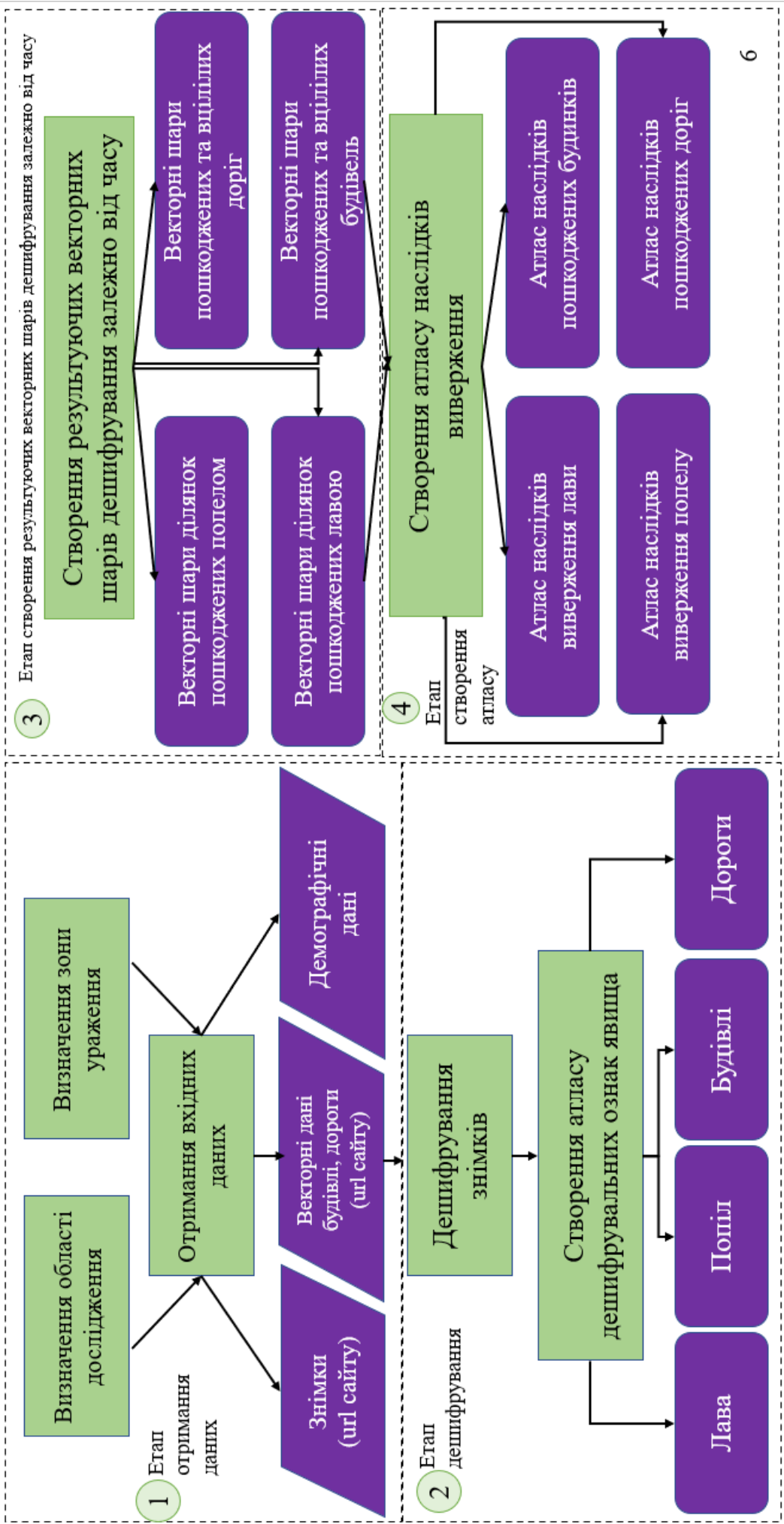
Аналіз предметної області

https://www.researchgate.net/figure/Structural-map-of-the-Middle-Atlas-with-the-location-of-the-volcanic-field-modified_fig1_338103813

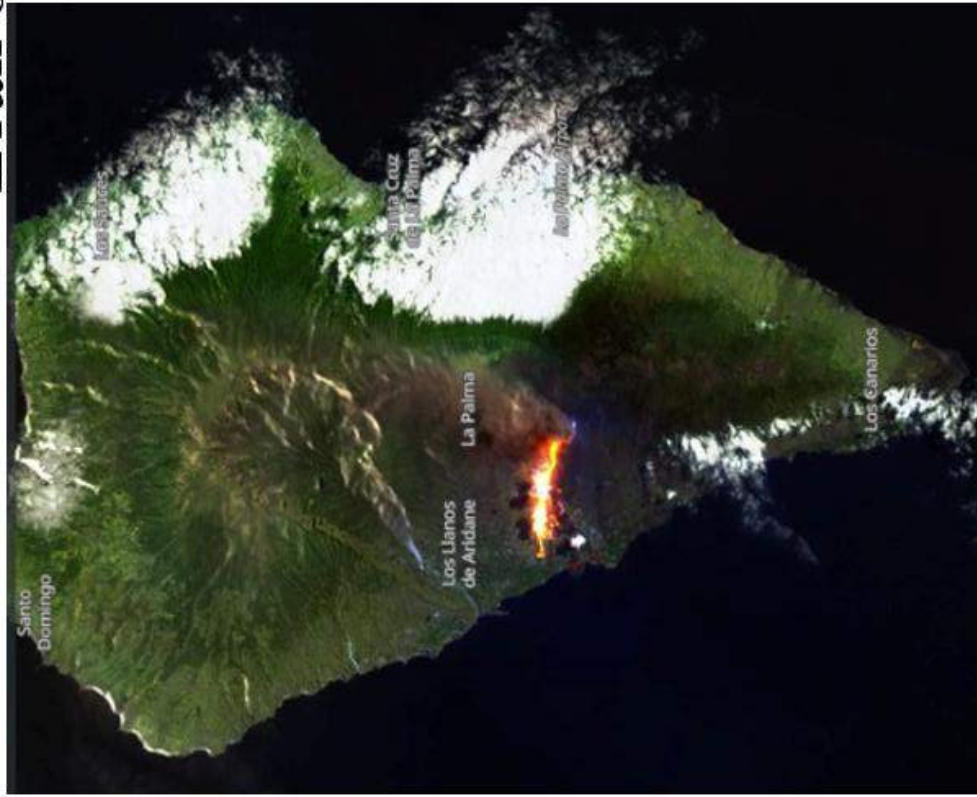


Приклади атласів вулканічних наслідків

Схема методики створення атласу виверження вулкану



Етап отримання даних



Космічний знімок Sentinel-2 L2A

[EMSR546] La Palma: Grading Product, Monitoring 63, version 1, release 1, Vector Package

Published: 2021-12-18 14:24:51 (UTC)
Product version: v1

Downloadable Items

PDF: 200 DPI
JPEG: 200 DPI
vector package: ZIP

[EMSR546] La Palma: Grading Product, Monitoring 63, version 1, release 1, RTP Map #01

Published: 2021-12-18 14:24:14 (UTC)
Product version: v1

Downloadable Items

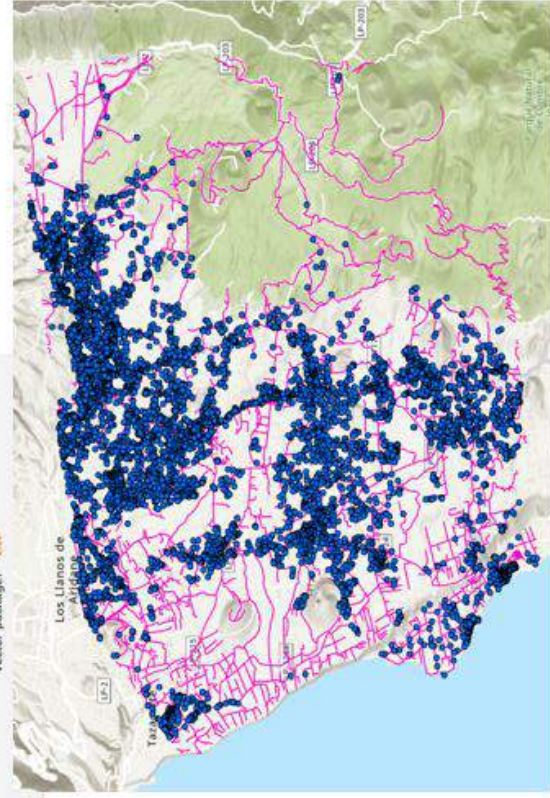
PDF: 200 DPI
JPEG: 200 DPI
vector package: ZIP

[EMSR546] La Palma: Grading Product, Monitoring 63, version 1, release 1, RTP Map #02

Published: 2021-12-18 14:24:13 (UTC)
Product version: v1

Downloadable Items

PDF: 200 DPI
JPEG: 200 DPI
vector package: ZIP







Vector 6 24/09/21

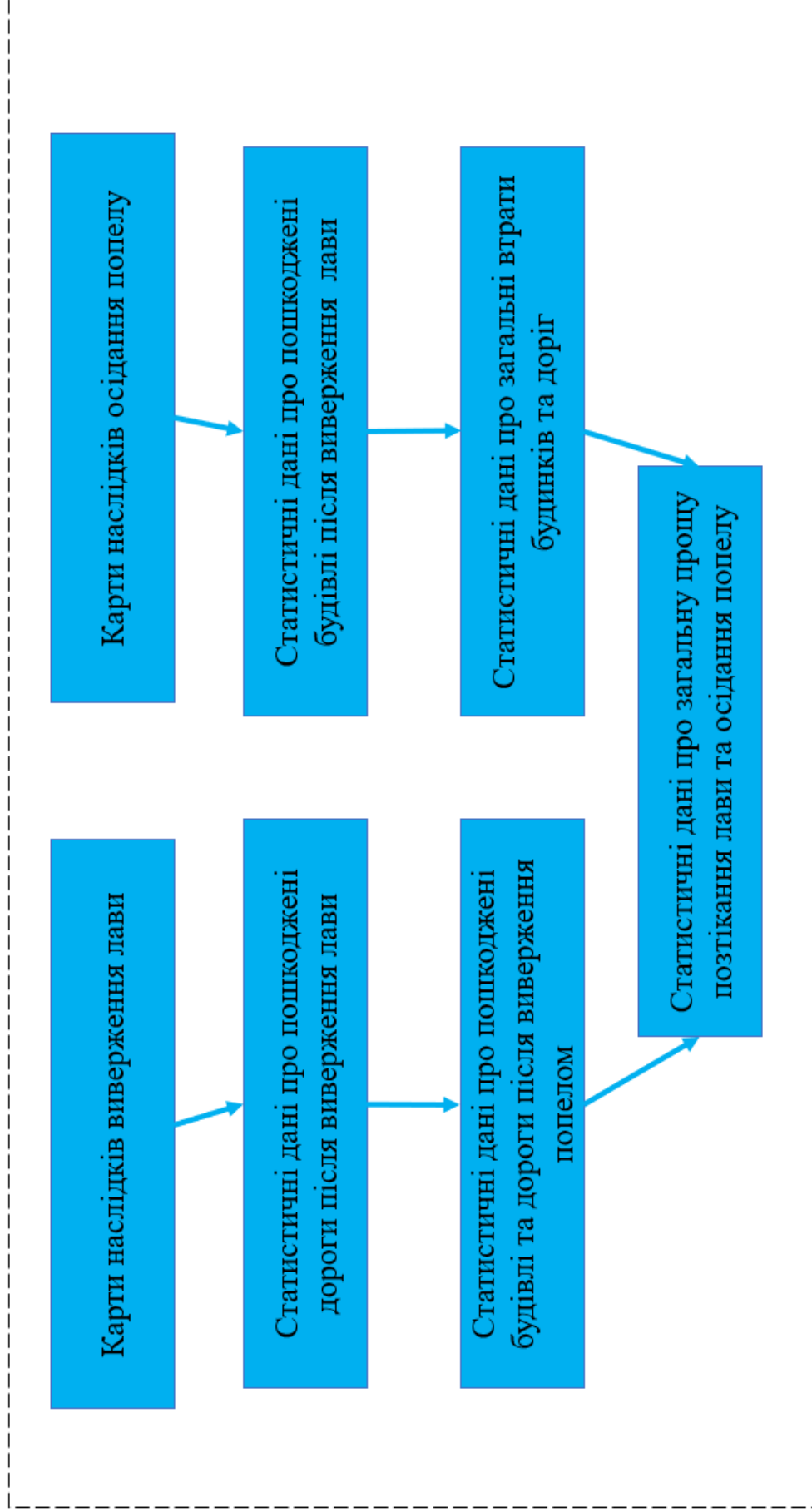
- built
- transportation
- areaOfInterest
- observedEvent

Вхідні векторні дані

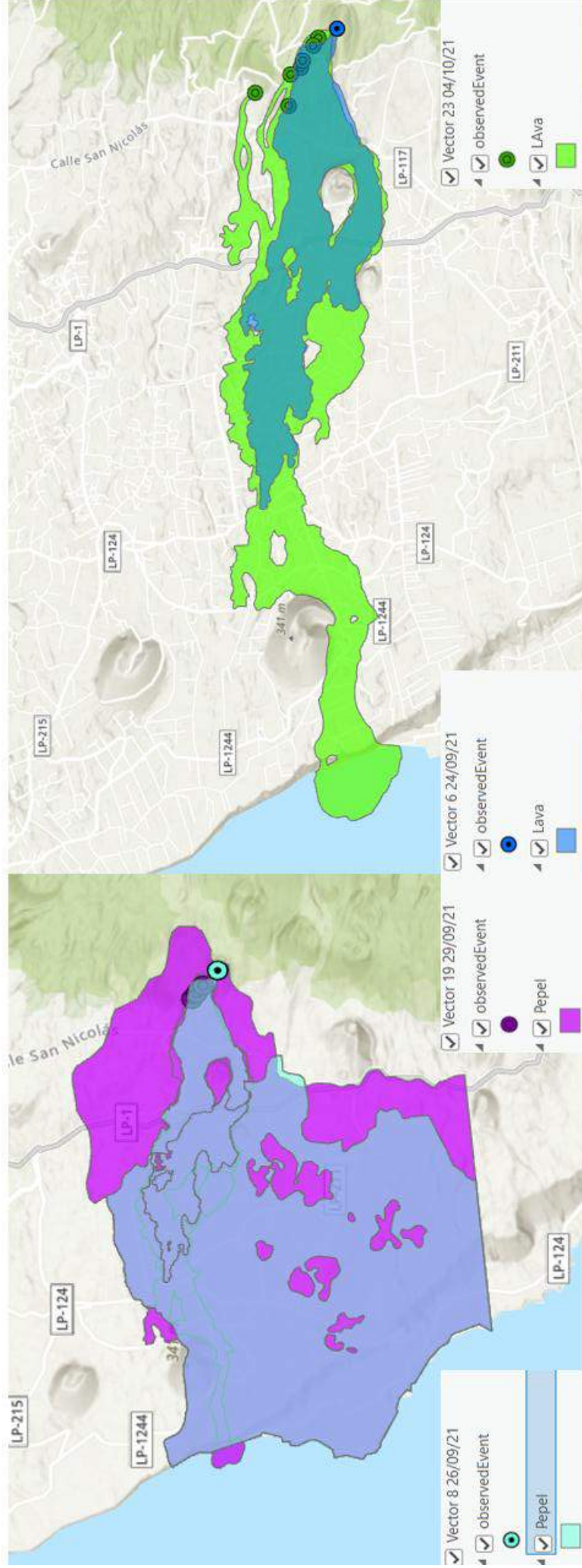
Етап дешифрування

Об'єкт	Форма Контур	Розмір Тінь	Колір Фотогон	Текстура Непрямі ознаки	Приклад знімку
Попіл	Неясна, не чіткий	12x16	Світло- сірий	Плямиста, схожі на хмари, але мають сіруватий відтінок	
Розпечена лава	Виягнута, чіткий	15x12	Жовтий, сірий, білий	Смугаста, насичений помаранчевий колір з димом	
Застигла лава	Виягнута, чіткий	10x16	Сірий	Паралельно- смугаста, наявні потоки лави від жерла вулкану	
Зруйнований будинок	Прямокутна, чітка	8x10, тінь наявна	Сірий, білий	Однорідна, знаходиться в зоні, де був лавовий ПОТОК	

Структурна схема атласу



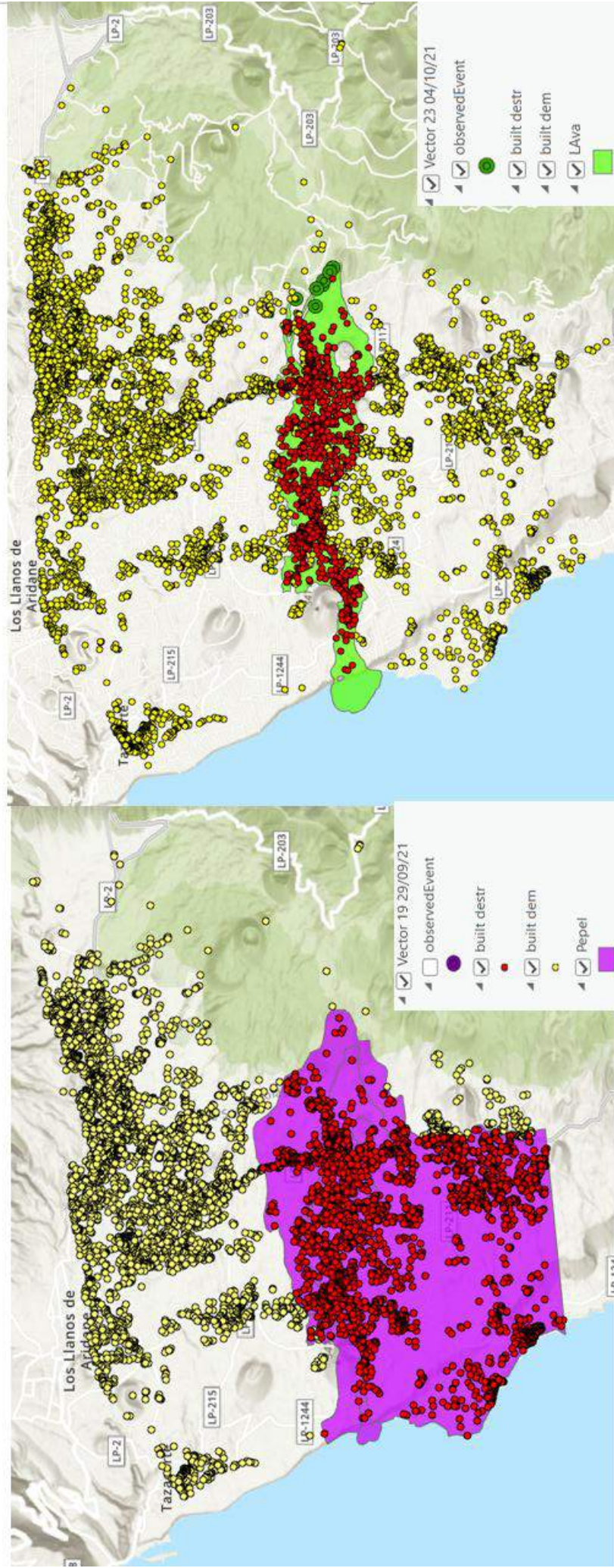
Етап створення результуючих векторних шарів дешифрування залежно від часу



Наслідки осаду попелу

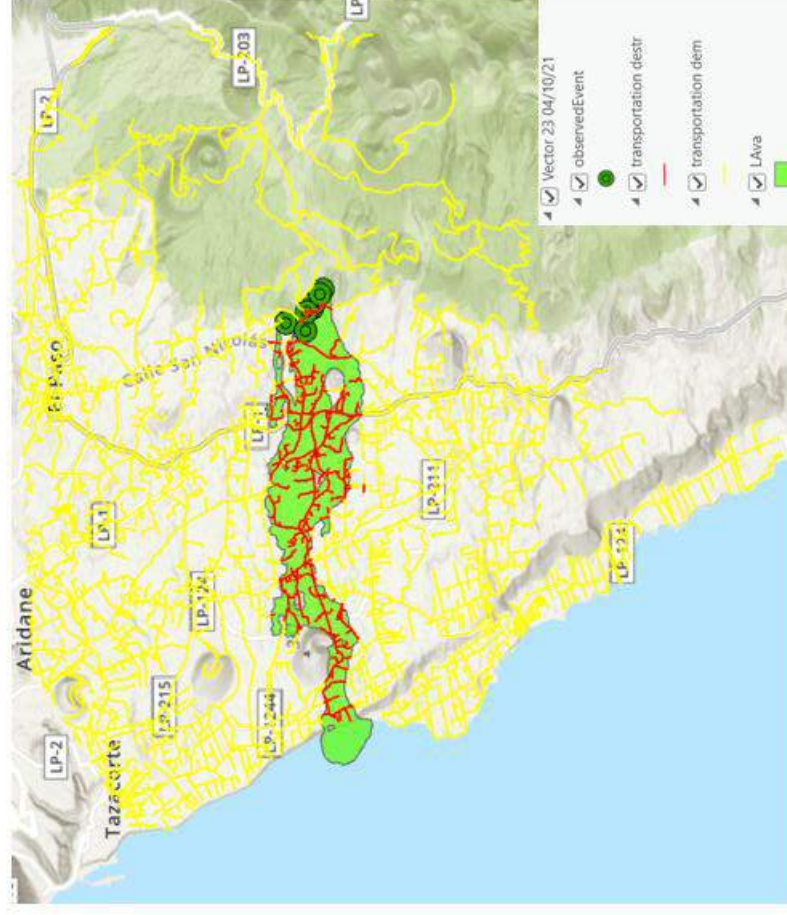
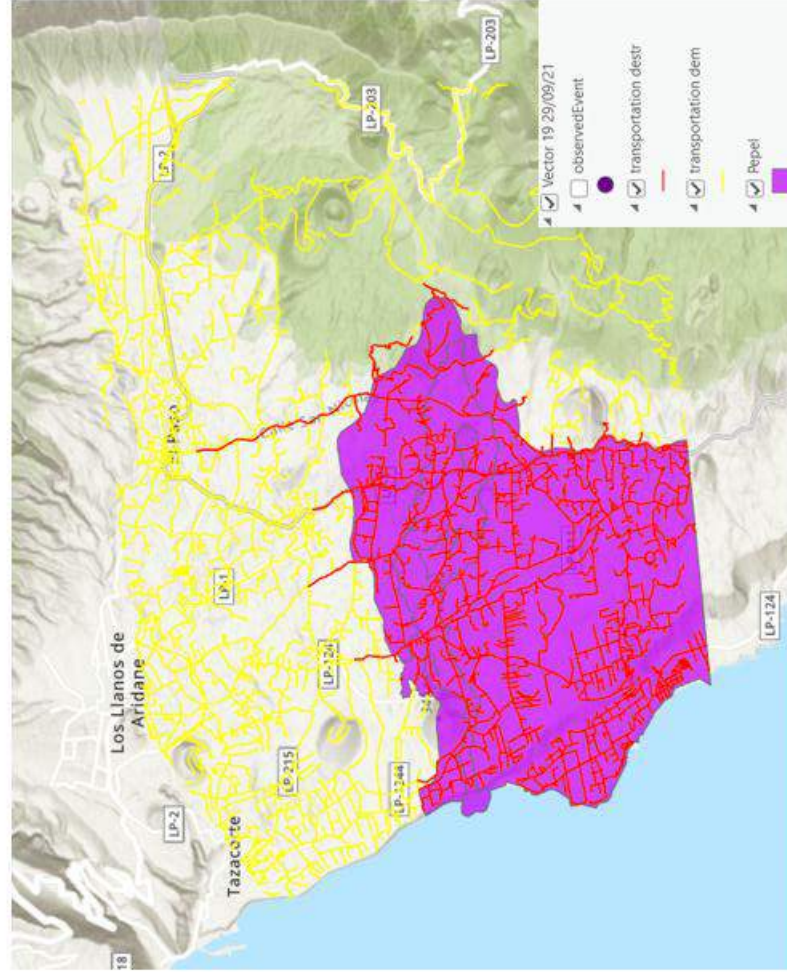
Наслідки розтікання лави

Етап створення результуючих векторних шарів дешифрування залежно від часу



Векторні шари пошкоджених та вцілілих будівель











Етап створення результуючих векторних шарів дешифрування залежно від часу



Векторні шари пошкоджених та вцілілих дорог











Етап створення атласу

Атлас наслідків виверження лави

Вектор	Дата та площа розповсюдження лави	Вектор	Дата та площа розповсюдження лави
	24.09.2021 190.69га		04.10.2021 434.69га
	25.09.2021 212.07га		13.10.2021 680.43га
	26.09.2021 232.24га		15.10.2021 732.54га
	27.09.2021 257.97га		16.10.2021 753.78га
	28.09.2021 267.46га		18.10.2021 811.83га











Етап створення атласу

Атлас наслідків виверження лави

Вектор	Дата та площа розповсюдження лави	Вектор	Дата та площа розповсюдження лави
	22.10.2021 859.02га		27.10.2021 911.59га
	23.10.2021 889.02га		29.10.2021 941.53га
	24.10.2021 901.16га		30.10.2021 970.02га
	25.10.2021 903.66га		02.11.2021 987.86га
	26.10.2021 906.77га		04.11.2021 989.02га







Етап створення атласу

Атлас наслідків виверження лави

Вектор	Дата та площа розповсюдження лави	Вектор	Дата та площа розповсюдження лави
	06.11.2021 992.38га		15.11.2021 1042.07га
	07.11.2021 993.68га		21.11.2021 1065.90га
	09.11.2021 994.56га		25.11.2021 1094.68га
	12.11.2021 1018.95га		01.12.2021 1163.68га
	14.11.2021 1024.39га		03.12.2021 1139.68га








Етап створення атласу

Атлас наслідків виверження лави

Вектор	Дата та площа розповсюдження лави	Вектор	Дата та площа розповсюдження лави
	04.12.2021 1180.73га		12.12.2021 1226.79га
	06.12.2021 1212.27га		15.12.2021 1237.30га
	10.12.2021 1223.49га		18.12.2021 1241.08га


Етап створення атласу

Атлас наслідків осідання попелу

Вектор	Дата та площа розповсюдження попелу	Вектор	Дата та площа розповсюдження попелу
	26.09.2021 1313.86га		01.10.2021 3304.49га
	27.09.2021 1505.63га		05.10.2021 4817.61га
	29.09.2021 1671.33га		08.10.2021 5518.06га
	01.10.2021 3172.93га		

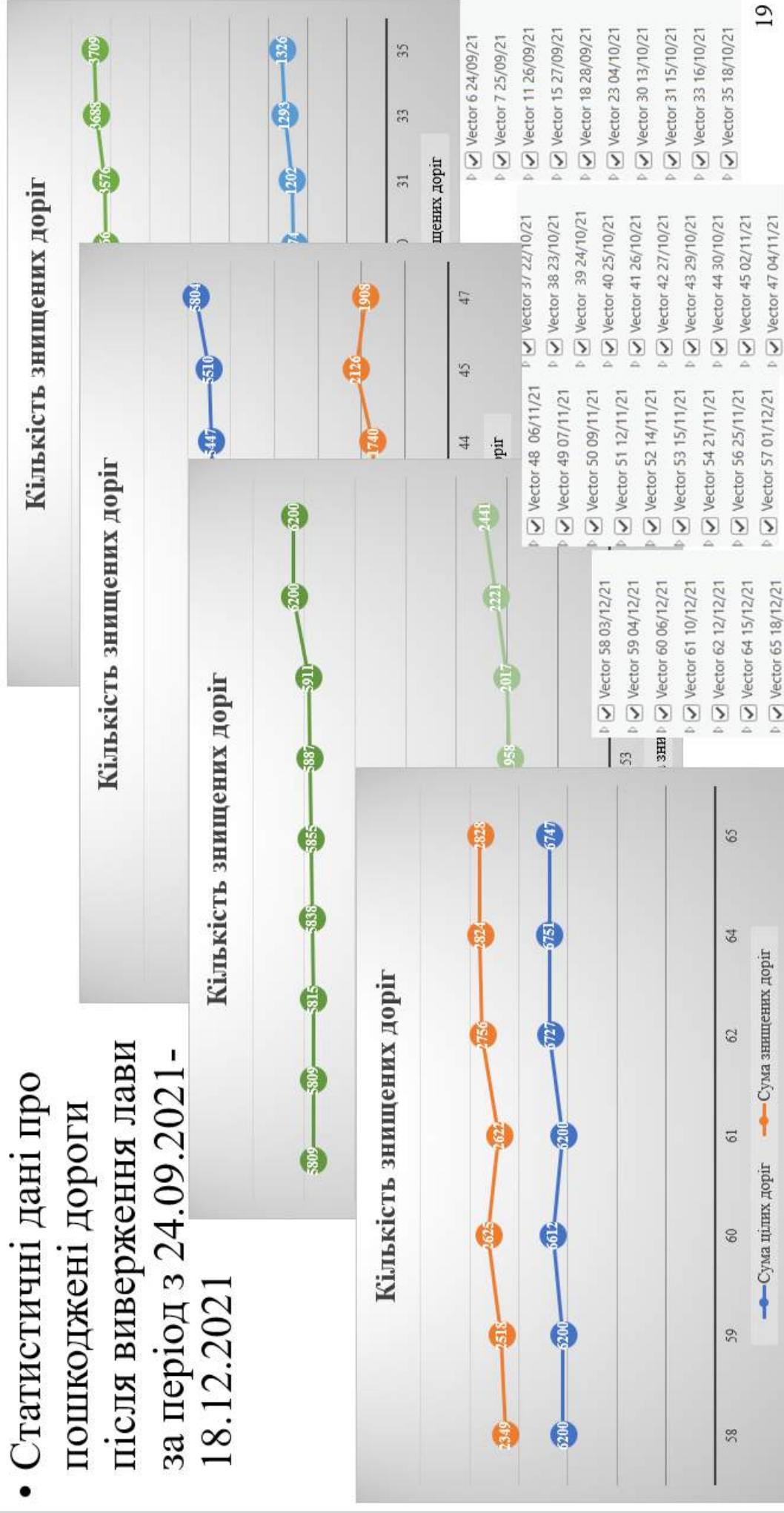
Етап створення атласу

Атлас наслідків осідання попелу

Вектор	Дата та площа розповсюдження попелу	Вектор	Дата та площа розповсюдження попелу
	09.10.2021 5576.19га		21.10.2021 6797.81га
	16.10.2021 5341.42га		03.11.2021 6709.37га
	17.10.2021 6536.98га		23.11.2021 6622.49га

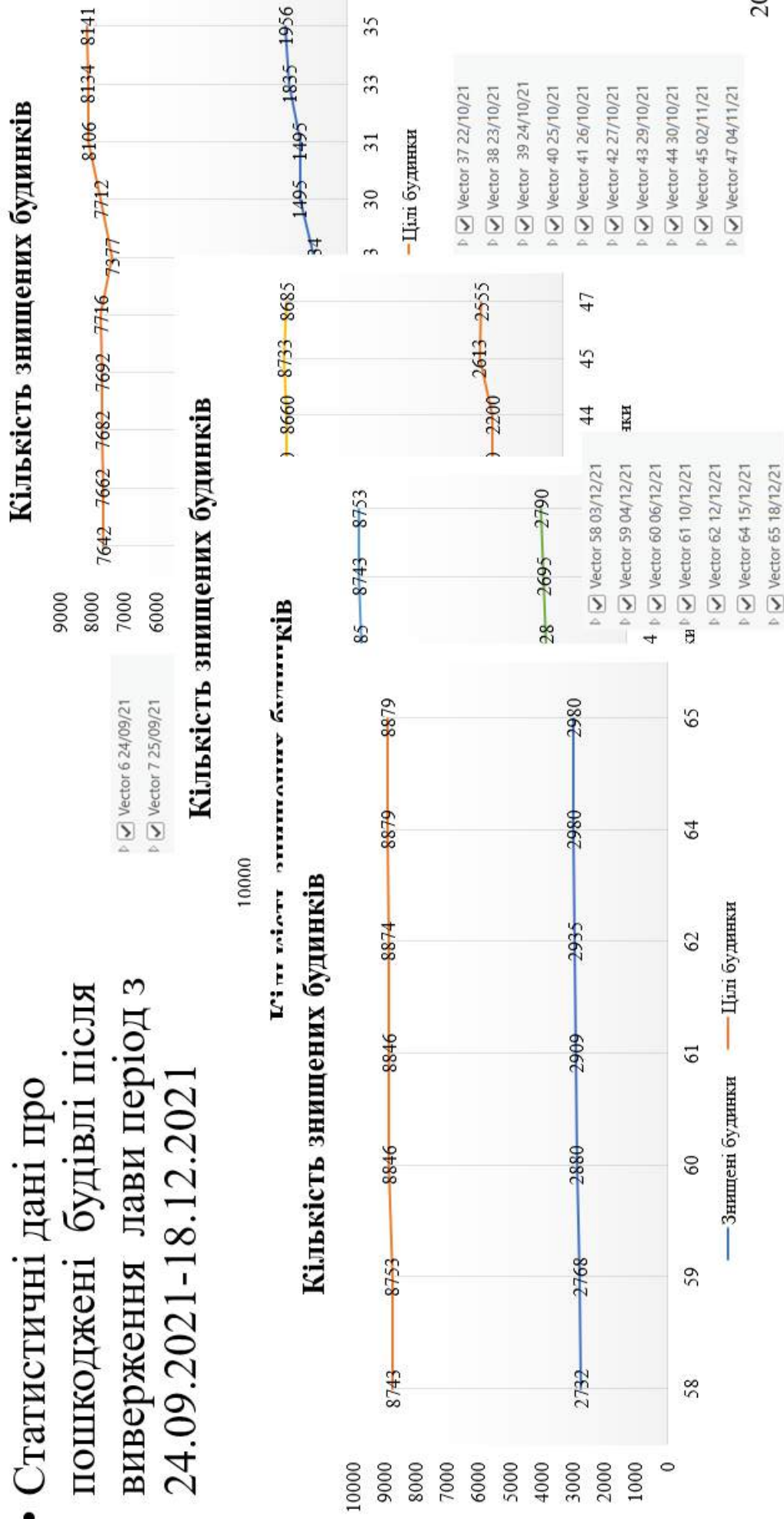
Етап підрахунку статистичних даних

- Статистичні дані про пошкоджені дороги після виверження лави за період з 24.09.2021-18.12.2021



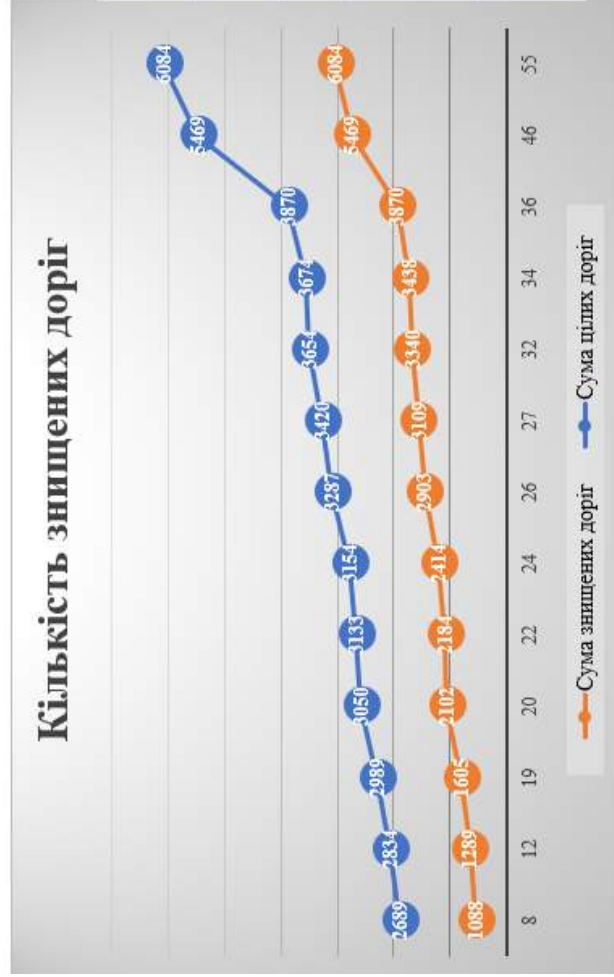
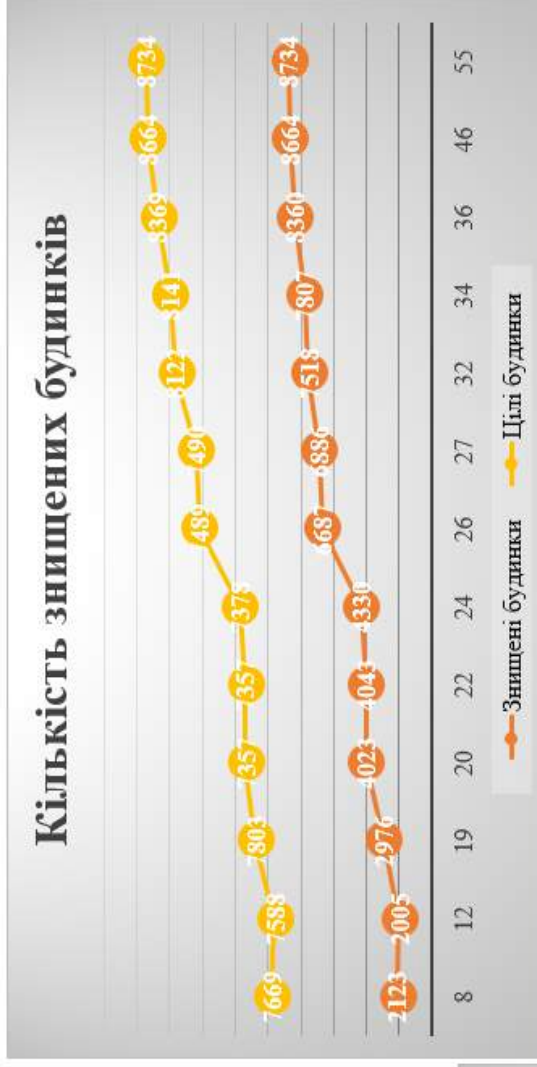
Етап підрахунку статистичних даних

- Статистичні дані про пошкоджені будівлі після виверження лави період з 24.09.2021-18.12.2021



Етап підрахунку статистичних даних

- Статистичні дані про пошкоджені будівлі та дороги після виверження попелом період з 26.09.2021-23.11.2021



Кількість знищених доріг	Кількість знищених будинків	Vector
2828	2980	Vector 8 26/09/21
6084	8734	Vector 12 27/09/21
		Vector 19 29/09/21
		Vector 20 01/10/21
		Vector 22 01/10/21
		Vector 24 05/10/21
		Vector 26 08/10/21
		Vector 27 09/10/21
		Vector 32 16/10/21
		Vector 34 17/10/21
		Vector 36 21/10/21
		Vector 46 03/11/21
		Vector 55 23/11/21

Лава 2828 2980

Попіл 6084 8734

Загальна площа розгрікання лави

Загальна площа осідання попелу

1241.076028м² 6797.803м²

Висновки

- Виверження вулканів є вкрай непередбачуване явище, яке має дуже великі наслідки як для людей так і для природи. Основні наслідки це: зруйновані будинки лавою, засипані попелом будинки, зруйновані дороги лавою , засипані попелом дороги.
- Дослідники виявили три легко вимірні параметри, які значно покращать оцінки ризиків та профілактичних заходів щодо пробудження вулканів. Ці параметри: висота вулкану, глибини шару породи, що відокремлює магматичну камеру від поверхні, середньому хімічному складі магми.
- Розроблена методика створення атласу наслідків виверження вулкану за розповсюдження лави та попелу, також зруйнованих дорог та будинків за даними ДЗЗ.
- В результаті був створен атлас наслідків виверження вулкану Кумбре-В'єха на острові Ла Пальма за даними дистанційного зондування Землі було визначено найбільша область постраждалих ділянок будинків та доріг. Було відвекторизовано знімки за період виверження з 24.09.2021 по 25.12.2021 за допомогою програмного забезпечення ArcGIS Pro. За отриманими даними були побудовані графіки та створений атлас наслідків виверження.