

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
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр
(освітній ступінь)

на тему «Методика визначення зон штормових нагонів води з використанням ГІС»

ХАІ.407.462м.24О193.1804027 ПЗ

Виконав: студент(ка) 2 курсу групи № 462м

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
(код та найменування)

Освітня програма Геоінформаційні системи та технології

(найменування)

Долматова М. С.

(прізвище та ініціали студентки)

Керівник: Горелик С. І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Полупан А. В.

(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 бакалавр
 Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
 Освітня програма Геоінформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Станіслав ГОРЕЛИК

(підпис) (прізвище та ініціали)

« 23 » ЖОВТНЯ 20 23 року

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

Долматова Марія Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи Методика визначення зон штормових нагонів води з використанням ГІС

керівник кваліфікаційної роботи Горелик Станіслав Ігорович, к.т.н, доц. каф. 407
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 2000-уч від «15» 11 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 11.01.2024

3. Вихідні дані до роботи:

1) Відкриті данні «SRTM»

2) Геоінформаційне програмне забезпечення (пакет ArcGIS Pro 3.1)

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

Вступ. Аналіз методик визначення зон ймовірного затоплення з використанням гіс технологій. Генезис морських хвиль, їх утворення та класифікації. Штормові нагони їх генезис та методика дослідження. Попередні затоплення міста Одеса. Аналіз застосування даних дистанційного зондування Землі для дослідження штормових нагонів. Практична частина. Методика визначення зон штормових нагонів води з використанням ГІС. Отримання шару з висотними відмітками. Створення шарів з різною вистою хвилі для м. Одеса в програмі ArcGIS Pro. Перевірка актуальності методики. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Гістограма відношення площі затоплення до загальної площі міста Одеса. Карта площі затоплення штормовою хвилею м. Одеса. Карти площі затоплення штормовими хвилями висотою 1, 3 та 6 метрів м. Одеса. Діаграма затоплення районів міста.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Горелик С.І.	23.10.2023	11.01.2024
	<i>к.т.н., доц., зав. каф. 407</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. «16» 01 2024 р.

7. Дата видачі завдання 23.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи
1	Аналіз застосування даних дистанційного зондування Землі для дослідження зон затоплення	23.10.23–30.10.23
2	Актуальність методики визначення зон ймовірного затоплення засобами ГІС	31.10.23–08.11.23
3	Пошук та завантаження вхідних даних	09.11.23–16.11.23
4	Аналіз геоінформаційного програмного забезпечення ArcGIS	17.11.23–21.11.23
5	Розробка методики визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних систем	22.11.23–30.11.23
6	Практичне застосування методики	01.12.23–27.12.23
7	Написання пояснювальної записки	28.12.23–11.01.24

Студентка

_____ Марія ДОЛМАТОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник дипломної
(кваліфікаційної) роботи

_____ Станіслав ГОРЕЛИК
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної бакалаврської роботи містить: 61 сторінки, 59 рисунків, 1 таблицю, 15 посилань на використану літературу.

Об'єкт дослідження: процес визначення зон ймовірних затоплень штормовими нагонами за допомогою ГІС.

Предмет дослідження: методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних систем.

Ціль роботи: підвищення точності визначення ймовірних зон затоплення штормовими хвилями за рахунок використання геоінформаційних технологій.

Методи дослідження: використання функцій та методів програмного пакету ArcGIS Pro 3.1.

Визначення зон ймовірного затоплення штормовою хвилею має велике значення з погляду безпеки населення, захисту інфраструктури та природних ресурсів. Штормові хвилі можуть призводити до руйнувань інфраструктури, такої як дороги, мости, електропостачання та інші об'єкти. Зазначення зон затоплення допомагає врахувати ці ризики при плануванні та будівництві, що сприяє сталому розвитку.

З урахуванням змін клімату, що призводять до збільшення інтенсивності та частоти штормових подій, важливо адаптувати інфраструктуру та суспільство до цих змін. Визначення зон затоплення є ключовим елементом стратегій кліматичної адаптації. Сучасні технології ГІС дозволяють отримувати точні та деталізовані дані для моделювання розподілу води внаслідок штормів. Інтеграція різноманітних даних, таких як геодезичні дані, рельєф та інші параметри, дозволяє створити точні та надійні моделі.

В результаті дипломної роботи було розроблено методику автоматичного визначення зон затоплення. Було визначено зони затоплення міста Одеса та виявлено найбільш схильний до затоплення район міста.

Ключові слова: ГІС, ШТОРМОВИЙ НАГІН, МОНІТОРИНГ, ДЗЗ, ARCGIS, ЗАТОПЛЕННЯ, МАПА ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ

ABSTRACT

Calculation and explanatory note for the course work: 61 pages, 59 drawings, 1 table, 15 references to the literature used.

The object of the study: the process of determining the zones of probable flooding by storm surges using GIS.

The subject of the study: the method of determining the zones of storm surges of water using geoinformation systems.

The goal of the work: to increase the accuracy of determining probable zones of inundation by storm waves due to the use of geoinformation technologies.

Research methods: using the functions and methods of the ArcGIS Pro 3.1 software package.

Determining areas likely to be inundated by a storm surge is of great importance from the point of view of public safety, protection of infrastructure and natural resources. Storm surges can destroy infrastructure such as roads, bridges, power lines, and other facilities. Designation of flood zones helps to take these risks into account in planning and construction, which promotes sustainable development.

With climate change leading to increased intensity and frequency of storm events, it is important to adapt infrastructure and society to these changes. Determining flood zones is a key element of climate adaptation strategies. Modern GIS technologies allow obtaining accurate and detailed data for modeling the distribution of water due to storms. The integration of various data, such as geodetic data, topography and other parameters, allows you to create accurate and reliable models.

As a result of the diploma work, a method of automatic identification of flood zones was developed. The flood zones of the city of Odesa were identified and the most flood-prone district of the city was identified.

Keywords: GIS, STORM SLOPE, MONITORING, DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH, ARCGIS, FLOODING, MAP OF FLOODING ZONES

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ЙМОВІРНОГО ЗАТОПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ.....	9
1.1. Генезис морських хвиль, їх утворення та класифікації.....	9
1.2. Штормові нагони їх генезис та методика дослідження.....	14
1.3. Попередні затоплення міста Одеса	16
1.4. Аналіз застосування даних дистанційного зондування Землі для дослідження штормових нагонів	22
1.5. Етапи первинної обробки даних дистанційного зондування Землі.....	24
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ШТОРМОВИХ НАГОНІВ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС	27
2.1. Отримання шару з висотними відмітками	27
2.2. Створення шарів з різною вистою хвилі для м. Одеса в програмі ArcGIS Pro	37
2.3. Перевірка актуальності методики.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТОК А Плакат за темою кваліфікаційної роботи	63
ДОДАТОК Б Презентація за темою кваліфікаційної роботи	64

ВСТУП

В сучасному світі науково-дослідницькі дослідження в області стихійних явищ, зокрема штормових нагонів води, знаходять особливий інтерес та актуальність. Зростання частоти та інтенсивності природних стихійних подій, пов'язаних із змінами клімату, робить надзвичайно важливими вивчення та передбачення можливих наслідків таких явищ для безпеки населення та інфраструктури.

Однією з ключових аспектів у дослідженні штормових нагонів води є розробка ефективних методик визначення зон ризику. Використання Географічних Інформаційних Систем (ГІС) у цьому контексті виявляється надзвичайно перспективним, оскільки дозволяє поєднати просторовий аналіз, обробку геопросторової інформації та моделювання для отримання точних та надійних результатів.

Актуальність даної дипломної роботи обумовлена низкою суттєвих факторів у сучасному науковому та соціальному контексті.

По-перше, зміни клімату призводять до зростання частоти та інтенсивності природних стихійних явищ, зокрема, штормових нагонів води. Ретельне дослідження цих явищ є критичним для розуміння та адаптації до їхніх можливих впливів на навколишнє середовище та суспільство.

По-друге, зростання населення та урбанізація прибережних зон створюють збільшені ризики для людей та інфраструктури. Розробка ефективних методик визначення зон ризику є необхідною для раціонального планування та мінімізації можливих негативних наслідків.

По-третє, швидкий розвиток технологій ГІС надає унікальні можливості для збору, обробки та аналізу геопросторової інформації. Дипломна робота спрямована на використання сучасних методів ГІС для точного та ефективного визначення зон штормових нагонів води, що стає надзвичайно актуальним в контексті підвищених природних ризиків.

Отже, дана дипломна робота вкладається в актуальний науковий діалог, сприяючи розумінню та ефективному управлінню природними небезпеками, що стають більш актуальними у сучасному глобальному вимірі. Мета даної роботи полягає у підвищенні точності визначення ймовірних зон затоплення штормовими хвилями за рахунок використання геоінформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети було виділено наступні завдання:

1. Проведення аналізу існуючих методик визначення зон ймовірного затоплення з використанням ГІС технологій;
2. Визначення необхідних вхідних даних для дослідження;
3. Розробка методики визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних технологій;
4. Практична реалізація розробленої методики на прикладі міста Одеса.

Об'єкт дослідження: процес визначення зон ймовірних затоплень штормовими нагонами за допомогою ГІС.

Предмет: методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних систем.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ЙМОВІРНОГО ЗАТОПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Генезис морських хвиль, їх утворення та класифікації

Хвилі, які ми звикли бачити на поверхні моря, утворюються головним чином під дією вітру. Однак хвилі можуть виникати і з інших причин, вони тоді називаються:

- припливні, що утворюються під дією припливоутворюючих сил Місяця та Сонця;
- баричні, що виникають при різких змінах атмосферного тиску;
- сейсмічні (цунамі), що утворюються в результаті землетрусу або виверження вулканів;
- корабельні, що виникають під час руху судна.

Вітрові хвилі є переважаючими на поверхні морів та океанів. Хвилі припливні, сейсмічні, баричні та корабельні істотного впливу на плавання суден у відкритому океані не надають. Вітрове хвилювання – один з основних гідрометеорологічних факторів, що визначають безпеку та економічну ефективність мореплавання, оскільки хвиля, набігаючи на судно, обрушується на нього, розгойдує, б'є в борт, заливає палуби та надбудови, зменшує швидкість ходу. Качка створює небезпечні крени, ускладнює визначення місця судна і сильно виснажує команду. Крім втрати швидкості, хвилювання викликає нищпорення та ухилення судна із заданого курсу, і для утримання його потрібна постійна перекладка керма.

Вітровим хвилюванням називається процес формування, розвитку та поширення викликаних вітром хвиль на поверхні моря. Вітровому хвилюванню притаманні дві основні риси. Перша риса – нерегулярність: невпорядкованість розмірів та форм хвиль. Одна хвиля не повторює іншу, за великою може йти мала, а може і ще більша; кожна окрема хвиля постійно змінює свою форму. Гребні хвиль переміщуються не тільки у напрямі вітру, а й у інших напрямках.

Така складна структура обуреної поверхні моря пояснюється вихровим, турбулентним характером вітру, що утворює хвилі. Друга риса хвилювання полягає у швидкій мінливості його елементів у часі та просторі та пов'язана також з вітром. Однак розміри хвиль залежать не тільки від швидкості вітру, важливе значення має тривалість його дії, площа та конфігурація водної поверхні. Вивчення хвилювання зводиться до виявлення статистичних закономірностей, які чисельно виражаються залежностями між елементами хвиль і визначальними чинниками.

Кожна хвиля характеризується певними елементами, загальними елементами хвиль є (рис. 1.1):

- вершина – найвища точка гребня хвилі;
- підосва – найнижча точка улоговини хвилі;
- висота (h) – перевищення вершини хвилі;
- довжина (λ) – горизонтальна відстань між вершинами двох суміжних гребнів на хвильовому профілі, проведеному в генеральному напрямку поширення хвиль;
- Період (T) – інтервал часу між проходженням двох суміжних вершин хвиль через фіксовану вертикаль; іншими словами, це проміжок часу, протягом якого хвиля проходить відстань, що дорівнює своїй довжині;
- крутість (ϵ) – відношення висоти даної хвилі до її довжини. Крутизна хвилі у різних точках хвильового профілю різна.

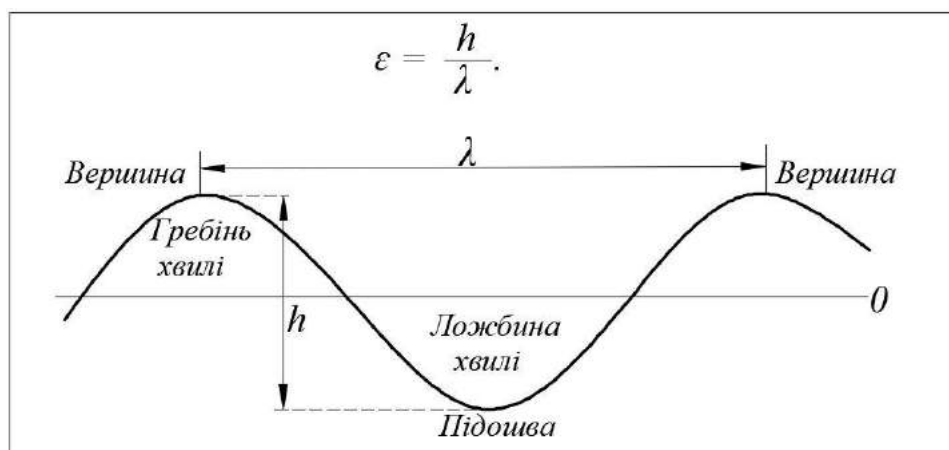


Рисунок 1.1 – Основні елементи хвилі

Для практики важливе значення має найбільший ухил, який приблизно дорівнює відношенню висоти хвилі до її напівдовжини (1).

$$\delta_g = \frac{h}{\frac{\lambda}{2}}; \quad (1)$$

- швидкість хвилі (3) – швидкість переміщення гребня хвилі у напрямку її поширення, що визначається за короткий інтервал часу порядку періоду хвилі;

- фронт хвилі – лінія на плані схвильованої поверхні, що проходить по вершинах гребня даної хвилі, які визначаються по безлічі хвильових профілів, проведених паралельно генеральному напрямку поширення хвиль.

Залежно від умов утворення та поширення вітрові хвилі можна поділити на чотири типи.

Вітрові – система хвиль, що знаходиться в момент спостереження під впливом вітру, яким вона викликана. Напрями поширення вітрових хвиль і вітру на глибокій воді зазвичай збігаються або ж відрізняються не більше ніж на чотири румби (45 °).

Вітрові хвилі характерні тим, що підвітряний схил їх крутіший, ніж навітряний, тому верхівки гребнів зазвичай завалюються, утворюючи піну, або навіть зриваються сильним вітром. При виході хвиль на мілководді та підході їх до берега напрями поширення хвиль та вітру можуть відрізнятися більш ніж на 45 °.

Зиб — спричинені вітром хвилі, що розповсюджуються в області хвилеутворення після ослаблення вітру та/або зміни його напрямку, або спричинені вітром хвилі, що прийшли з області хвилеутворення в іншу область, де віє вітер з іншою швидкістю та/або іншим напрямом. Індивідуальний випадок зибі, що розповсюджується за відсутності вітру зветься мертвої хиби.

Змішані – хвилювання, що утворюється в результаті взаємодії вітрових хвиль та хибу.

Трансформація вітрових хвиль – зміна структури вітрових хвиль за зміни глибини. У цьому випадку форма хвиль спотворюється, вони стають крутішими і коротшими і при невеликій глибині, що не перевищує висоти хвилі, гребні останніх перекидаються, і хвилі руйнуються.

За своїм зовнішнім виглядом вітрові хвилі характеризуються різними формами.

Ряб – початкова форма розвитку вітрового хвилювання, що виникає під дією слабкого вітру; гребні хвиль при брижі нагадують луску.

Тривимірне хвилювання – сукупність хвиль, середня довжина гребня яких у кілька разів перевищує середню довжину хвилі.

Регулярне хвилювання – хвилювання, в якому форма та елементи всіх хвиль однакові.

Товча – безладне хвилювання, що виникає внаслідок взаємодії хвиль, що біжать у різних напрямках.

Хвилі, що розбиваються над банками, рифами чи камінням, звуться бурунів. Хвилі, що обрушуються у прибережній зоні, називаються прибоєм. Біля крутих берегів і портових споруд прибій має форму скидання.

Хвилі на поверхні моря поділяються на вільні, коли сила, що викликала їх, припиняє діяти і хвилі вільно переміщуються, і вимушені, коли дія сили, що викликала утворення хвиль, не припиняється.

По мінливості елементів хвиль у часі їх поділяють на які встановилися, тобто, вітрове хвилювання, у якому статистичні характеристики хвиль не змінюються у часі, і що розвиваються чи згасають – які змінюють свої елементи у часі.

За формою хвилі діляться на двомірні – сукупність хвиль, середня довжина гребня яких у багато разів більша за середню довжину хвиль, тривимірні – сукупність хвиль, середня довжина гребня яких у кілька разів перевищує довжину хвиль, і відокремлені, що мають тільки куполоподібний гребінь без подошви.

Залежно від відношення довжини хвилі до глибини моря хвилі поділяються на короткі, довжина яких значно менша за глибину моря, і довгі, довжина яких більша за глибину моря.

За характером переміщення форми хвилі вони бувають поступальні, у яких спостерігається видиме переміщення форми хвилі, і стоячі – переміщення, що не мають. По тому, як розташовуються хвилі, їх поділяють на поверхневі та внутрішні. Внутрішні хвилі утворюються на тій чи іншій глибині поверхні розділу між шарами води різної щільності [1].

1.2. Штормові нагони їх генезис та методика дослідження

За оцінками, близько 230 мільйонів людей на узбережжі світу піддаються прямому впливу певного рівня небезпеки штормового нагону внаслідок активності циклонів. Популяції, які найбільше піддаються ризику екстремальних рівнів моря, спричинених штормовими нагонами, - це ті, які проживають на низинних узбережжях [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Штормовий приплив, штормовий нагін води — підняття рівня води під дією штормової системи, зазвичай циклону [3]. Штормові нагони є явищем, коли вітер шторму дме великою кількістю води на узбережжя, що може призвести до підняття рівня моря та затоплення прибережних територій. Це стихійне явище може виникати внаслідок різних факторів, і методика їх дослідження включає в себе декілька аспектів. Виникнення штормових нагонів часто пов'язане із формуванням та рухом штормових систем, таких як урагани, циклони та тайфуни. Дослідження метеорологічних умов, що сприяють формуванню цих систем, важливе для передбачення можливості виникнення штормових нагонів (рис. 1.2).

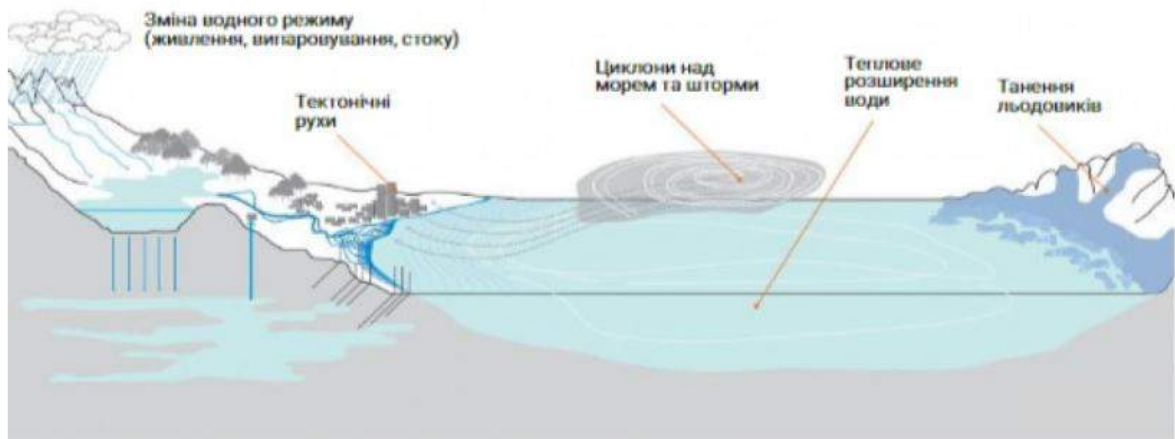


Рисунок 1.2. – Вплив природних факторів на рівень водних об’єктів

Географічні особливості берегової лінії можуть впливати на розподіл штормових нагонів. Затоплення може бути більш вираженим в узких затоках, на низьких берегах тощо.

Одну з перших шкал для оцінки швидкості вітру та його впливу створив британський адмірал Френсіс Бофорт (1774-1857). Він розробив шкалу в 1805 році, щоб допомогти морякам оцінити вітри за допомогою візуальних спостережень. Шкала починається з 0 і доходить до 12. Шкала Бофорта все ще використовується сьогодні для оцінки сили вітру [4] (рис. 1.3).

Шкала Бофорта була розширена в 1946 році, коли були додані сили від 13 до 17. Однак сили 13–17 мали застосовуватися лише в особливих випадках, таких як тропічні циклони. Зараз розширена шкала використовується лише на Тайвані та материковому Китаї, які часто страждають від тайфунів. Інші регіони використовують шкалу ураганного вітру Саффіра-Сімпсона для подальшої класифікації швидкості вітру тропічного циклону [5].

Сила вітру, бали	Швидкість вітру, м/сек	Характеристика	Дія вітру	
0	< 0.3	Штиль	Дзеркальне море.	
1	0.3–1.5	Тихий	Ряб, піна на гребнях відсутня.	
2	1.6–3.4	Легкий	Рух повітря відчувається обличчям. Флюгер обертається.	
3	3.4–5.4	Слабкий	Майорять прапори.	
4	5.5–7.9	Помірний	Хвилі продовгуваті, видно білі барашки з піни.	
5	8.0–10.7	Свіжий	Розвинені у довжину, але не в висоту хвилі.	
6	10.8–13.8	Сильний	Починають утворюватися крупні хвилі.	
7	13.9–17.1	Міцний	На морі здіймаються хвилі, що піняться.	
8	17.2–20.7	Дуже міцний	Помірно високі хвилі.	
9	20.8–24.4	Шторм	Невеликі руйнування.	
10	24.5–28.4	Сильний шторм	Дуже високі хвилі з довгими згинаючими донизу гребнями. Утворюється піна.	
11	28.5–32.6	Жорстокий шторм	Виключно високі хвилі. Море вкрито довгими білими хлоп'ями з піни.	
12	≥ 32.7	Ураган	Повітря переповнено піною та бризками. Погана видимість.	

Рисунок 1.3 – Шкала Бофорта, що відображає силу вітру та наслідки його дії на воді

Шкала Бофорта залишається популярною та широко використовується в морській та авіаційній галузях для оцінки ступеня небезпеки та прийняття рішень щодо безпеки під час навігації відкритими водами.

1.3. Попередні затоплення міста Одеса

Аналіз попередніх затоплень служить важливим джерелом для розробки та валідації математичних моделей прогнозування повеней. Накопичені дані дозволяють покращити точність та надійність прогнозів, що сприяє ефективнішій підготовці та реагуванню на можливі кризові ситуації.

Так було знайдено данні за попередні затоплення міста:

1. 07.06.2013 р. – Одесу затопило через те, що зливка забита листям після урагану, який пронісся над Одесою увечері 31 травня. Насилу проїжджають трамваї, а на центральних вулицях міста води майже по коліно. "Пливуть" вулиці Балківська, Приморська, Чорноморського козацтва та Дерибасівська. А розритий котлован на Грецькій площі перетворився на болото (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Затоплення 7.06.2013 міста Одеса

2. 24.07.2014 р. – Злива в Одесі затопила дороги та під'їзди. Підсумком стихії став транспортний колапс у більшості районів. Так, сполучення між селищем Котовського та містом було фактично перервано. У районі пересипи кілометрові пробки, багато одесити паркують машини вздовж дороги та йдуть пішки по коліно у воді. Маршрутки, своєю чергою, відпускають пасажирів, трамваї не ходять.

3. 20.09.2016 – Потужний дощ накрив Одесу. Одесу у вівторок заливає дощем – у місті потоп та пробки, рух деяких трамваїв припинено, частина міста залишилася без електрики (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Затоплення 20.09.2016 міста Одеса

Сильний вітер повалив дерева та електрокабелі. Двоє людей загинули в результаті наїзду на повалені дерева. Третя жертва, як вважають, була молода дівчина, померла від ураження струмом через падіння кабелю живлення. У ДСНС повідомили, що під час негоди було повалено понад 80 дерев. За словами міського голови, загалом під час негоди було пошкоджено або повалено близько 1500 дерев [6].

4. 14.08.2017 р. – Найсильніша злива в Одесі. Затопило низку міських доріг. Машини плавали на Лузанівці, Пересипу та Середньофонтанській вулиці.

5. 03.08.2019 р. – Одесу затопило після потужної зливи Затоплено вулиці Балківська, Середньофонтанська, Приморська, "Привіз" та Аркадія. У районі Пересип зірвало люки. Через негоду повалено дерево, а під Одесою місцеві жителі бачили смерч. На багатьох вулицях рівень води дістає бамперів автомобілів (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Затоплення 20.09.2016 міста Одеса

6. 26.05.2020 р. – Одесу затопило ранковою зливою. Випало 18 мм опадів, що становить половину місячної норми. Стихія також повалила дерева та пошкодила рекламні конструкції. Найбільшого затоплення зазнали вулиці Приморська та Балківська. Через великий рівень води на дорогах автомобілі пробираються ними, наче човни.

7. 22.07.2021 р. – Одесу затопило після потужної зливи. Випала місячна норма дощу – 45 міліметрів опадів. Внаслідок нищівної зливи обвалилася стіна в районі Молдаванки. На вулицях Балківська та Приморська розвалився асфальт. Крім того, у 3 районах міста залило приватні будинки (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Затоплення 20.09.2016 міста Одеса

8. 22.06.2023 – Руйнування гідроелектростанції Каховської. У Чорному морі, ІЛ, забрудненому промислових підприємствах з водосховища Каховського та паливо з гідроелектричними електростанціями, потрапили в Чорне море. Сміття, залишки поселень регіону Херсон, шахт та трупів тварин були проведені на узбережжі Одеси. У сушильному водоймі почався шкідник риби, інші тварини, які там жили, також померли. Цілі місця проживання рідкісних тварин та птахів, таких як піщана сліпа, були затоплені, 58 захищених природних територій загрожували. Flotter -Beams, Cesspools та Stock ями розмиті, що може призвести до поширення інфекцій, включаючи холеру. Затоплені сховища токсичних відходів та добрив, а також поля, оброблені пестицидами; Це призведе до забруднення ґрунту та води. Без зрошення з водосховища сільськогосподарські поля на півдні "можуть перетворитися на пустелю". Затоплені сховища токсичних відходів та добрив, а також поля, оброблені пестицидами; Це призведе до забруднення ґрунту та води. Без зрошення з

водосховища сільськогосподарські поля на півдні "можуть перетворитися на пустелю" (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Затоплення 22.06.2023 міста Одеса

Виходячи з чисельності затоплень Одеси за 10 років у наслідок сильних дощів, можна прийти до висновку, що сезонні нагонні явища та шторми завдають суттєвих збитків місцевій інфраструктурі. Але не зупиняють життєдіяльність та функціонування міста в цілому.

1.4. Аналіз застосування даних дистанційного зондування Землі для дослідження штормових нагонів

Власне дистанційне зондування Землі визначають як процес або метод отримання інформації про об'єкт, ділянку поверхні або явище шляхом аналізу даних, зібраних без контакту з об'єктом, що вивчається, зазвичай у вигляді зображення земної поверхні у певних ділянках електромагнітного спектру [7].

На сучасний момент існує значна кількість різноманітних методів розшифрування космічних знімків, а також відповідні системи обробки та аналізу даних, такі як, наприклад, програми «ERDAS Imaging», «ERDAS ER Mapper», «ENVI», та «MultiSpec».

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, досягнення в сфері повної автоматизації розшифрування, яке передбачає виключення або суттєве обмеження ролі людини у процесі отримання географічної інформації з космічних знімків, залишається недостатньо розвиненим.

Космічна інформація дозволяє не лише спостерігати розвиток водних об'єктів, але й отримувати оперативний прогноз зон затоплення, зміни русла, оцінювати завдані збитки, виявляти ділянки, яким ще загрожує затоплення тощо.

Основними перевагами використання ДДЗ є:

- космічні знімки охоплюють великі площі;
- висока періодичність отримання даних;
- можливість отримати дані про важкодоступні області.

Недоліки:

- потрібна висока кваліфікація та практичний досвід оператора для їх;
- обробка;
- неефективні щодо невеликих територій [8].

Моніторинг надзвичайних ситуацій пов'язаний з зміною меж водних об'єктів, можна умовно поділити на оперативний, та просторово-часовий. Перший орієнтований на швидке виявлення зон зміни, визначення їх характеристик та оперативну передачу інформації структурам МЧС України,

підрозділам Українського гідрометеорологічного центру, громадської організації «Екодії», для оцінки ситуації та прийняття управлінських рішень. Результати просторовочасного моніторингу є узагальненою характеристикою надзвичайних ситуацій, зафіксованих на контрольованій території за певний період часу (тиждень, декада, місяць тощо). По мірі накопичення інформації формуються тимчасові ряди результатів космічного моніторингу, на основі аналізу яких визначається частота попадання території до зон затоплення.

Також, для моніторингу гідрології активно використовується аерофотозйомка з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). БПЛА – це літальний апарат без екіпажу на борту. Аеродинамічний принцип створення підйомної сили за допомогою фіксованого або обертового крила (БПЛА літакового та вертолітного типу), оснащений двигуном і має корисне навантаження та тривалість польоту, достатню для виконання спеціальних задач [9].

Переваги:

- ефективні під час обстеження ЛЕСП, споруд, міст тощо далі;
- висока точність одержуваної інформації;
- висока продуктивність;
- висока оперативність збору даних;
- не залежить від сезонних обмежень.

Цей спосіб має недоліки:

- висока вартість;
- залежність від стану атмосфери;
- неможливість його застосування під час зйомки місцевості з великих висот, зниження точності зі збільшенням висоти зйомки [9].

Для подібних досліджень також можна використали репрезентативну стратифіковану вибірку поверхневого затоплення з мультиспектральних зображень дистанційного зондування з Maxar Worldview-2 і 3, щоб навчити CNN автоматично відображати затоплення на багатоспектральних супутникових зображеннях. У комбіновані з масштабами затоплення, які можна отримати з гідравлічного моделювання, щоб порівняти ці класифікації затоплення на основі

CNN. WV-зображення, мають просторову роздільну здатність ~ 2 м і є мультиспектральними з наступними 8 смугами: 1 – узбережжя, 2 – синій, 3 – зелений, 4 – жовтий, 5 – червоний, 6 – червоний край, 7 – поблизу Інфрачервоний (NIR) 1 і 8 – NIR 2. WorldView 2 було запущено в 2009 році та має час повторного перегляду 1,1 дня, а WorldView 3 був запущений у 2014 році та має час повторного перегляду < 1 дня [10].

Дистанційне зондування є ефективним інструментом для вивчення та моніторингу штормових нагонів. Воно дозволяє отримувати інформацію про різні параметри атмосфери та поверхні Землі, що є корисним для прогнозування та вивчення таких непогодних явищ [11].

1.5. Етапи первинної обробки даних дистанційного зондування Землі

Використання методів цифрової обробки зображень відіграє важливу роль у сфері космічних досліджень, зокрема при створенні карт на основі космічних знімків. Процес цифрової обробки зображень для отримання географічної інформації передбачає використання послідовності стандартних процедур, яка залежить від конкретної задачі. Нижче розглянуто основні етапи обробки даних.

Земна система обробки даних спрямована на екстрагування корисної інформації з мультиспектральних даних дистанційного зондування та передачі цієї інформації користувачам. Ця система обробки виступає як посередник між датчиком дистанційного зондування та кінцевим користувачем. Таким чином, її характеристики в багатьох аспектах залежать від природи даних і, в значній мірі, від вимог користувачів інформації дистанційного зондування. [12].

Нижче наведено таблицю 1.1 [13] з описом ієрархічної структури стандартних рівнів обробки матеріалів космічних зйомок земної поверхні. Починаючи з рівня 1А, кожен наступний рівень базується на попередньому, з додаванням певних радіометричних чи геометричних перетворень .

Таблиця 1.1 – Міжнародна класифікація рівнів обробки та подання даних ДЗЗ із космосу [13]

Стандартний рівень	Опис	Формат зображення	Формат метаданих
0	Абсолютно «сирі» дані, що містять інформацію з ПЗС датчиків у процесі зйомки, без будь-яких перетворень. Інформація може мати стиснення. Цей рівень є базовим на формування наступних рівнів обробки. Як правило, агенції не поширюють дані цього рівня. Використовується виключно для вивчення роботи знімальних систем	Не визначено	Не визначено
1A	Включає лише радіометричну корекцію спотворень, викликаних різницею у чутливості окремих ПЗС датчиків скануючої системи. Матеріали даного рівня рекомендовані для наступного фотограмметричної обробки строгими методами	RAW, TIFF	CEOS, XML
1B	Включає радіометричну корекцію, як і рівень обробки 1A, а також геометричну корекцію систематичних помилок ПЗС-датчиків системи сканування, в тому числі панорамні спотворення, спотворення викликані обертанням та кривизною Землі, коливанням висоти орбіти супутника. Зображення рівня 1B іноді називають "path-oriented". Матеріали можуть бути використані для фотограмметричної обробки як строгими методами, так і апроксимаційними	RAW, TIFF	CEOS, XML, ASCII
2A	Зображення, як правило, наведено до стандартної картографічної проекції без використання наземних опорних точок. Проеціювання зображення виконується на середню площину або використовується глобальна цифрова модель рельєфу (DEM) з кроком біля 1 км. Можуть бути надані файли, що містять коефіцієнти раціонального багаточлена (RPC), що апроксимують геометрію зображення	GeoTIFF	XML, ASCII

Продовження таблиці 1.1

2В	Зображення рівня 2А наведено до стандартної картографічної проекції з використанням опорних наземних точок. Можуть бути надані файли, що містять коефіцієнти раціонального багаточлена (RPC), що апроксимують геометрію зображення	GeoTIFF	XML, ASCII
3А	На відміну від рівня 2В, зображення рівня 3А проектується у задану картографічну проекцію шляхом ортотрансформування з використанням моделі знімка, опорних наземних точок та моделі рельєфу місцевості. Зображення, як правило, нарізаються на стандартні картографічні листи	GeoTIFF	XML, ASCII
3В	Рівень 3В має на увазі об'єднання зображень рівня 3А - єдині безшовні растрові мозаїки, що покривають великі території	GeoTIFF	XML, ASCII

2. РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ШТОРМОВИХ НАГОНІВ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

Для визначення фізико-географічних властивостей басейну озера необхідно знати сам басейн моря, його картографічні дані, особливості мережі і т.д. Тому визначення басейну моря використовують різні способи. Один з методів – це визначення басейну моря на основі класифікації інструментів програми ArcGIS Pro 3.1.

ArcGIS Pro, потужний одно користувацький настільний додаток ГІС, є багатофункціональним програмним забезпеченням, розробленим з урахуванням удосконалень та ідей спільноти користувачів ArcGIS Pro. ArcGIS Pro підтримує візуалізацію даних; розширений аналіз; та авторитетне ведення даних у 2D, 3D та 4D. Воно підтримує публікацію даних для всіх продуктів ArcGIS, таких як ArcGIS Online та ArcGIS Enterprise, та дозволяє працювати з системою ArcGIS через Веб-ГІС [14].

2.1. Отримання шару з висотними відмітками

Для визначення меж та площ затоплення обраної ділянки суші в акваторії Чорного моря було використано програмне забезпечення ArcGIS Pro, у безкоштовній версії наданої на 21 день.

Після запуску програмного забезпечення було створено новий проект. На рисунках 2.1-2.2 зображено головне меню, а після натиску на «Map», програма дає можливість підписати новий проект та задати путь до нього.



Рисунок 2.1 – Створення нового проекту

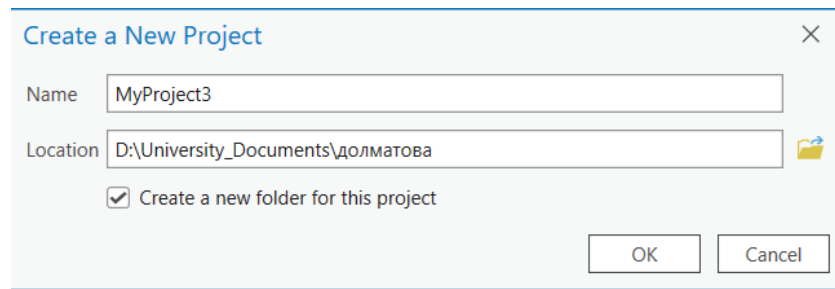


Рисунок 2.2 – Обрання робочої папки, надання імені проекту

Далі потрібно було знайти область дослідження. Для цього на вкладці «Map», у групі «Navigate» обрано кнопку «Explore» (рис. 2.3).

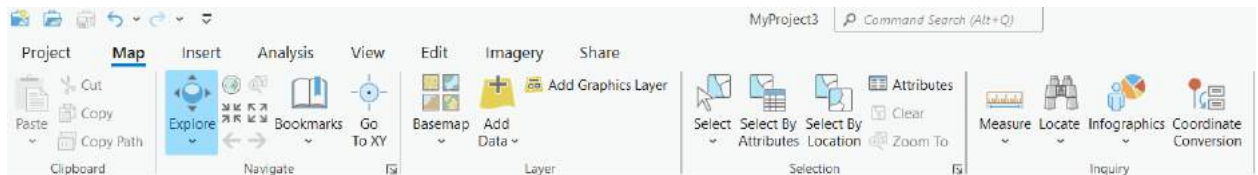


Рисунок 2.3 – Обрання функції пошуку місцезнаходження

У новоутвореному вікні введено у пошук місто Одеса (рис.2.4). Місто знаходиться на побережжі Чорного моря, тому було обрано для дослідження.

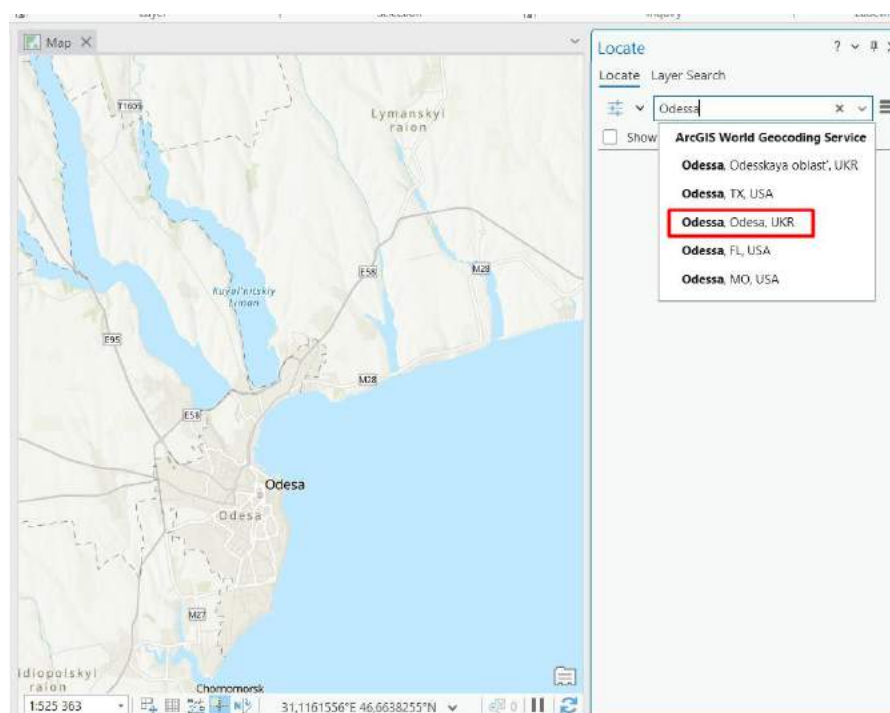


Рисунок 2.4 – Пошук обраної місцевості

Наступним кроком на вкладці «View» у групі «Windows» відкрито «Catalog Pane» (рис. 2.5).

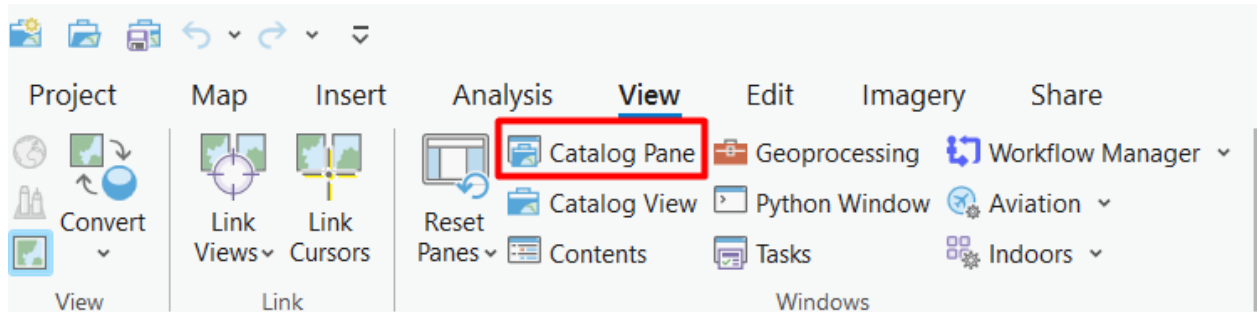


Рисунок 2.5 – Відкриття панелі каталогів

У новоутвореному вікні обрано вкладку «Portal», а далі «Living Atlas» (рис.2.6). ArcGIS Living Atlas Live Feeds – це набір готових до використання сервісів, які допомагають підвищити ситуаційну обізнаність під час управління стихійними лихами.

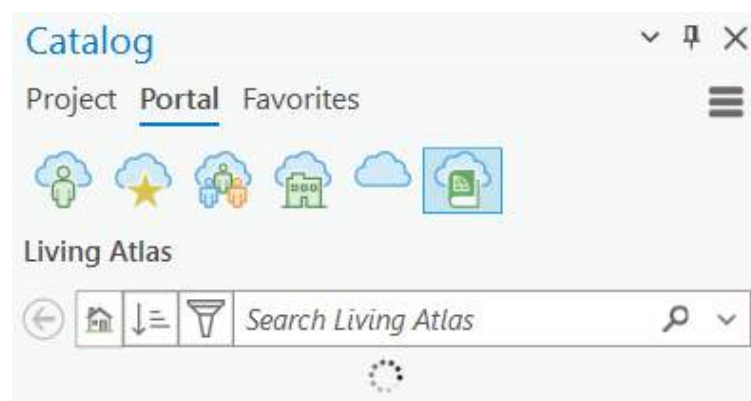


Рисунок 2.6 – Обрання вкладки, що надає доступ до додаткових шарів та наборів даних

Далі на панелі «Catalog» у вікні пошуку пишемо «Terrain owner:esri» та натискаємо «Enter» (рис. 2.7). Список результатів пошуку містить шар зображень «Terrain». Він надає дані рельєфу всього світу, у різних дозволах при зміні масштабу.

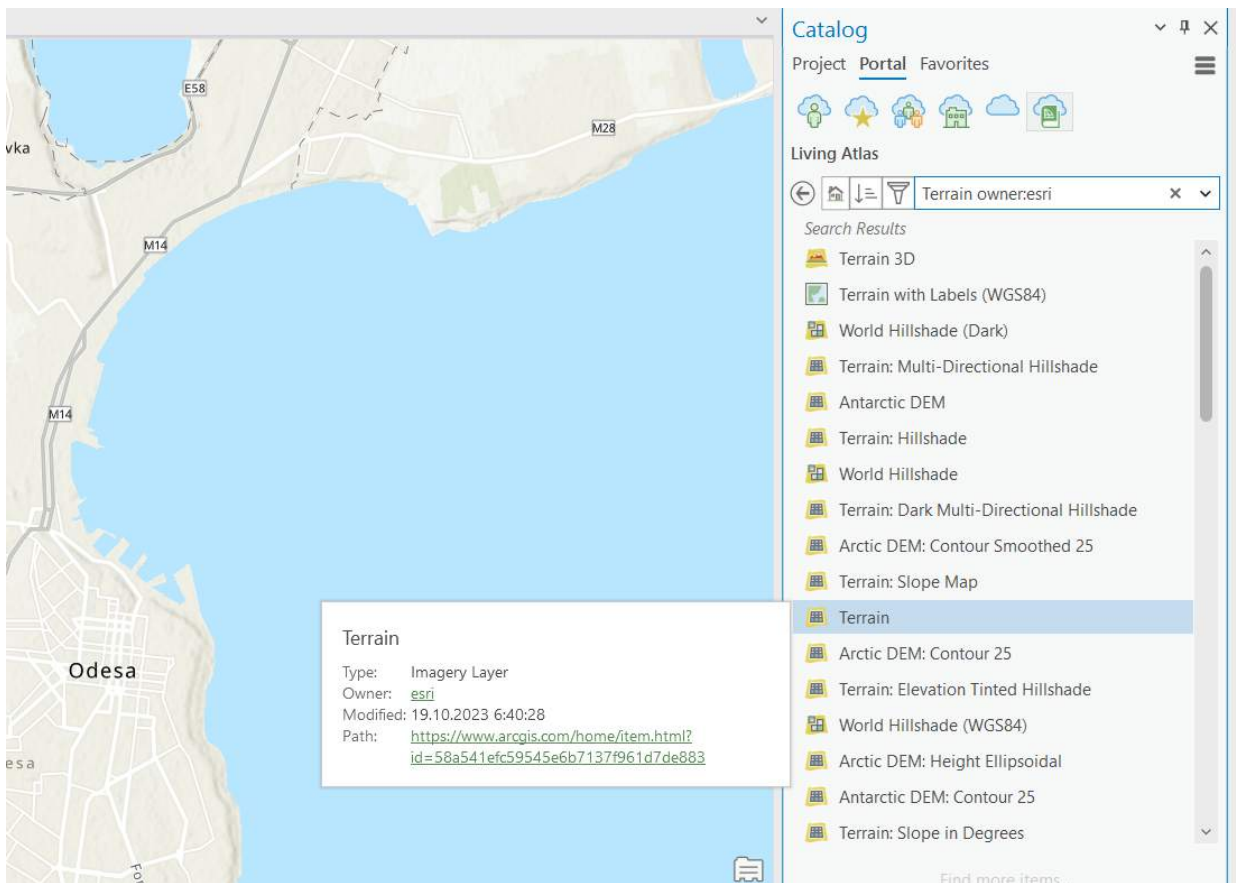


Рисунок 2.7 – Обрання шару з потрібними зображеннями

При натисканні правою клавішею миші на шар «Terrain» обрано «Add To Current Map» (рис. 2.8). Вид карти наближується до растрового шару, що охоплює весь світ.

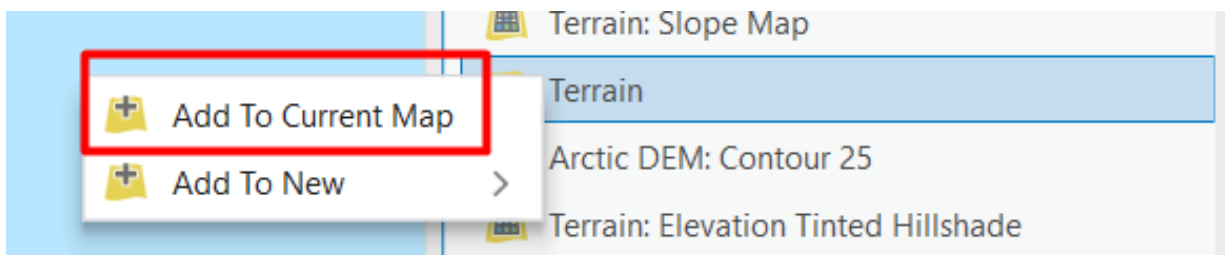


Рисунок 2.8 – Додання обраного шару до поточної карти

Растровий шар складається з сітки, кожен осередок якої називається пікселем і має числове значення. У випадку з шаром «Terrain» значення кожного пікселя становить висоту в метрах. Пікселі з найвищими значеннями, наприклад для найвищих гірських вершин, відображаються білим кольором. Пікселі з

найнижчими значеннями, наприклад, для западин нижче рівня моря, відображаються темно-сірими або чорними (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Доданий шар з висотними відмітками

Далі на стрічці у вкладці «Map», у групі «Navigate» натиснуто «Попередній екстент», щоб повернутися до міста Одеса (рис. 2.10).

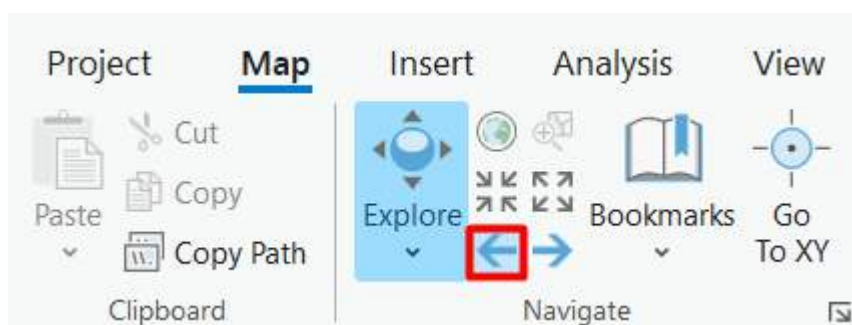


Рисунок 2.10 – Повернення до заданого об'єкту

Тепер уся карта стала чорною. Це сталося тому, що висоти, на яких розташована Одеса, невеликі в порівнянні з рештою Земного Шару. Надалі змінюємо відображення шару рельєфу, щоб краще бачити різницю висот у районі Одеса (рис. 2.11). На панелі «Зміст» обрано шар «Terrain».

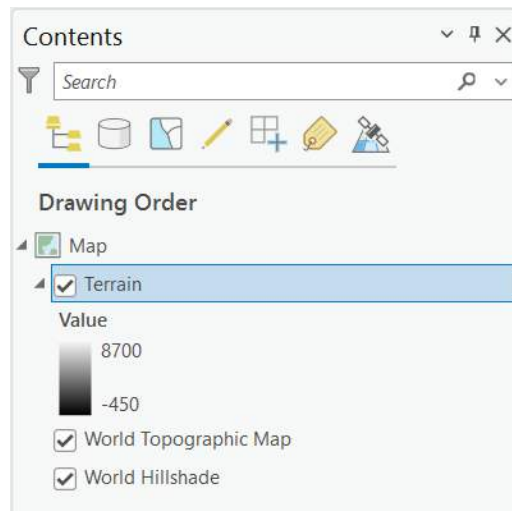


Рисунок 2.11 – Відображення висот у всьому шарі «Terrain»

Наступним кроком є обрання на вкладці «Шар сервісу зображень» у групі «Відображення» натиснуто «DRA» (рис. 2.12).

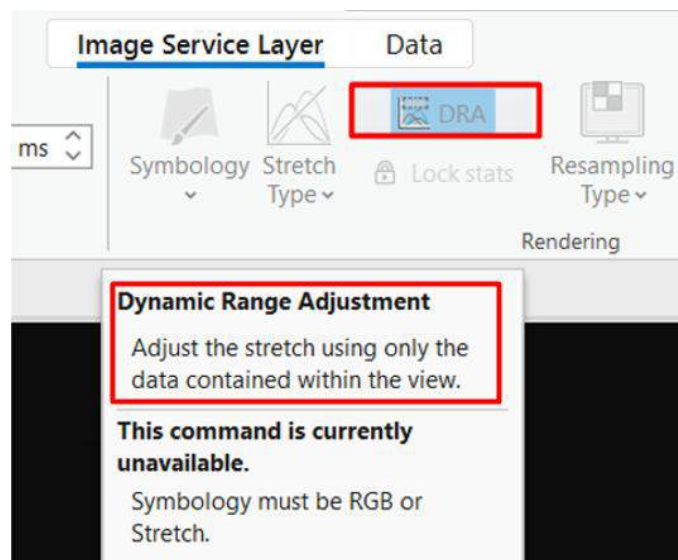


Рисунок 2.12 – Обрання функції для налаштування діапазону

DRA – це налаштування динамічного діапазону. У цьому режимі колірні тони на карті вибираються на основі діапазону значень у поточному вигляді

карти. Через кілька секунд вид оновлюється, і можна візуально розрізнити локальні варіації значень висоти. Після редагувань результат зображено на рисунку 2.13.

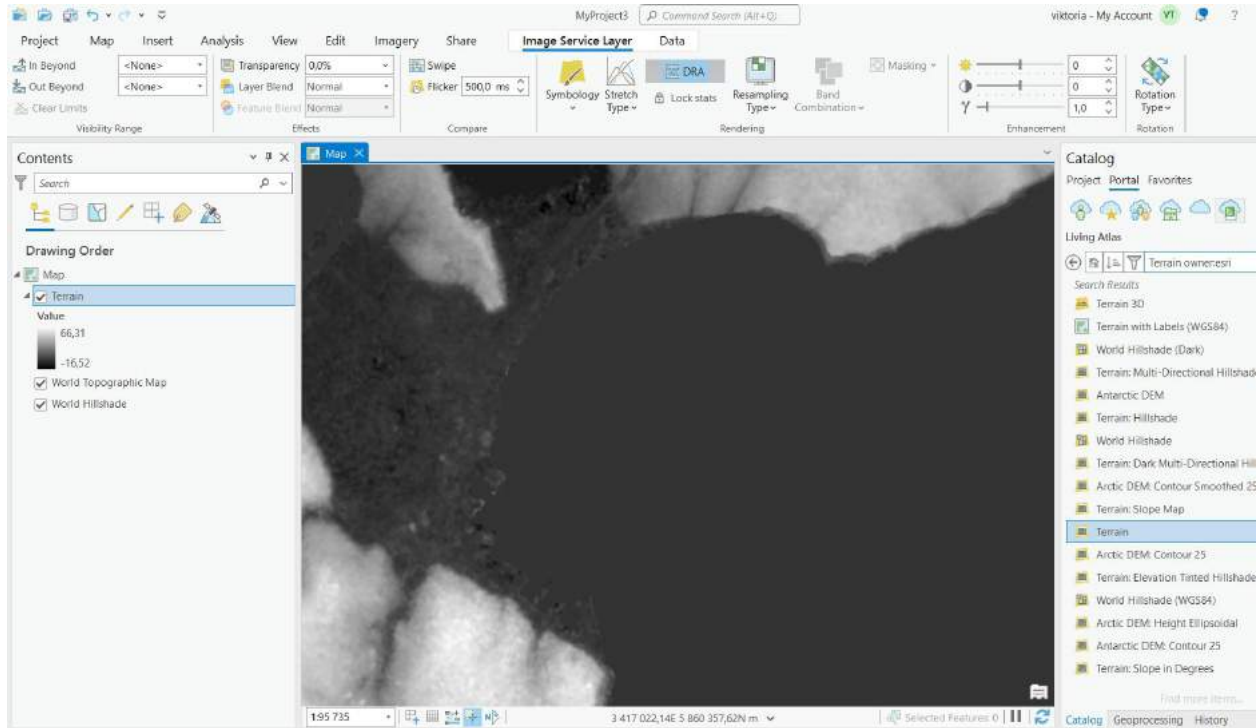


Рисунок 2.13 – Отриманий результат після оновлення за допомогою «DRA»

Досить важливо зберігати результати практично на кожному етапі. Так на панелі швидкого доступу натискаємо кнопку «Зберегти», щоб зберегти проект (рис.2.14).

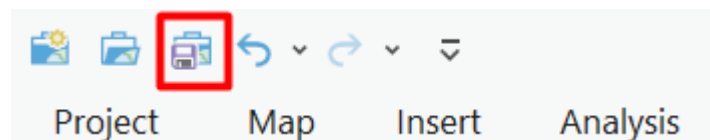


Рисунок 2.14 – Збереження проробленого етапу

Далі експортуємо файлові растри із шару зображень «Terrain», щоб вони охоплювали лише область інтересу, на якій виконується аналіз.

На панелі «Зміст» натискаємо правою кнопкою «Terrain», обираємо «Дані» та «Експорт растру» (рис. 2.15).

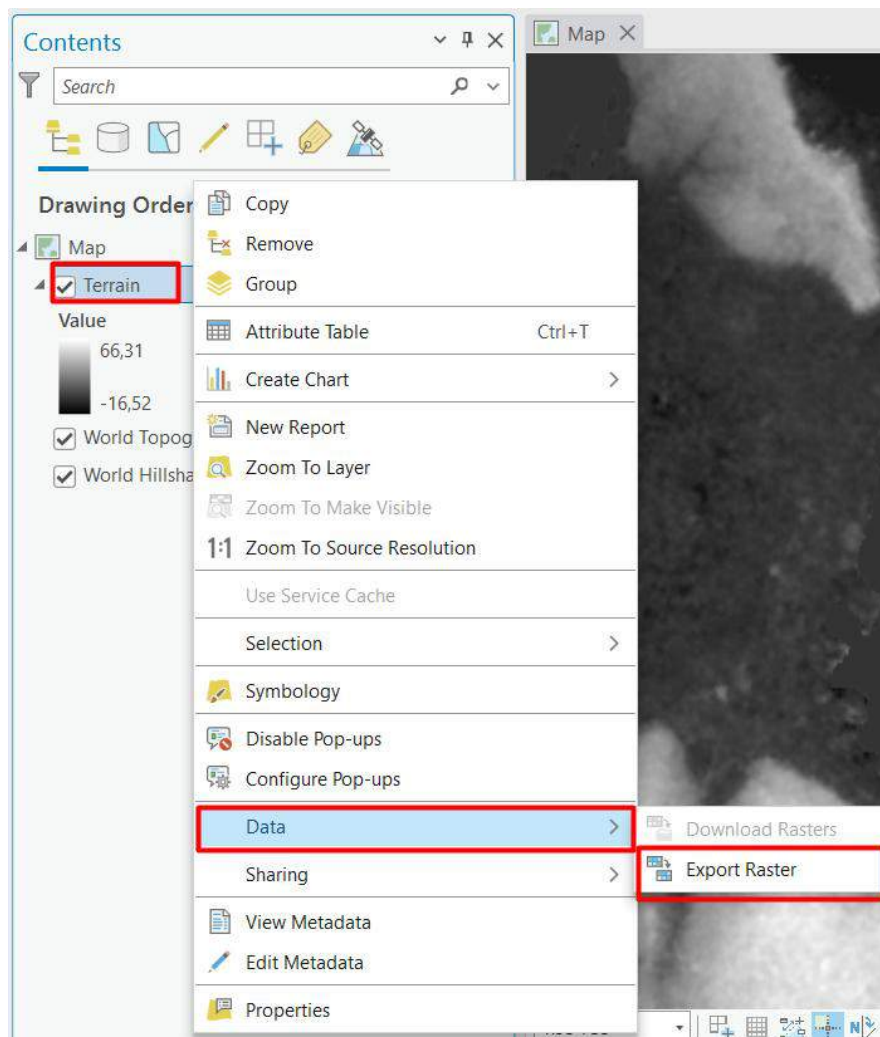


Рисунок 2.15 – Експорт растрового зображення ділянки інтересу

На панелі, що з'явилась – «Експорт растру», переконавшись, що карта все ще центрована щодо Одеси, обрано «Поточний екстент». Це зроблено на панелі «Експорт растру» для опції «Вирізаюча геометрія».

У новому вікні автоматично приписані чотири координати, що описують прямокутник, який використовуватиметься для вирізання растру. У опції «Розмір комірки» змінюємо X та Y на 10 (рис. 2.16).

Розмір клітинки визначає дозвіл вихідного растру. У цьому випадку кожен піксель покриватиме ділянку землі 10 на 10 метрів, або 100 квадратних метрів.

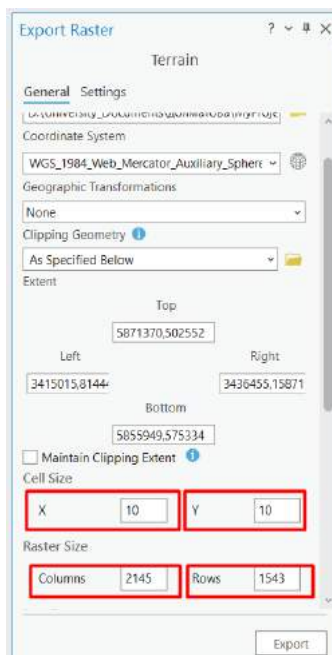


Рисунок 2.16 – Змінення розміру комірки підрізання

Прийнято всі інші значення за замовчанням і натиснуто кнопку «Експорт». Коли на карту додається новий растр «Terrain_2.tif», він відображається з тим самим діапазоном від чорного до білого, як і на попередньому відображенні «DRA» (рис. 2.17).

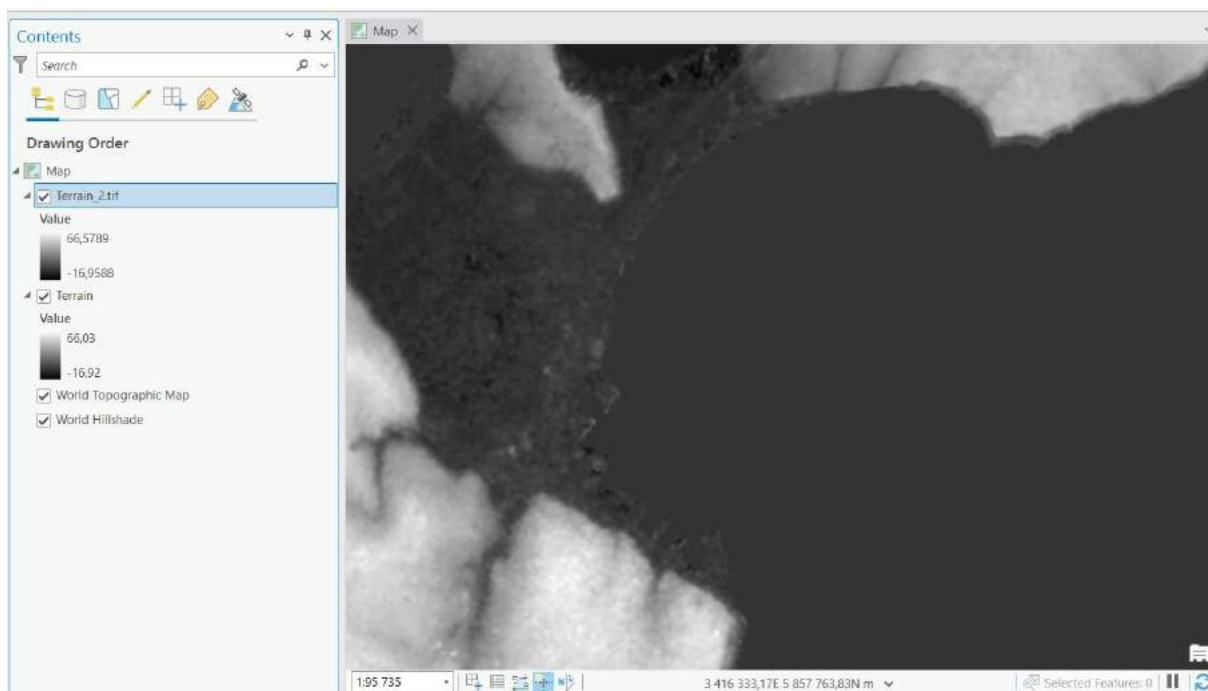


Рисунок 2.17 – Відображення на робочій панелі новоутвореного растрового зображення

Далі було видалено вихідний всесвітній шар «Terrain», оскільки він більше не потрібен.

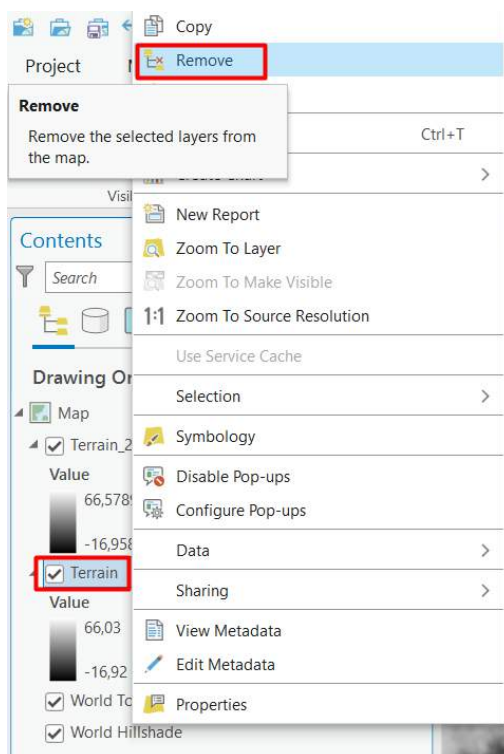


Рисунок 2.18 – Видалення не потрібного шару

Далі при натиску на шарі «Terrain.tif» з'являється панель, що відображає значення висоти пікселя, по якому клацнули, наприклад 34.78 метра (рис. 2.19).

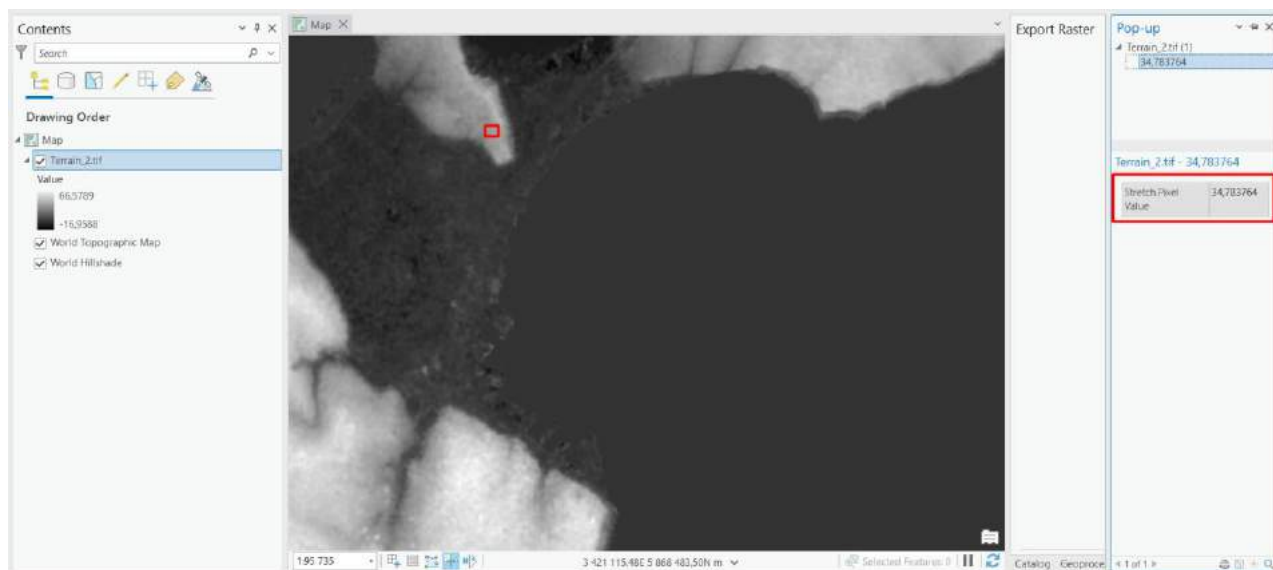


Рисунок 2.19 – Перевірка даних рельєфу

2.2. Створення шарів з різною вистою хвилі для м. Одеса в програмі

Тепер, коли є дані рельєфу, можна їх використовувати, щоб знайти низовинні прибережні землі та передбачити, які області Одеси може затопити під час урагану. По-перше, коли ураган викликає нагін води в 3 метри (або 9,8 футів). Враховуючи те, що вода, що оточує Одесу, знаходиться на висоті 0 метрів, усі райони в місті, які мають висоту до 3 метрів, будуть затоплені.

Щоб знайти всі області з висотою 3 метри або менше, застосовуємо інструмент «Перекодування» до «Terrain.tif» шару. На стрічці на вкладці «Аналіз» у групі «Растр» натискаємо «Опції» растру (рис. 2.20).

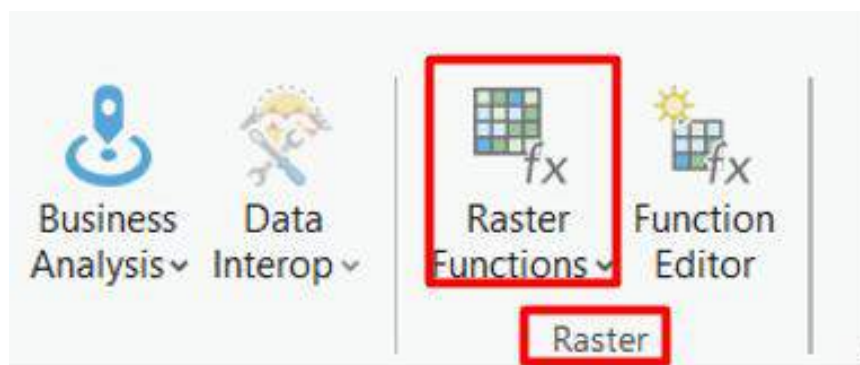


Рисунок 2.20 – Обрання функції «Опції Растру»

Надалі відображається панель «Опції» растру. Функції растру – це операції, які використовують обробку безпосередньо до пікселів наборів растрових даних у пам'яті без запису нового растру на диск. Оскільки проміжні набори даних не створюються, обробка може бути застосована швидко.

На панелі «Опції» растру знайдено та відкрито інструмент «Перекодування» (рис. 2.21).

Інструмент «Перекодування» дозволяє змінити або пере класифікувати значення пікселів растру та створити новий растровий шар з новими значеннями.

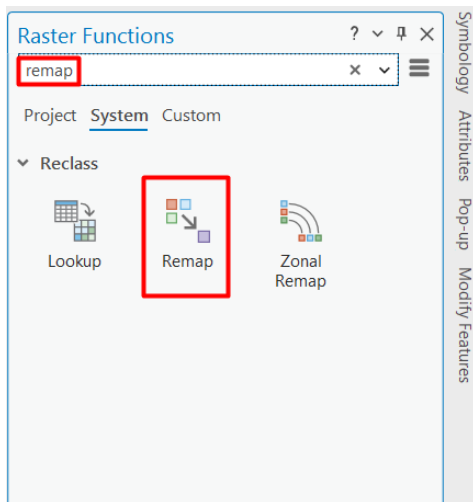


Рисунок 2.21 – Обрання функції «Перекодування»

На панелі «Властивості перекодування» натиснуто вкладку «Параметри» та обрано пункт «Terrain_2.tif» для Растра. Для «Типу» визначення перекодування залишено «Список» (рис. 2.22).

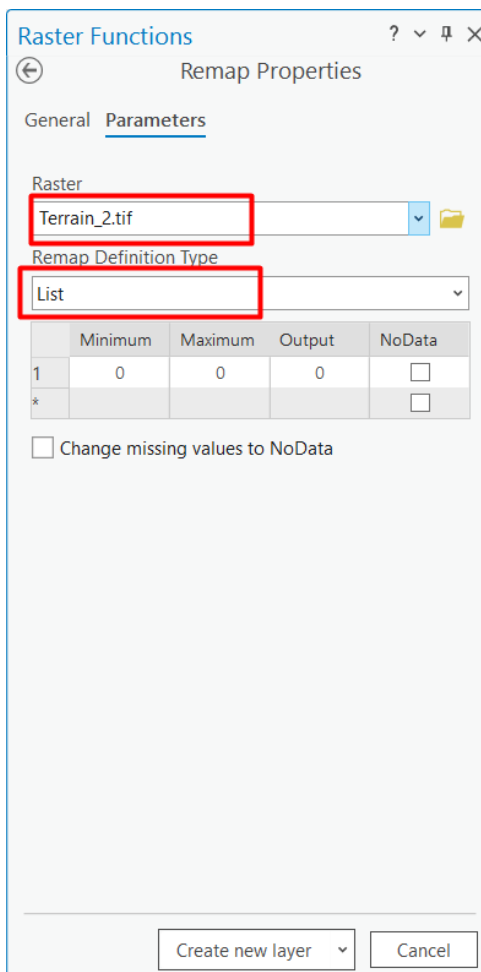


Рисунок 2.22 – Налаштування для растрового зображення

У таблиці «Перекодування» визначено правила пере класифікації. Грунтуючись на легенді шару «Terrain_2.tif» на панелі «Зміст», можна побачити, що мінімальне можливе значення для цього шару становить близько – 16,9 метра, а максимальне 66,5 метрів (рис. 2.23)

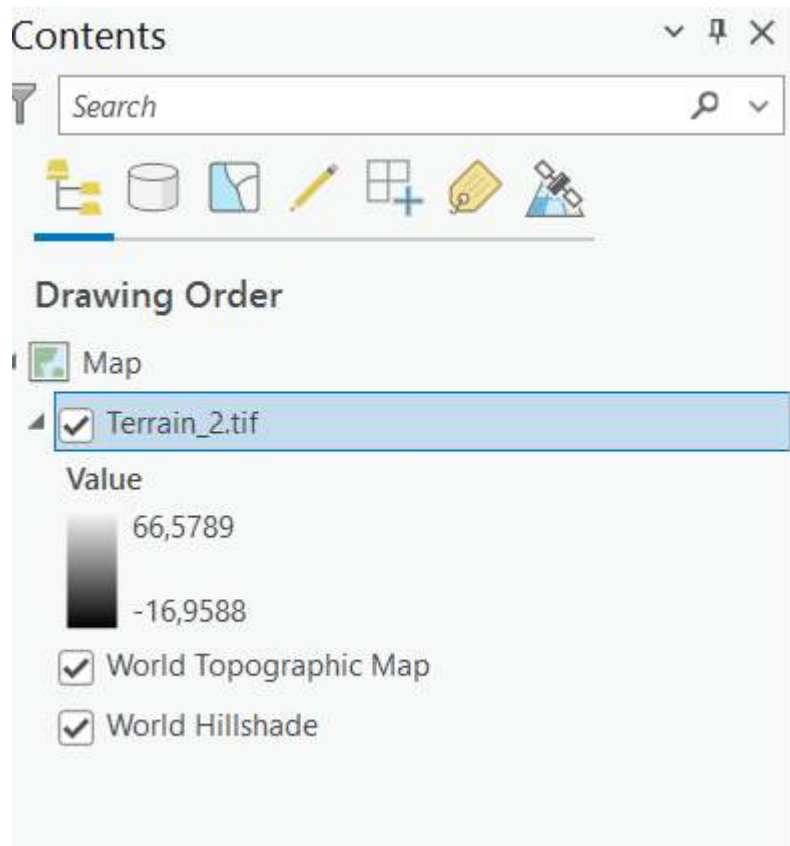


Рисунок 2.23 – Мінімальне та максимальне значення пікселів на растрі

На панелі «Властивості» перекодування обираємо таблицю «Перекодування». Для першого правила натискаємо кожну клітинку першого рядка і вводимо -18 (або інше число, менше мінімального значення) для Мінімуму, 3 для Максимуму та 1 для Вихідного (рис. 2.24).

Це правило означає, що будь-який піксель зі значенням від -18 до 3 метрів повинен отримати значення 1 у новому растрі. Це затоплені області.

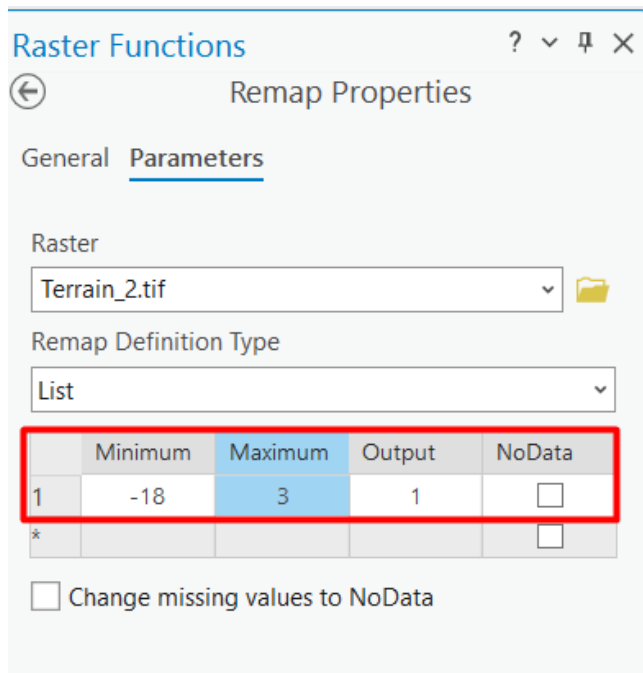


Рисунок 2.24 – Створення нового правила

Далі було натиснуто зірочку, щоб створити новий рядок. Потім у віконцях нового рядка введено 3 для Мінімуму і 67 (або інше число, більше максимального значення) для Максимуму. Залишено 0 для Вихідного та ставимо позначку в полі «NoData» (рис. 2.25).

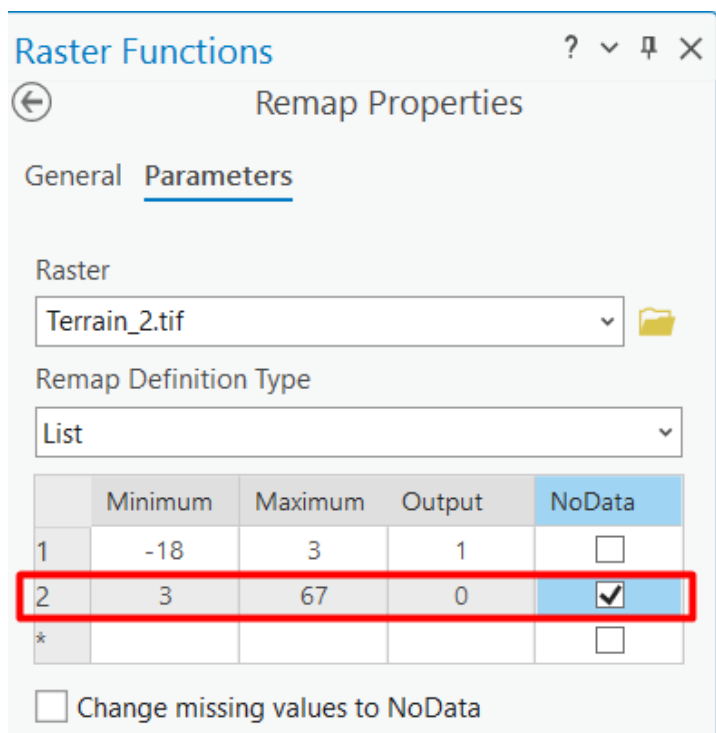


Рисунок 2.25 – Додання ще другого правила

Це означає, що будь-який піксель із значенням від 3 до 67 метрів не повинен містити даних. Це області, які не затоплені, і вони для нас не цікаві, тому вони не представляють їх якими-небудь даними. Далі натиснуто кнопку «Створити новий шар».

Новий шар «Remap_Terrain_2.tif», позначений сірим, додано. Далі було внесено деякі зміни до відображення, щоб зробити шар більш помітним.

Спочатку вимикаємо шар висот. На панелі «Зміст» вимикаємо шар «Terrain_2.tif», знявши з нього позначку (рис. 2.26).

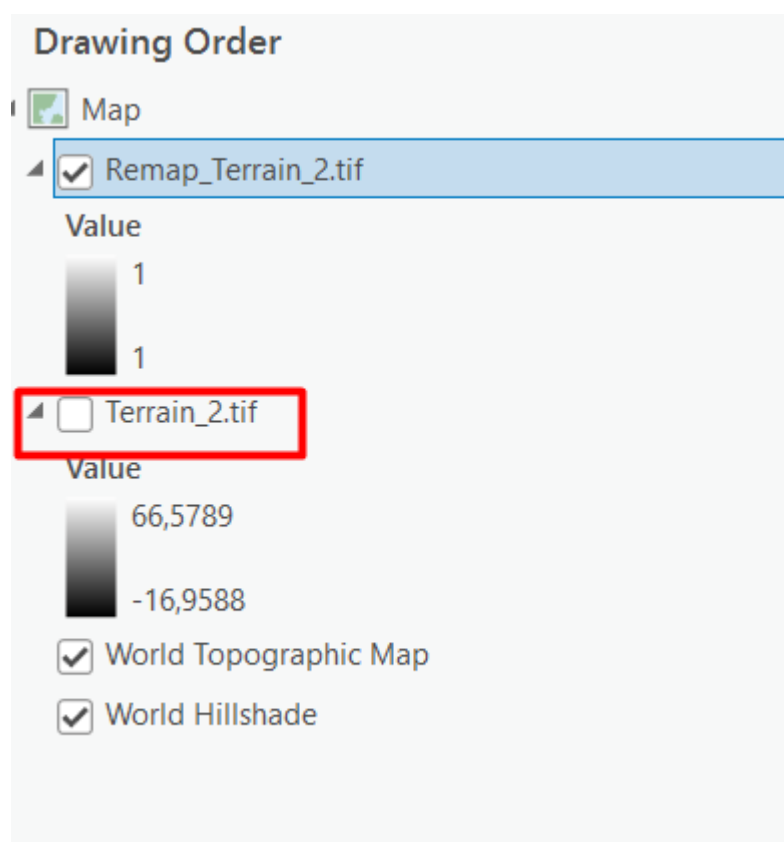


Рисунок 2.26 – Додано новий шар та відключено старий

Надалі перейменовано новий шар. На панелі «Зміст» натиснуто на ім'я шару «Remap_Terrain_2.tif», щоб вибрати його, натиснуто знову, щоб увійти в режим редагування, введено «Storm surge 3 m» і натиснуто «Enter».

Далі змінено символи шару. Натиснуто правою кнопкою миші колірну шкалу для шару, розгорнуто список, що розкривається, і позначено «Показати

назву». Прокручено нижню частину списку кольорових шкал та обрано шкалу Червоно-пурпурний (плавний перехід) (рис. 2.27).

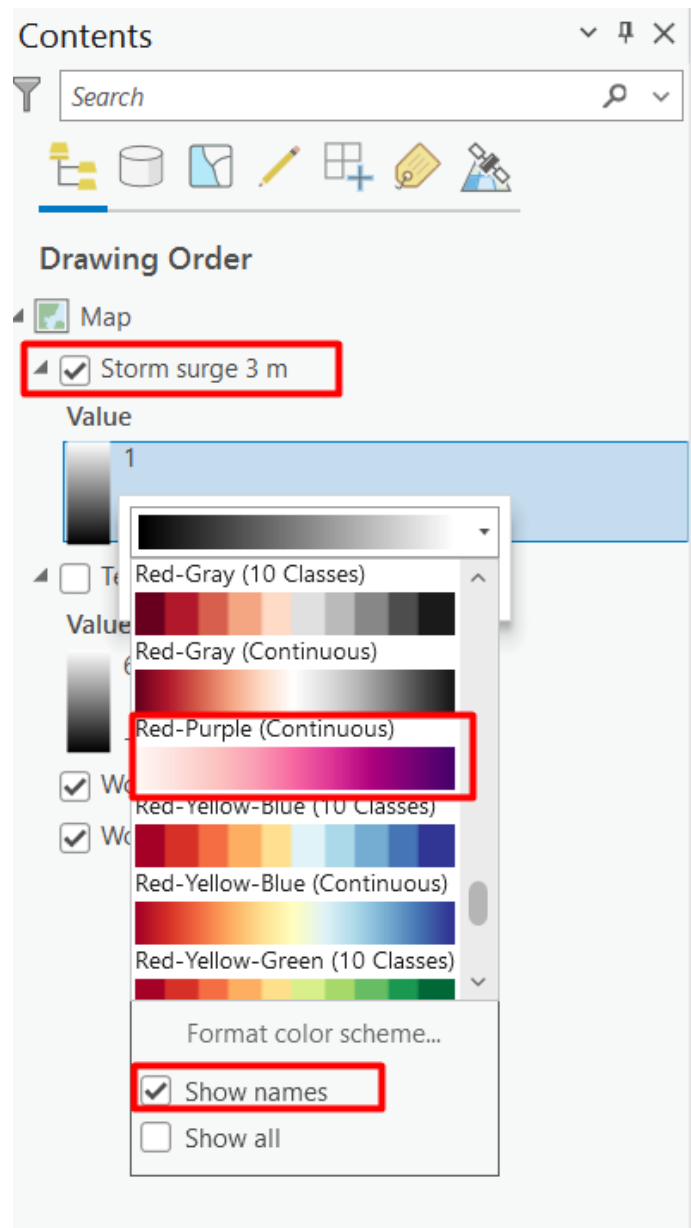


Рисунок 2.27 – Зміна відображення шару

Оскільки єдине значення пікселів у цьому растрі 1, буде використовуватися лише один середній колір цієї шкали, і шар пофарбується в однорідний рожевий колір.

На панелі «Зміст» переконавшись, що обрано шар «Storm surge 3 m», було натиснуто вкладку «Растровий шар» та в групі «Ефекти» встановлено «Прозорість» на 40.0% (рис. 2.28).

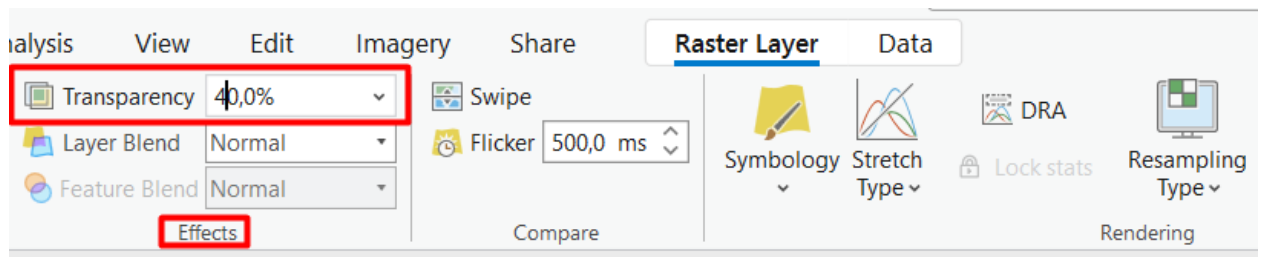


Рисунок 2.28 – Встановлення прозорості для нового шару

На карті тепер світло-рожевим кольором показано райони міста, які можуть бути затоплені 3-метровим штормовим нагоном (рис.2.29).

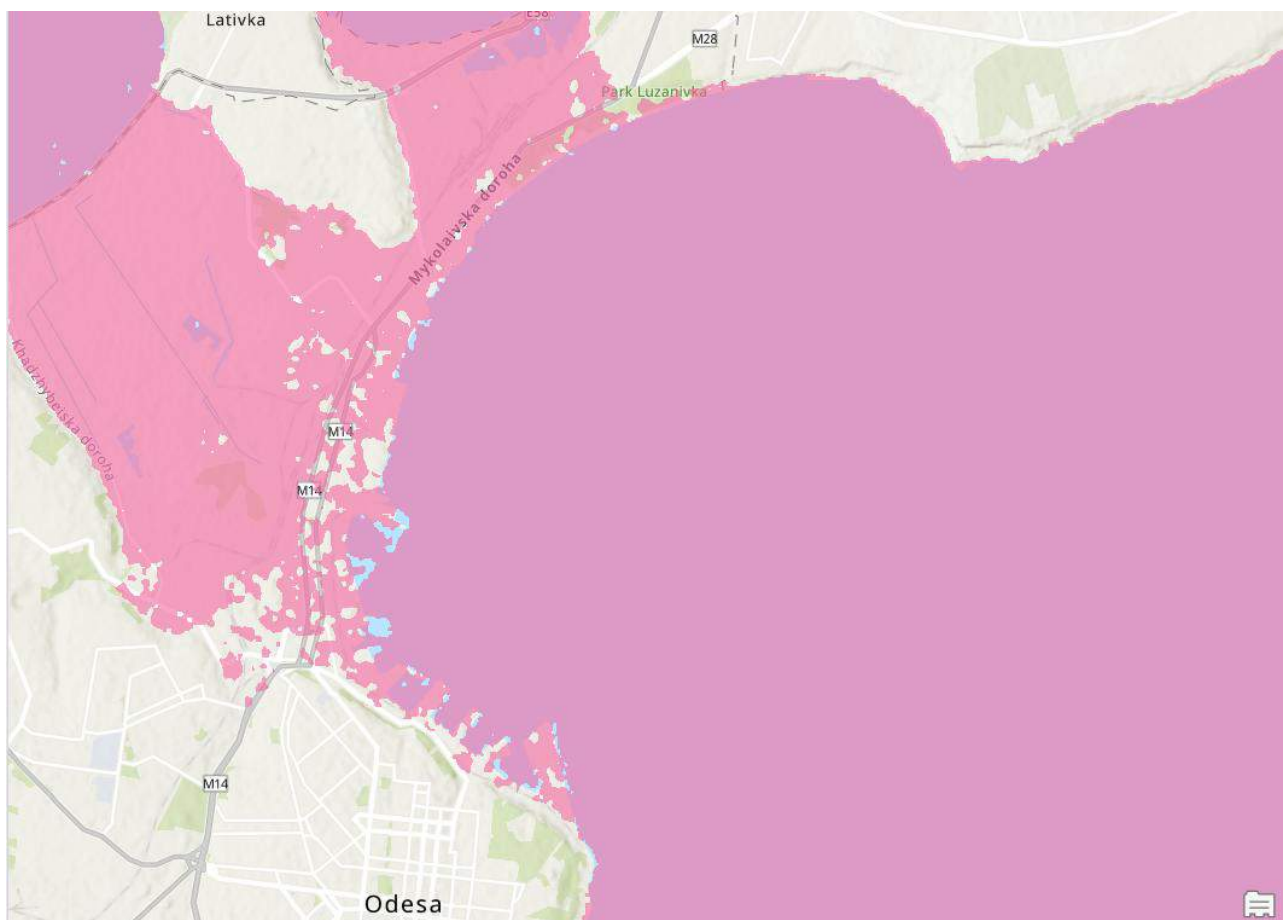


Рисунок 2.29 – Райони міста, що підвернені затопленням при висоті хвилі 3 м

Далі на вкладці «Растровий шар» у групі «Порівняти» натиснуто «Сховати» (рис. 2.30). На карті з увімкненим інструментом «Сховати» перетягуючи картку з боку в бік, щоб відкрити базову карту, розташовану внизу, і порівняно області затоплення з межами води до затоплення.

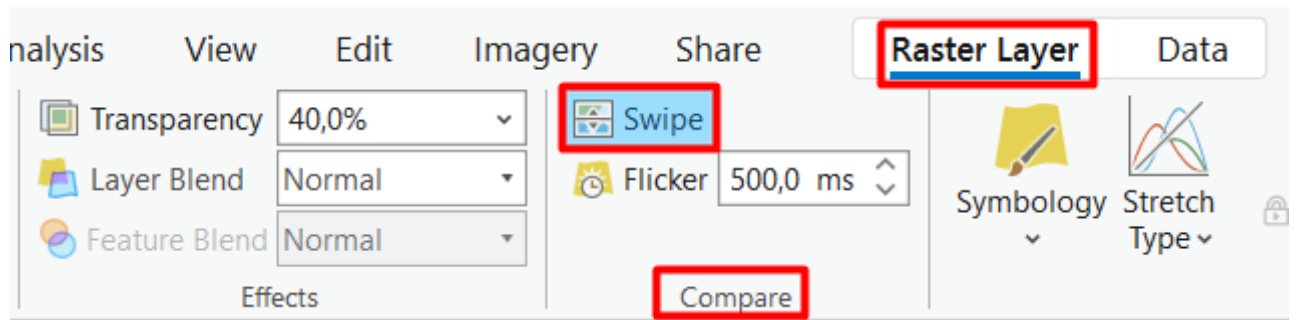


Рисунок 2.30 – Використання функції «Сховати»

Також можна збільшувати масштаб і переміщати карту, щоб детальніше побачити, які райони Одеси та його околиць виявляться затопленими (рис. 2.31).

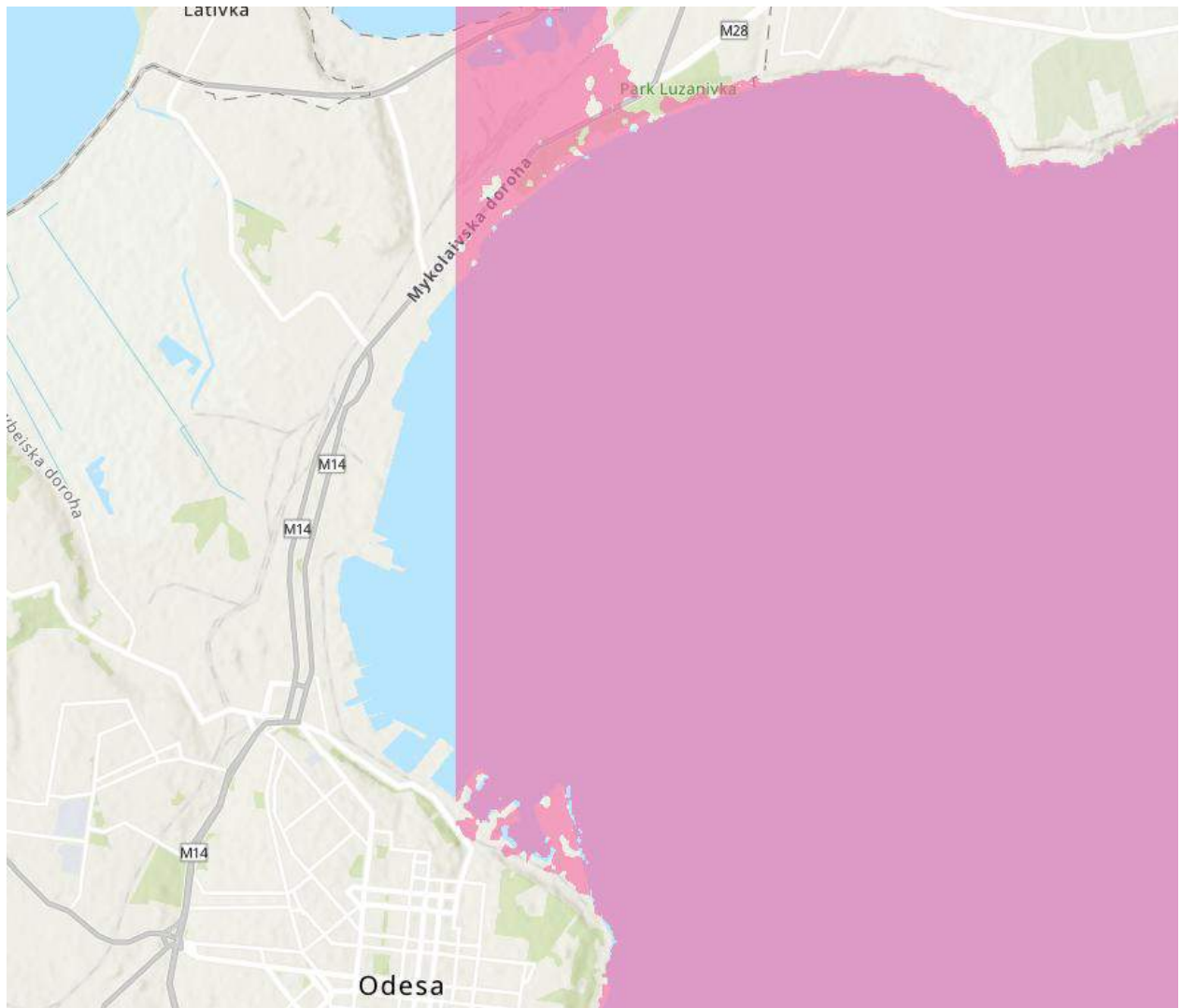


Рисунок 2.31 – Порівняння областей затоплення

Після того, як вивчення було завершено, на вкладці «Карта» на стрічці, у групі «Навігація», натиснуто «Дослідити», щоб вийти з режиму «Сховати» (рис. 2.32).

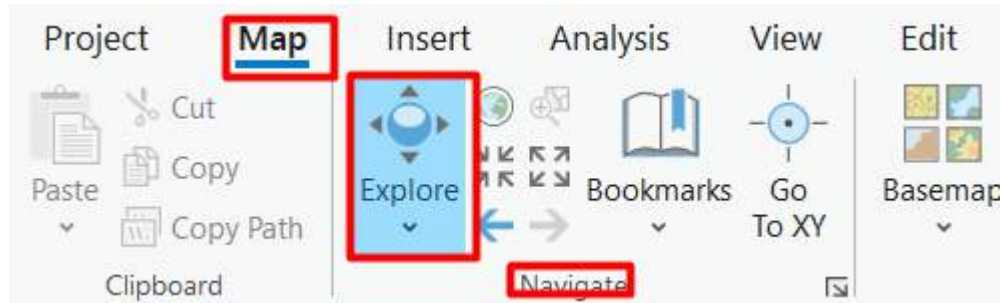


Рисунок 2.32 – Вихід з режиму «Сховати»

Далі було порівняно свою карту штормових нагонів із картою фактичного затоплення в результаті затоплення Одеси 28 березня 2023 року. На вкладці «Карта» в групі «Шар» натиснуто кнопку «Додати дані» (рис. 2.33).

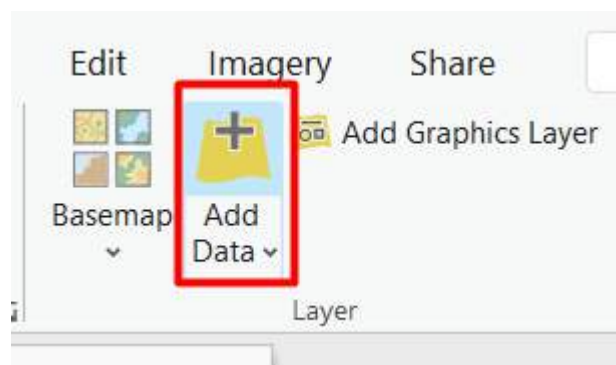


Рисунок 2.33 – Додання нового шару

У вікні «Додати дані» у розділі «Портал» натиснуто «ArcGIS Online». У пошуковому рядку введено «Odesa Zone owner: Learn_ArcGIS» та натиснуто «Enter». Потім натиснуто на векторний шар «Odesa Zone owner: Learn_ArcGIS» (рис. 2.34).

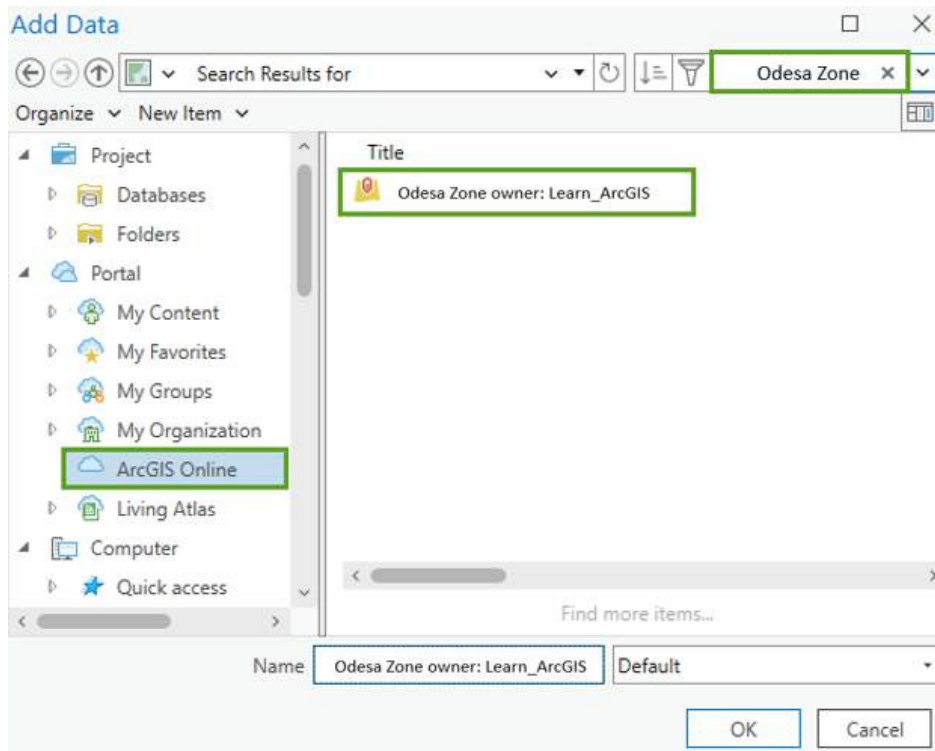


Рисунок 2.34 – Обрання векторного шару

Натиснута кнопка «OK». Шар «Odesa Zone owner: Learn_ArcGIS» з'явився на карті. Це векторний шар з портала відкритих даних Одеси (рис. 2.35).

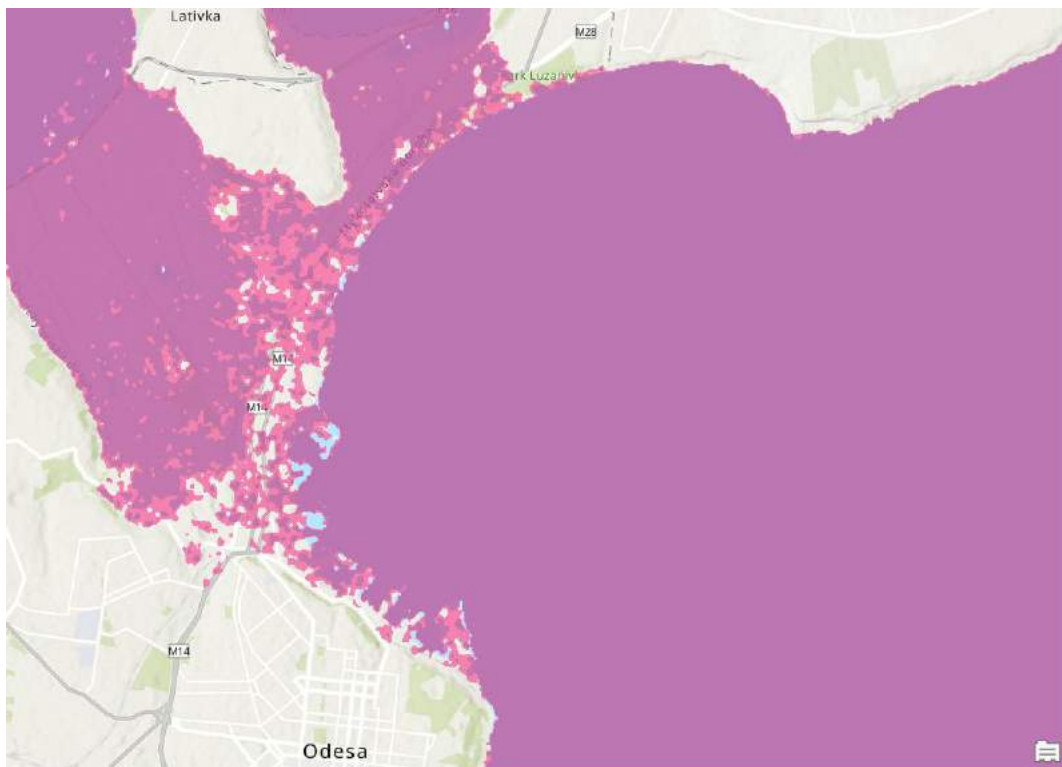


Рисунок 2.35 – Доданий новий шар, з відкритих даних

На стрічці на вкладці «Зображення» в групі «Аналіз» натиснута кнопка спадаючого списку «Опції растру» та обрано «Історія» (рис.2.36).

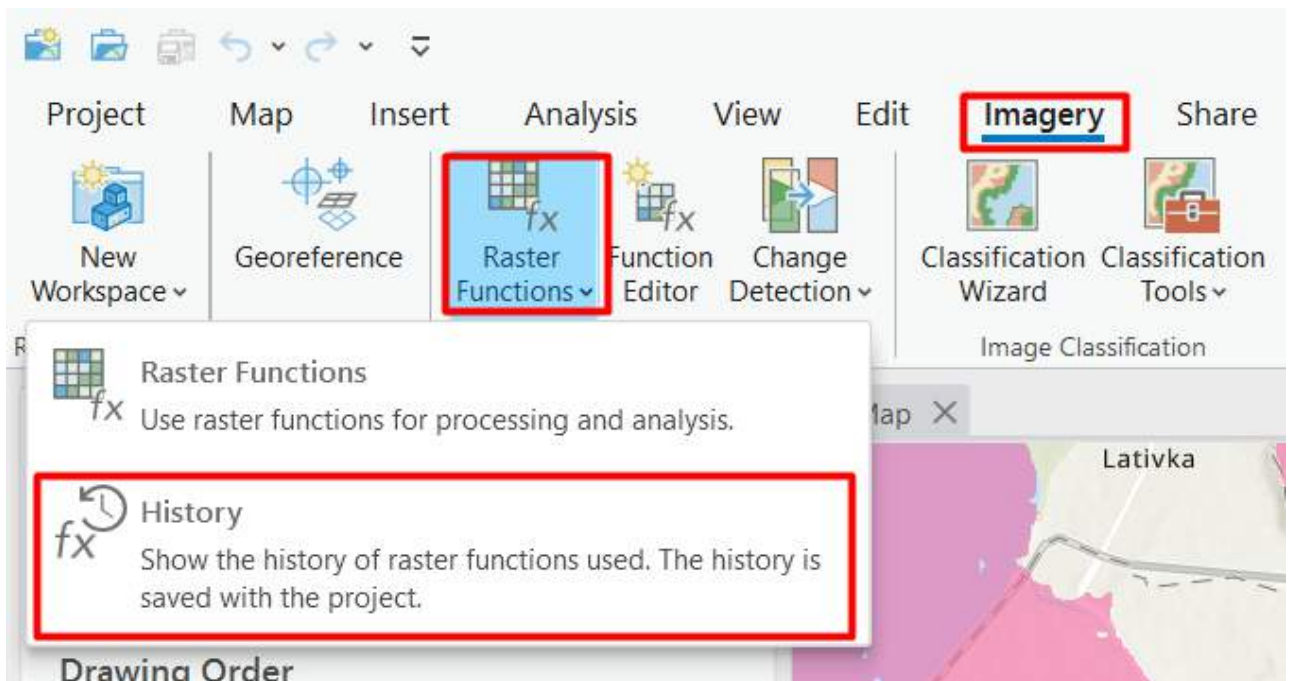


Рисунок 2.36 – Відкриття історії перетворень растру

З'явилась панель «Історія», де показані процеси, які раніше виконувались в цьому робочому процесі. На панелі «Історія» двічі натиснуто «Перекодувати» (рис. 2.37).

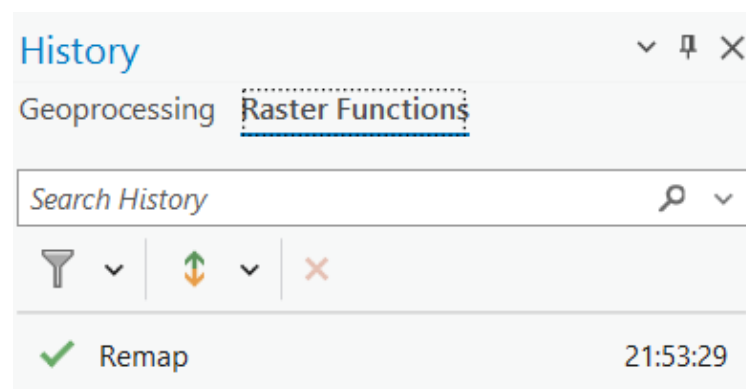


Рисунок 2.37 – Повторне використання функції «Перекодування»

Інструмент «Перекодувати» відкрив усю інформацію, яку раніше було введено для створення шару «Storm surge 3m».

На вкладці «Параметри» було переконано, що в Растрі обрано «Terrain.tif». У таблиці змінено значення 3 на 6 в обох значеннях (рис. 2.38).

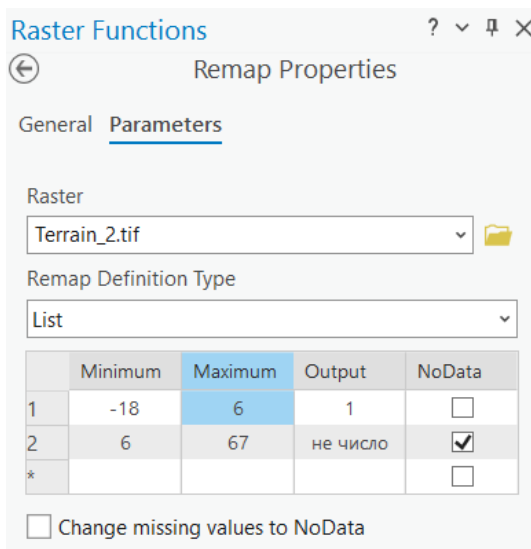


Рисунок 2.38 – Створення нового правила

На карті тепер помаранчевим кольором виділено райони міста, які можуть бути затоплені 6-метровою штормовою хвилею.

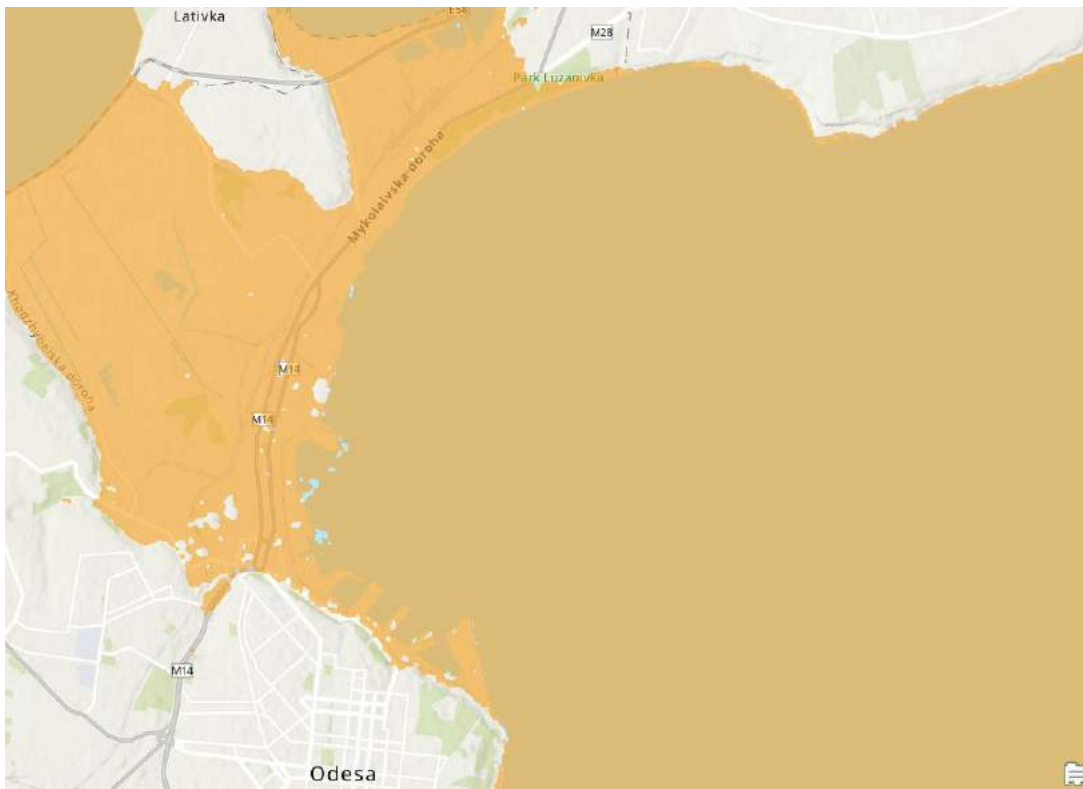


Рисунок 2.39 – Виділені райони міста, що можуть бути затоплені хвилею 6 м

Таким чином у вікні робочого простору з'явилося три шари для проведення аналізу. Перший шар фіолетового кольору – затопленістю 1-метровою штормовою хвилею в Одесі за даними в «ArcGIS Online», рожевого кольору – затопленістю 3-метровою штормовою хвилею та помаранчевого – 6-метровою штормовою хвилею (рис. 2.40).

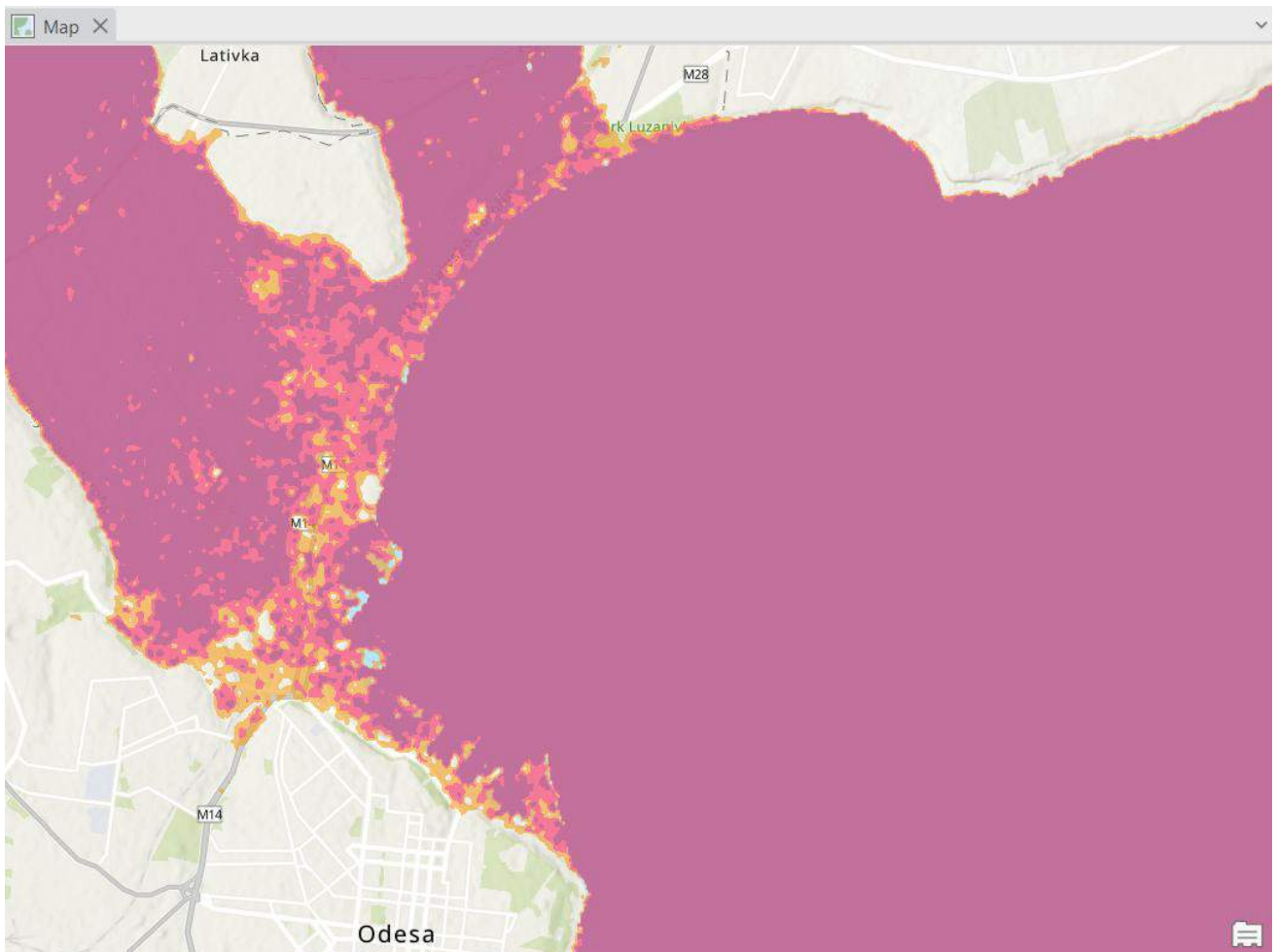


Рисунок 2.40 – Створені три шари з різними параметрами

Далі було вираховано площу кожного з слоїв затоплень з чого було побудовано діаграму затоплень в м. Одеса, при загальній площі міста 162,4 км².

У першому випадку, коли висота штормової хвилі дорівнює 1-му метру – площа затоплення становить приблизно 38,77 км², що становить 24% від площі міста (рис. 2.41).

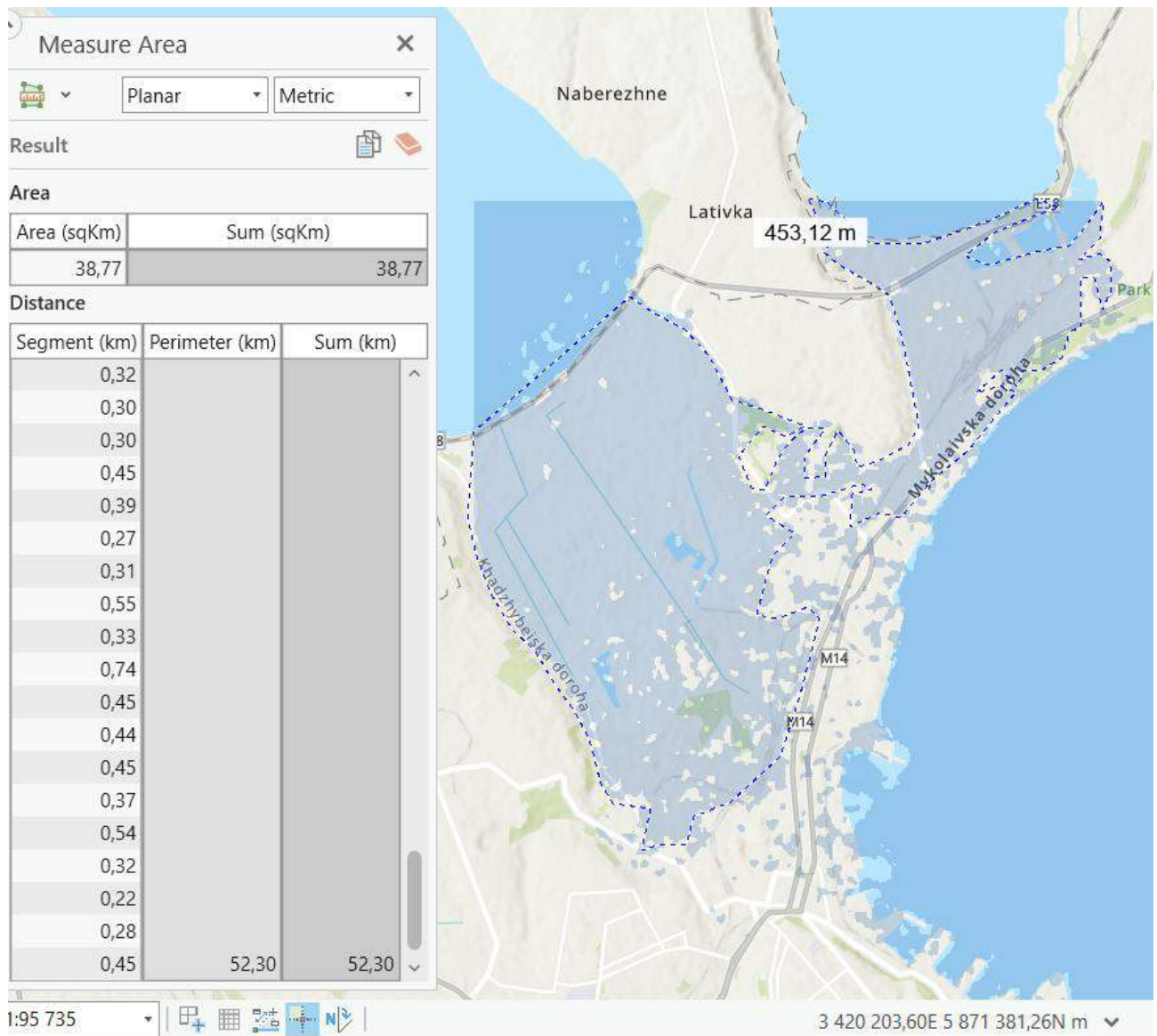


Рисунок 2.41 – Підрахунок площі при затопленні хвилею в 1 метр

У другому випадку, коли висота штормової хвилі дорівнює 3-му метру – площа затоплення становить приблизно 52,73 км², що становить 32% від площі міста (рис. 2.42).

У третьому випадку, коли висота штормової хвилі дорівнює 6-му метру – площа затоплення становить приблизно 59,23 км², що становить 36% від площі міста (рис. 2.43).

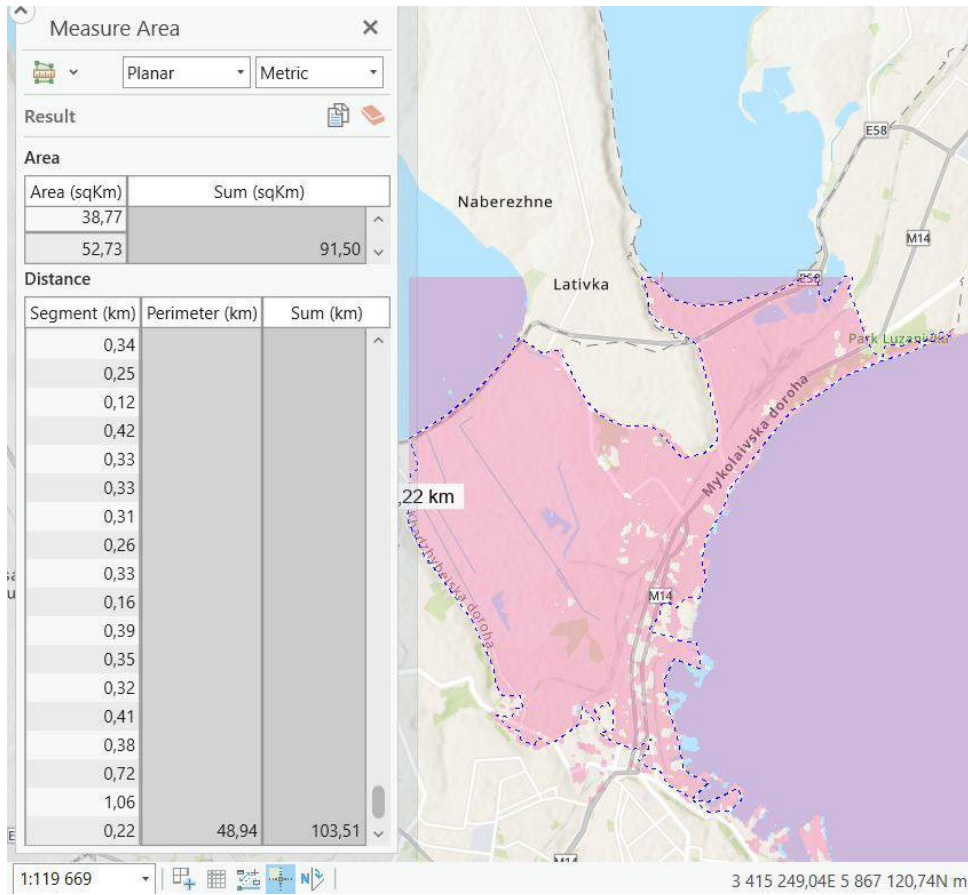


Рисунок 2.42 – Підрахунок площі при затопленні хвилею в 3 метри

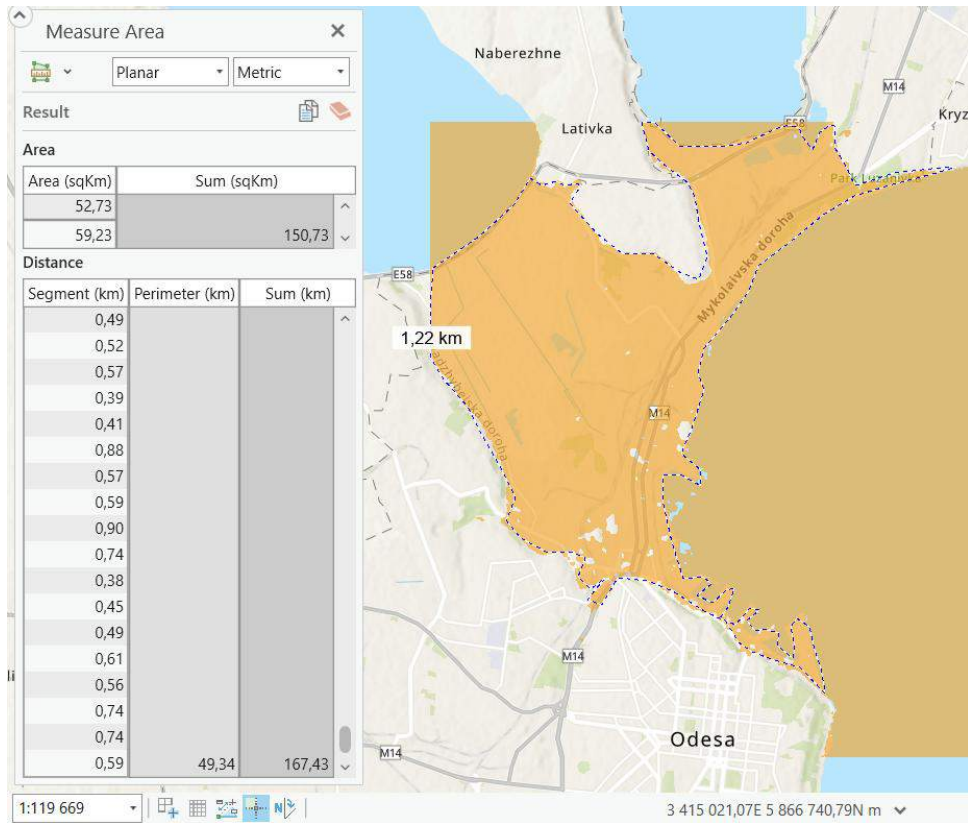


Рисунок 2.43 – Підрахунок площі при затопленні хвилею в 6 метрів

На основі отриманих даних було побудовано гістограму (рис. 2.44), на якій у процентному співвідношенні зображено площі затоплень до загальної площі міста Одеса.

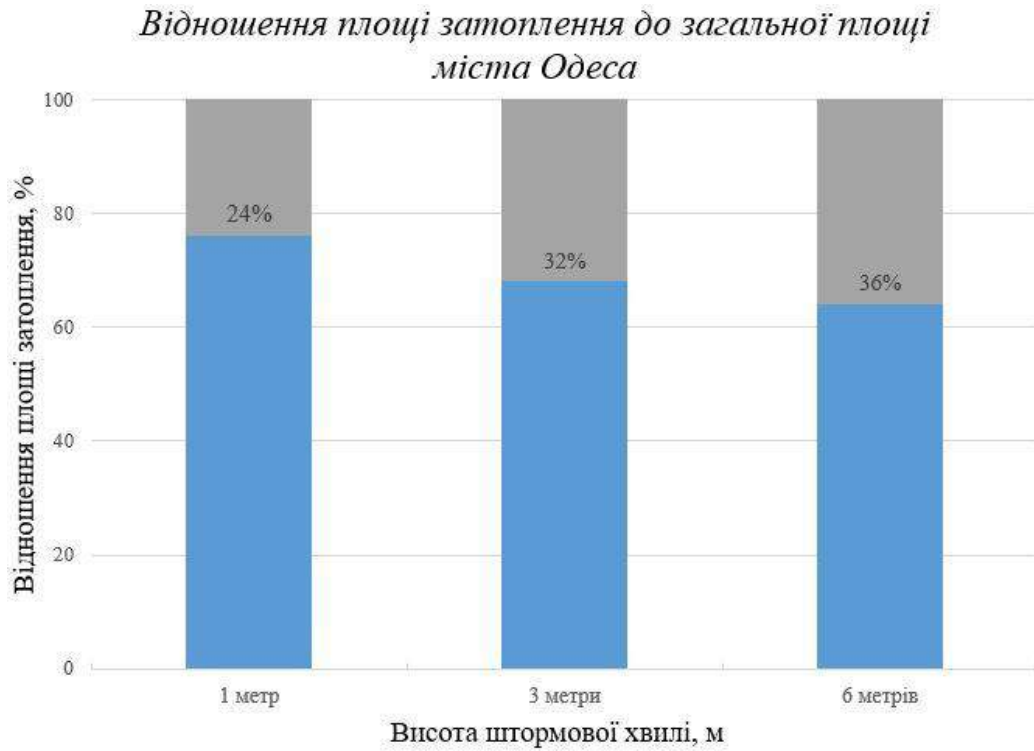


Рисунок 2.44 – Площа затоплення м. Одеса

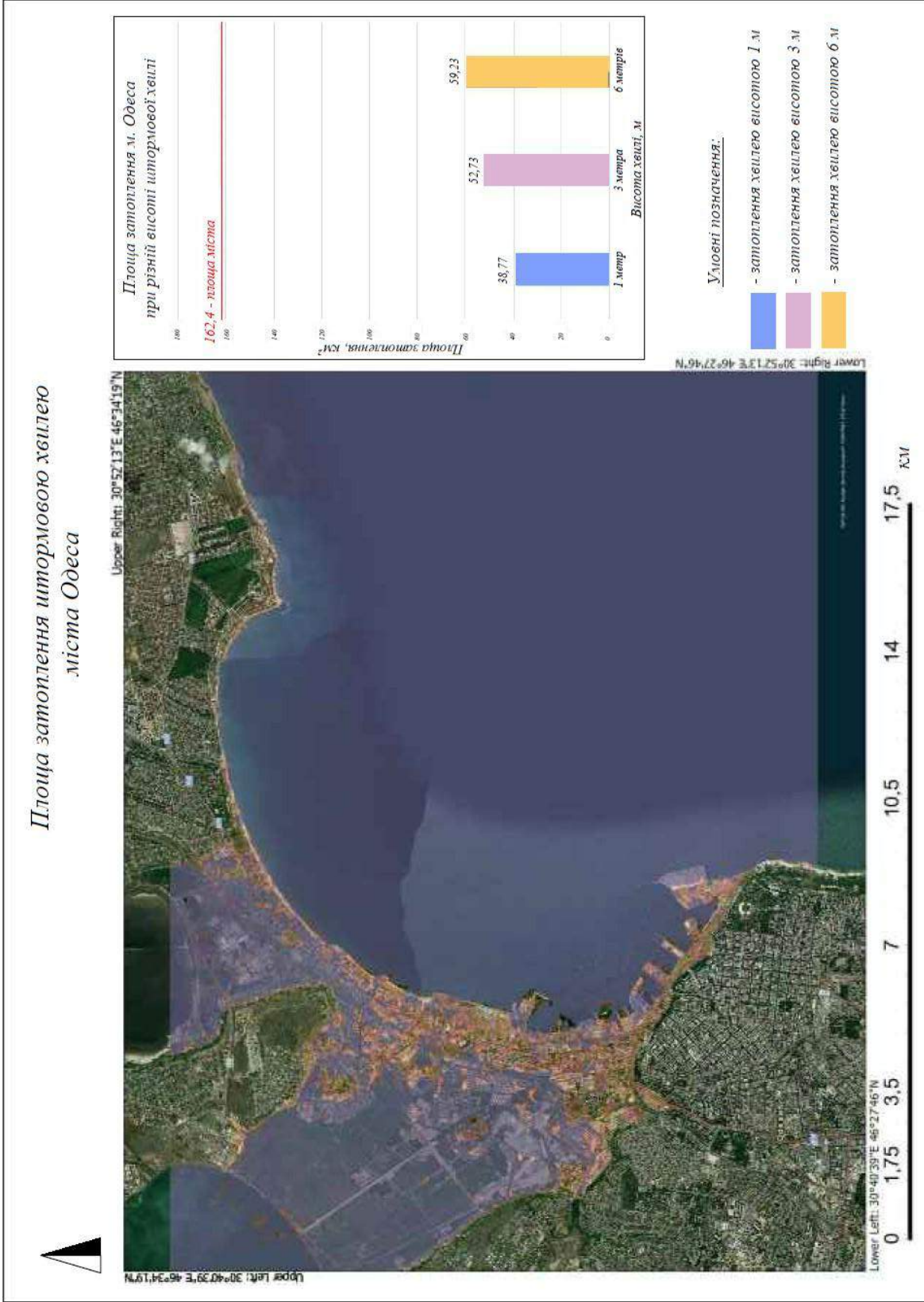


Рисунок 2.45 – Площа затоплення штормовою хвилею м. Одеса

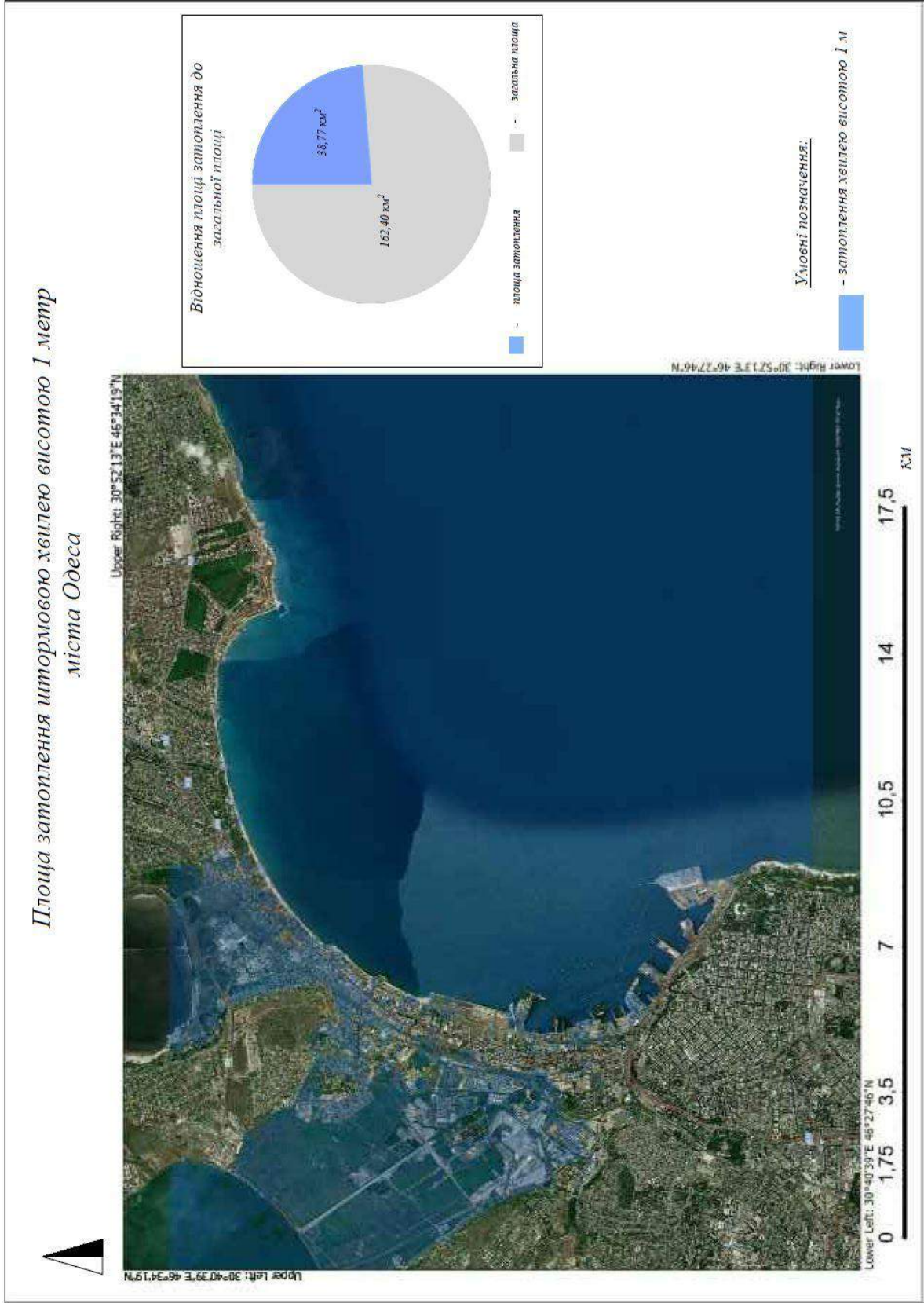


Рисунок 2.46 – Площа затоплення штормовою хвилею висотою 1 метр м. Одеса

*Площа затоплення штормовою хвилею висотою 3 метри
міста Одеса*

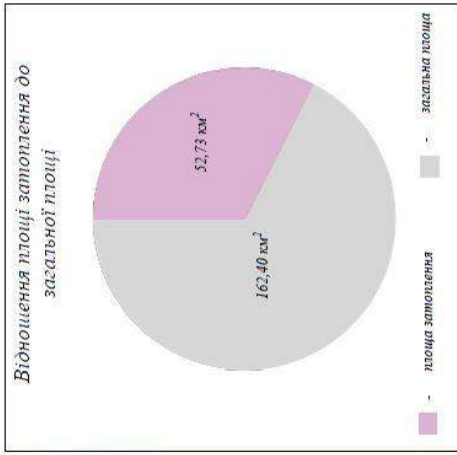
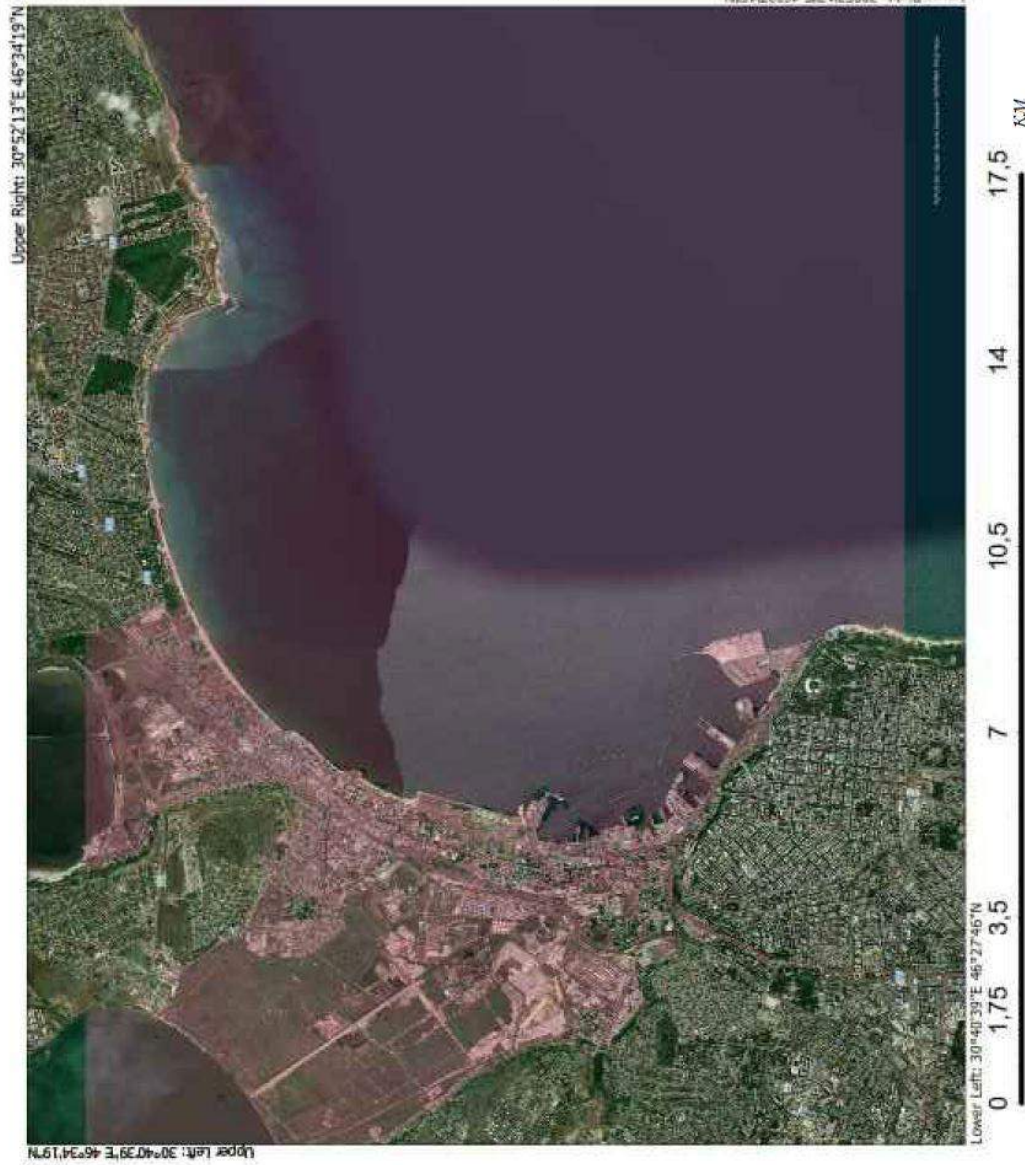


Рисунок 2.47 – Площа затоплення штормовою хвилею висотою 3 метри м. Одеса

Площа затоплення штормовою хвилею висотою 6 метрів міста Одеса

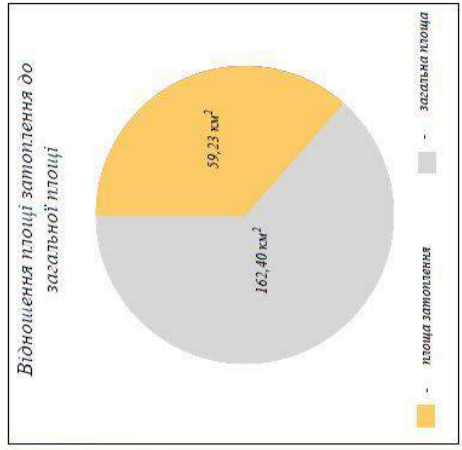


Рисунок 2.48 – Площа затоплення штормовою хвилею висотою 6 метрів м. Одеса

2.3. Перевірка актуальності методики

Перевірка актуальності розробленої методики має ключове значення в контексті її подальшого використання та впровадження. Цей етап дослідження визначається рядом суттєвих аспектів.

По-перше, у зв'язку з непередбачуваністю змін кліматичних умов та частоти стихійних явищ, перевірка актуальності методики дозволяє адаптувати її до нових реалій природного середовища. Сучасні тенденції викликають потребу у постійному оновленні та оптимізації методологій для надійного виявлення та передбачення небезпек.

По-друге, швидкий технологічний прогрес в галузі ГІС та аналізу даних обумовлює необхідність перевірки та можливої модернізації методики. Використання новітніх технологій може значно підвищити точність та швидкість отримання результатів.

По-третє, зміни в соціально-економічному середовищі та споживчих уподобаннях вимагають адаптації методики до нових умов життя та розвитку інфраструктури. Це стає ключовим для забезпечення ефективності та практичності розробленого підходу.

Порівняння з існуючими методиками, а також отримання фідбеку від експертів та користувачів, дозволяє визначити конкурентоспроможність та переваги розробленої методики, а також виявити можливі напрями її вдосконалення.

Для перевірки на актуальність було виявлено, що найбільш ураженим до затоплень є Пересипський район м. Одеса. Вій займає 12% від площі міста (рис. 2.49).

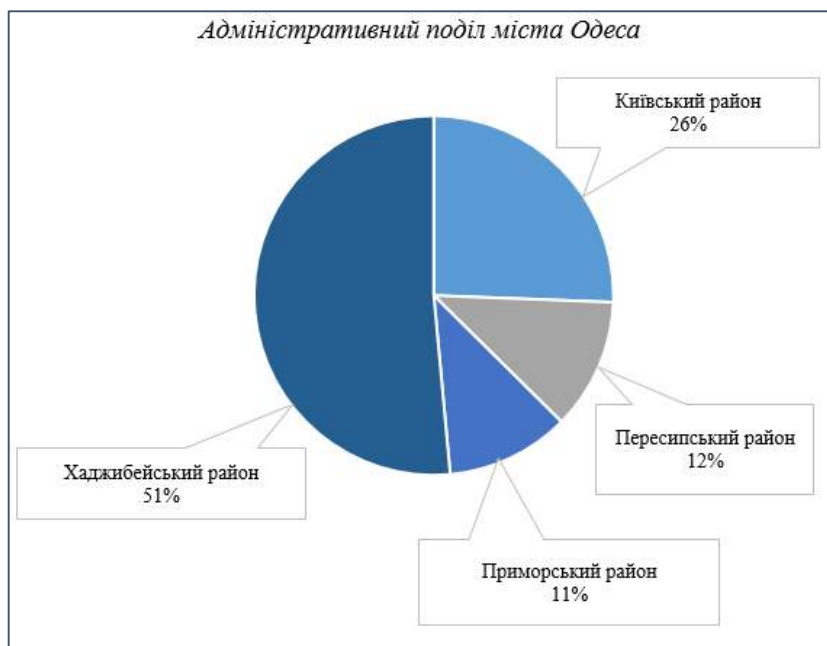


Рисунок 2.49 – Адміністративний поділ міста Одеса

Далі було знайдено новий поділ міста на райони. Далі при застосуванні створеної методики виявлено, що підвернено затопленню 41% району (рис. 2.50)



Рисунок 2.50 – Затоплення Пересипського району міста Одеса

Громадська організація «Екодія» опублікувала результати дослідження, згідно з яким за нинішнього рівня викидів вуглекислого газу до кінця століття в Україні буде затоплено 34 міста, зокрема Одеса

Прогноз громадські працівники представили у вигляді інтерактивної карти, яка показує, які населені пункти, будівлі, дороги, екологічно небезпечні об'єкти та частини природно-заповідного фонду можуть бути затоплені Чорним та Азовським морем.

Одесі прогнозують затоплення Пересипу та Лузанівки, від Приморської вулиці до "Молодої Гвардії"

Так, в Одеському регіоні під водою зображено два мікрорайони обласного центру — Пересип та Лузанівку, а також місто Вилкове, курортне селище Затока та інші території.

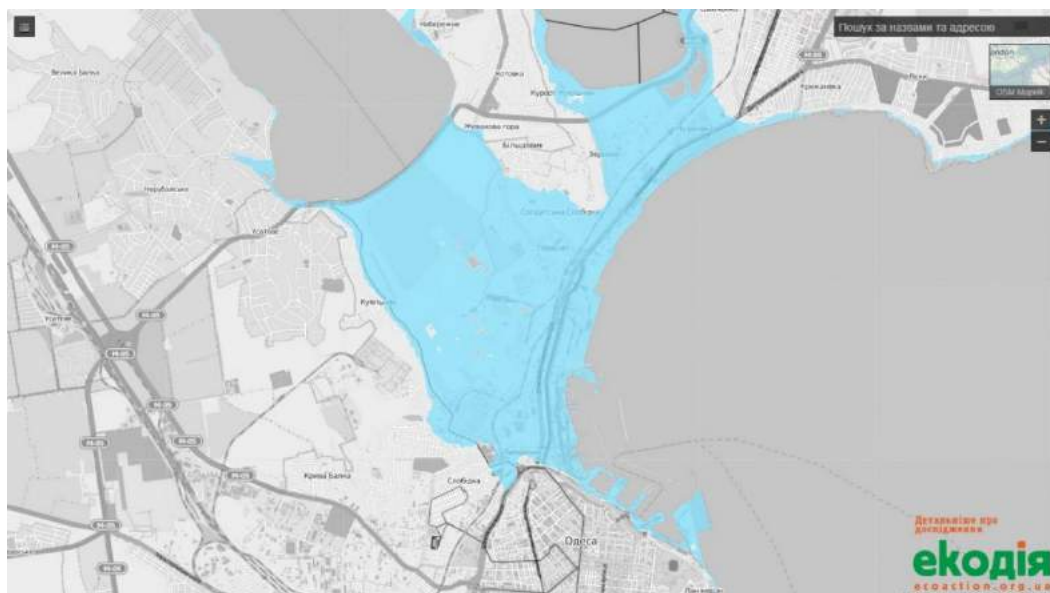


Рисунок 2.51 – Дослідження «Екодії»

«За словами експертів, щоб запобігти цьому, потрібно зменшувати викиди парникових газів і переходити на чисті джерела енергії вже до середини століття», - наголошують в організації.

Дослідження проводилося з метою привернення уваги до наслідків змін клімату в Україні [15].

ВИСНОВКИ

У ході проведення аналізу наявних засобів визначення зон ймовірного затоплення показав, що найбільш ефективним є використання програмного забезпечення ArcGIS Pro з даними дистанційного зондування Землі.

Розроблена методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних технологій дозволила більш ефективно виявляти зони затоплення морськими водами за рахунок комплексного використання контактних та дистанційних даних.

Практична реалізація розробленої методики на прикладі міста Одеса показала, що найбільш схильний до затоплення є Пересипський район. Розраховано, що при висоті штормової хвилі 6 метрів буде затоплено 41% від площі міста Одеса.

В результаті дипломної роботи було розроблено методику автоматичного визначення меж водних об'єктів. Дана методика значно скоротить часові витрати та практично не пошкодить точність отриманих результатів. Було визначено зони, що схильні до затоплення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із курсу «Основи океанології» [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9205118/> – 28.11.2023
2. Climate-induced storminess forces major increases in future storm surge hazard in the South China Sea region [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://nhess.copernicus.org/articles/23/2475/2023/> – 29.11.2023
3. Штормовий приплив [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2 – 30.11.2023
4. Beaufort Wind Scale [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.weather.gov/mfl/beaufort#:~:text=He%20developed%20the%20scale%20in,today%20to%20estimate%20wind%20strengths.&text=Sea%20like%20a%20mirror./> – 29.11.2023
5. Beaufort wind force scale [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://skybrary.aero/articles/beaufort-wind-force-scale> – 29.11.2023
6. Ukraine – Floods and Storms in Odessa Leave 3 Dead [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://floodlist.com/europe/ukraine-floods-storms-odessa-leave-3-dead> – 29.11.2023
7. Дистанційне зондування та географічні інформаційні системи [Текст] Чандра А. М., Гош С. К. / Пер. з англ.. А. В. Кирюшина. — М.: Техносфера, 2008 – 288 с
8. Конспект лекцій з дисципліни «Дистанційне зондування та фотограмметрія» [Електронний ресурс]: // Режим доступу: <http://ecolog.pro> – 30.11.2023
9. Багатороторні безпілотні літальні апарати та можливості їх використання для дистанційного зондування Землі / [Електронний ресурс] Барбасов В.К., Гаврюшин Н.М., Дриг Д.О., Батаєв М.С, Алтинов А.Є. // Режим

доступу: <https://rusdrone.ru/blog/arkhiv/mnogorotornye-bespilotnye-letatelnye-apparaty-i-vozmozhnosti-ikh-ispolzovaniya-dlya-distantsionnogo-/> – 03.12.2023

10. Mapping floods from remote sensing data and quantifying the effects of surface obstruction by clouds and vegetation [Електронний ресурс]: // Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425723001074> – 30.11.2023

11. Використання даних ДЗЗ для аналізу штормових нагонів [Текст] М.С. Долматова, // VI Всеукраїнська науково-технічна конференція. Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення. м. Житомир – 2023

12. Моніторинг природних ресурсів [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://ukrbukva.net/page,14,59189-Monitoring-prirodnyh-resursov.html> – 05.12.2023

13. Стандартні рівні обробки та формати представлення даних ДЗЗ із космосу [Текст] А.В. Бєленів, Світовий досвід. // Журнал "Геоматика" – 2009. – с.18-20

14. ArcGIS Pro [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview> – 05.12.2023

15. Як затопить Одесу та область: екоактивісти змоделювали зміну берегової лінії до 2100 року/ [Електронний ресурс]// Режим доступу: <https://dumskaya.net/news/kak-zatopit-odessu-i-oblast-ekoaktivisty-smodeli/ua/> – 13.12.2023

ДОДАТОК А Плакат за темою кваліфікаційної роботи



МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ШТОРМОВИХ НАГОНІВ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

Спеціальність: 193-Геодезія та
землеустрій
Освітня програма: Геоінформаційні
системи та технології

Виконавець:
Студентка гр. №462-м,
Долматова Марія Сергіївна

Керівник:
к.т.н., доцент, зав. кафедри
Горелик Станислав Ігоревич

Актуальність роботи — Визначення зон ймовірного затоплення штормовою хвилею має велике значення з погляду безпеки населення, захисту інфраструктури та природних ресурсів. Штормові хвилі можуть призводити до руйнувань інфраструктури, такої як дороги, мости, електропостачання та інші об'єкти. Зазначення зон затоплення допомагає врахувати ці ризики при плануванні та будівництві, що сприяє сталому розвитку.

З урахуванням змін клімату, що призводять до збільшення інтенсивності та частоти штормових подій, важливо адаптувати інфраструктуру та суспільство до цих змін. Визначення зон затоплення є ключовим елементом стратегій кліматичної адаптації. Сучасні технології ГІС дозволяють отримувати точні та деталізовані дані для моделювання розподілу води внаслідок штормів. Інтеграція різноманітних даних, таких як геодезичні дані, рельєф та інші параметри, дозволяє створити точні та надійні моделі.

Мета роботи — підвищення точності визначення ймовірних зон затоплення штормовими хвилями за рахунок використання геоінформаційних технологій.

Об'єкт дослідження — процес визначення зон ймовірних затоплень штормовими нагонами за допомогою ГІС.

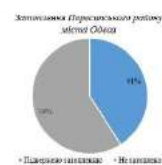
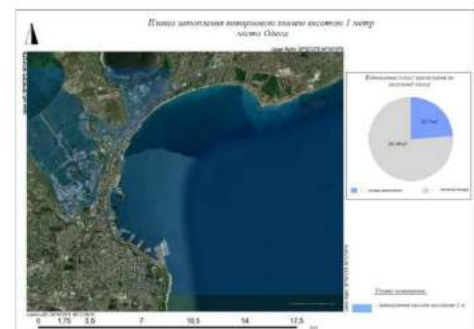
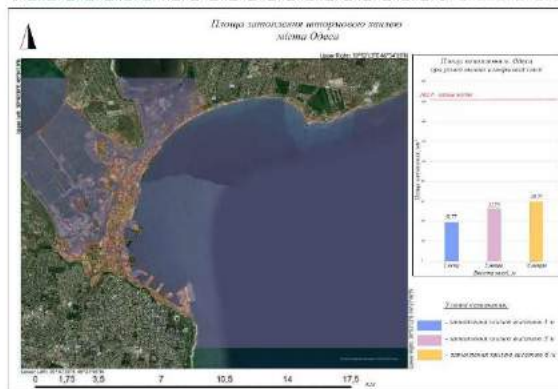
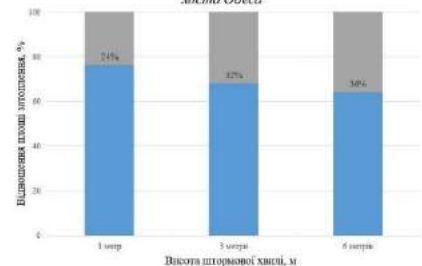
Предмет дослідження — методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних систем.

Отримані результати

Схема основних етапів роботи



Відношення площі затоплення до загальної площі міста Одеса



ДОДАТОК Б Презентація за темою кваліфікаційної роботи



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра «Геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі»

Кваліфікаційна робота магістра

За спеціальністю «193 Геодезія та землеустрій»

Освітня програма: Геоінформаційні системи та технології

«Методика визначення зон штормових нагонів води з використанням ГІС»

Виконала: студентка 2 курсу

групи № 462-м

Долматова М.С.

Керівник: к.т.н., доцент каф. 407

Горелик С.І.

Харків - 2024



Актуальність методики визначення меж водних об'єктів

Визначення зон ймовірного затоплення штормовою хвилею має велике значення з погляду безпеки населення, захисту інфраструктури та природних ресурсів. Штормові хвилі можуть призводити до руйнувань інфраструктури, такої як дороги, мости, електропостачання та інші об'єкти. Зазначення зон затоплення допомагає врахувати ці ризики при плануванні та будівництві, що сприяє сталому розвитку.

З урахуванням змін клімату, що призводять до збільшення інтенсивності та частоти штормових подій, важливо адаптувати інфраструктуру та суспільство до цих змін. Визначення зон затоплення є ключовим елементом стратегій кліматичної адаптації. Сучасні технології ГІС дозволяють отримувати точні та деталізовані дані для моделювання розподілу води внаслідок штормів. Інтеграція різноманітних даних, таких як геодезичні дані, рельєф та інші параметри, дозволяє створити точні та надійні моделі.

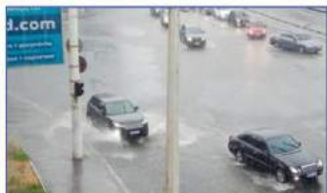


Схема основних етапів роботи



Мета роботи – підвищення точності визначення ймовірних зон затоплення штормовими хвилями за рахунок використання геоінформаційних технологій.

Об'єкт дослідження – процес визначення зон ймовірних затоплень штормовими нагонами за допомогою ГІС.

Завдання:

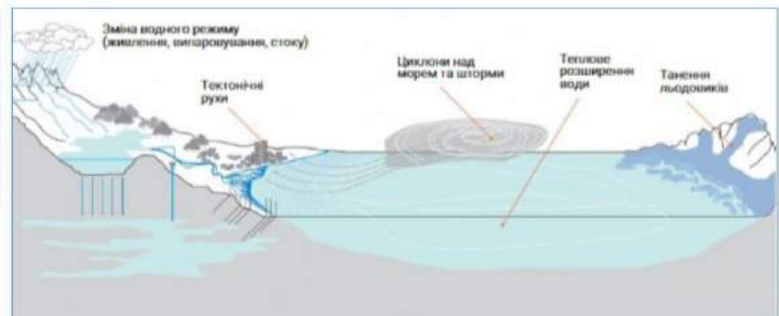
1. Проаналізувати методики визначення зон ймовірного затоплення засобами ГІС;
2. Визначити необхідні вхідні дані для дослідження;
3. Розробка методики визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних технологій;
4. Практична реалізація розробленої методики на прикладі міста Одеса.

Предмет дослідження – методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних систем.

3

Причини утворення морських хвиль

Головною причиною виникнення хвиль є вітер. Він ніби вдавлює водну поверхню і виводить її з рівноваги. Навіть слабкий вітер створює хвилі. Зазвичай висота хвиль не перевищує 4 м. Коли вітер слабше, високі хвилі змінюються брижами – низьким хвилюванням. Чим сильніший і триваліший вітер та більший водний простір, тим вищі хвилі. З глибиною хвилювання зменшується і стає не помітним.



Вплив природних факторів на рівень водних об'єктів



Види рухів води в морях



Фактори, які мають вплив на висоту хвилі

4

Вхідні данні та ПЗ

Сила вітру, балл	Швидкість вітру, м/сек	Характеристика	Дія вітру
0	< 0.3	Штиль	Дзеркальне море.
1	0.3-1.5	Тихий	Ряб, піна на гребнях відсутня.
2	1.6-3.4	Легкий	Рух повітря відчувається обличчям. Флюгер обертається.
3	3.4-5.4	Слабкий	Майорять прапори.
4	5.5-7.9	Помірний	Хвилі продовжуєт, видно білі барашки з піни.
5	8.0-10.7	Свіжий	Розвинені у довжину, але не в висоту хвилі.
6	10.8-13.8	Сильний	Починають утворюватися крупні хвилі.
7	13.9-17.1	Мішний	На морі здійснюються хвилі, що піняться.
8	17.2-20.7	Дуже мішний	Помірно високі хвилі.
9	20.8-24.4	Шторм	Невеликі руйнування.
10	24.5-28.4	Сильний шторм	Дуже високі хвилі з довгими згинаючими донизу гребнями. Утворюється піна.
11	28.5-32.6	Жорсткий шторм	Виключно високі хвилі. Море вкрито довгими білими хлоп'ям з піни.
12	≥ 32.7	Ураган	Повітря переповнено піною та бризками. Погана видимість.

Шкала Бофорта, що відображає силу вітру та наслідки його дії на воді

Картографічні дані для роботи

- Відкриті данні «SRTM»
- Шар з існуючими даними ArcGIS Online

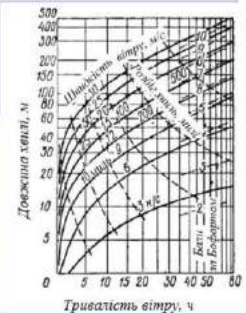
Програмне забезпечення

ArcGIS Pro – повнофункціональний професійний настільний ГІС-додаток від компанії Esri.



Метеодані Чорного моря

Найбільші висоти хвиль у Чорному морі – 14 метрів. Довжина таких хвиль становить 200 метрів. На підходах до Одеси максимальна висота хвиль дорівнює 6 метрів, а довжина 120 метрів.



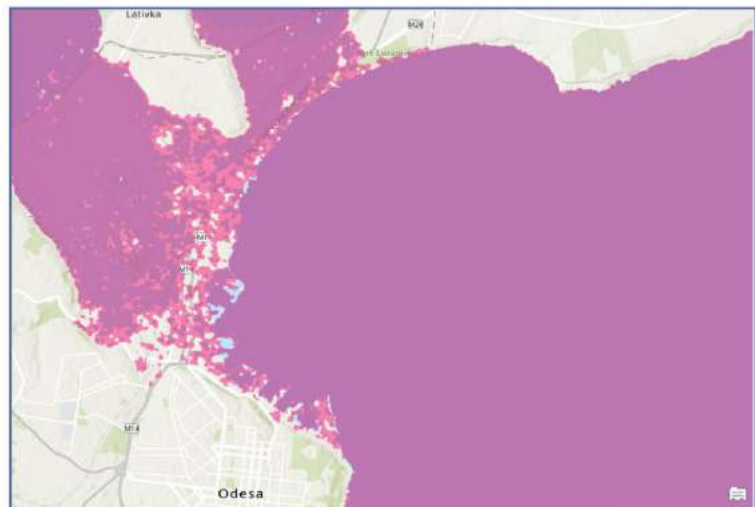
Залежність довжини хвилі від тривалості вітру

5

Підбір відкритих даних для м. Одеса в програмі ArcGIS Pro



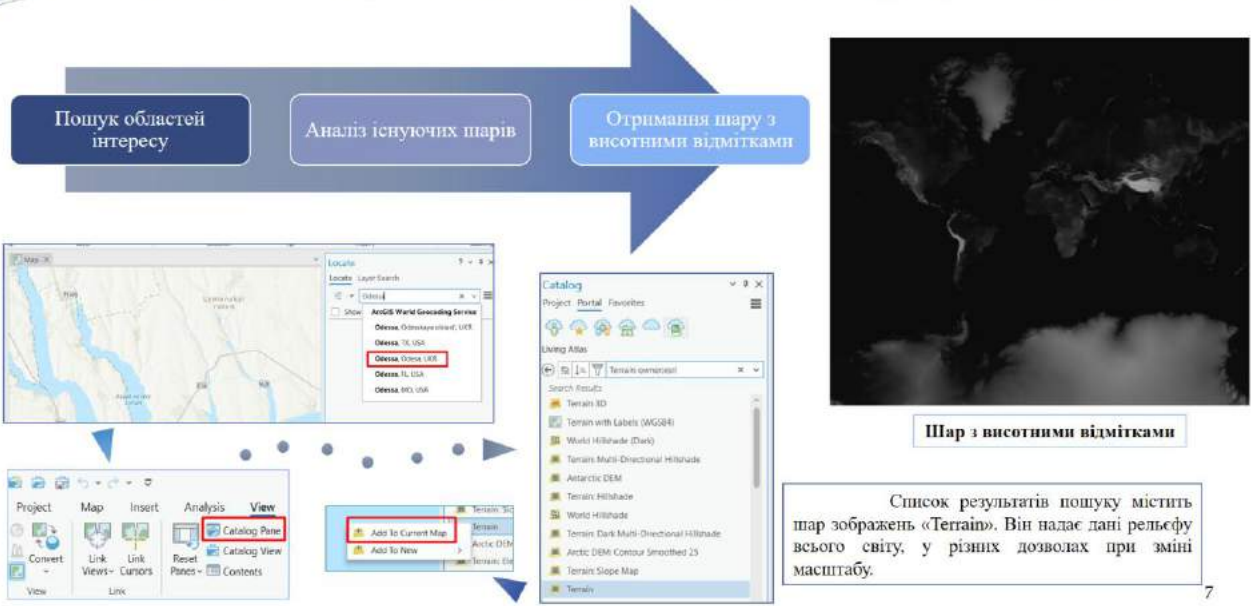
Створення нового шару та пошук відкритих. Завантаження отриманих даних на вже існуючу карту.



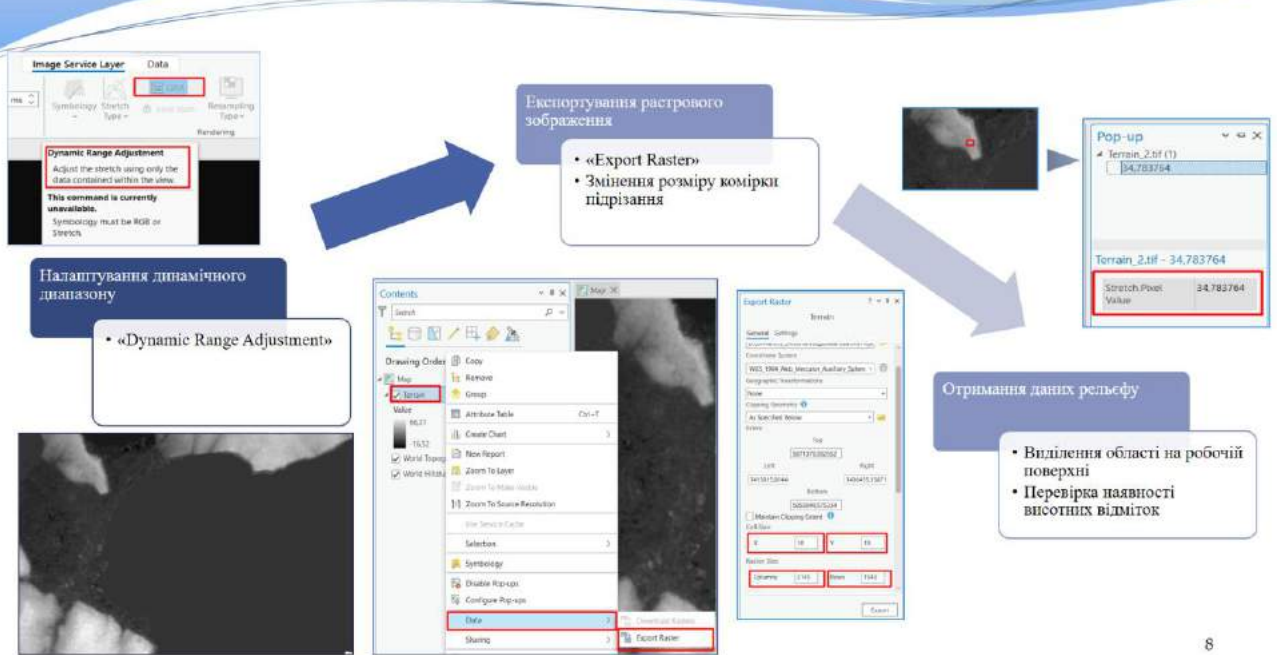
Векторний шар з висотою штормової хвилі 1 метр

6

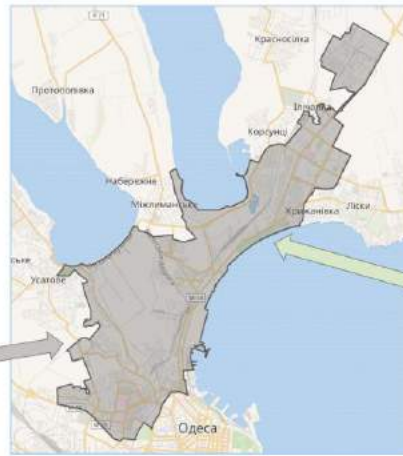
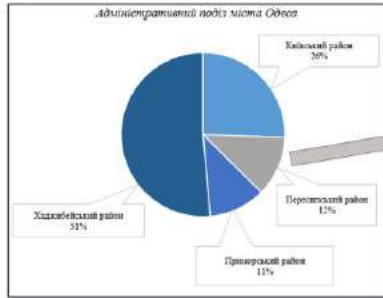
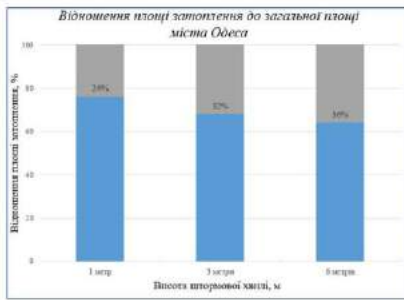
Отримання шару з висотними відмітками в програмі ArcGIS Pro



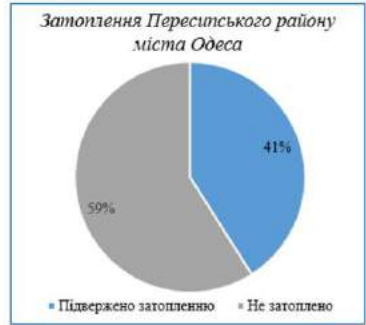
Визначення висот для м. Одеса в програмі ArcGIS Pro



Затоплення штормовими хвилями Пересипського району м. Одеса

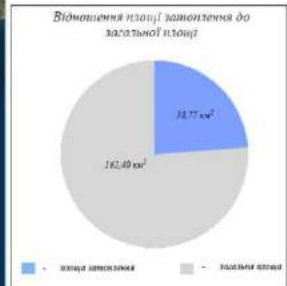
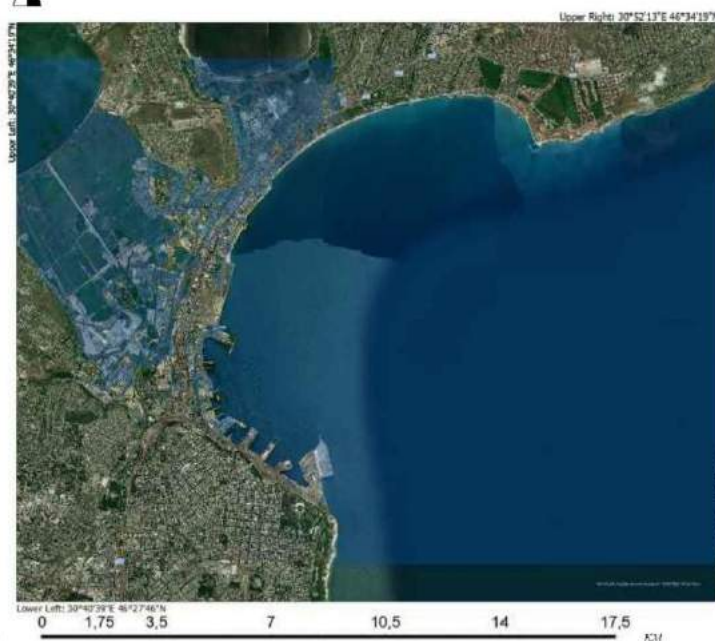


Карта Пересипського району м. Одеса

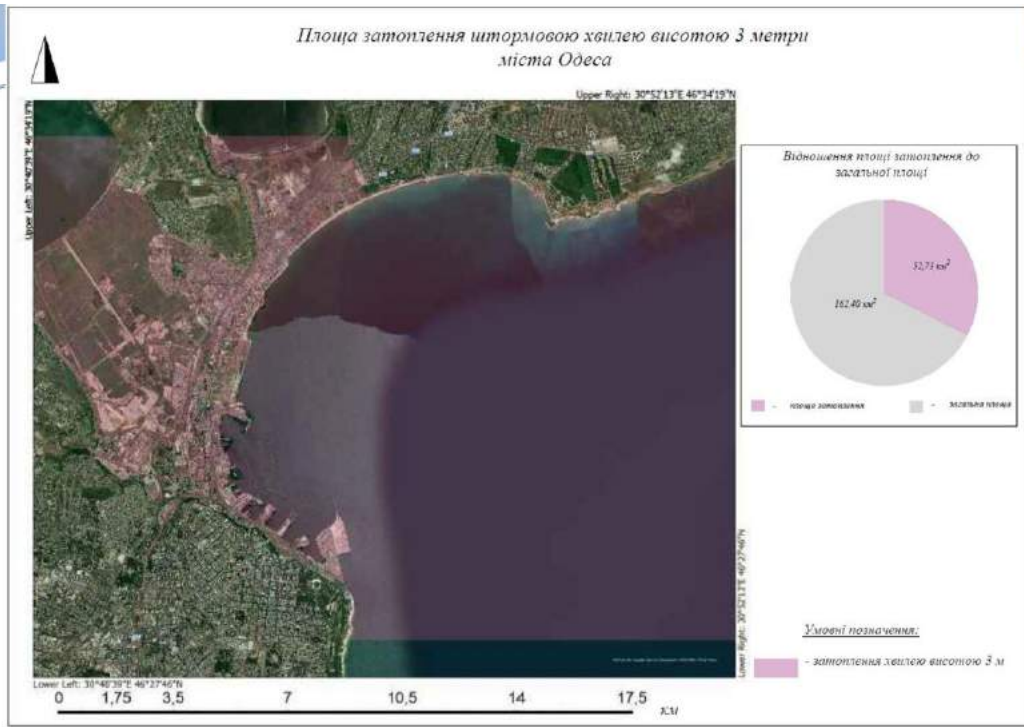


Лузанівка — єдиний природний, піщаний пляж, оскільки весь район знаходиться на природному барі.

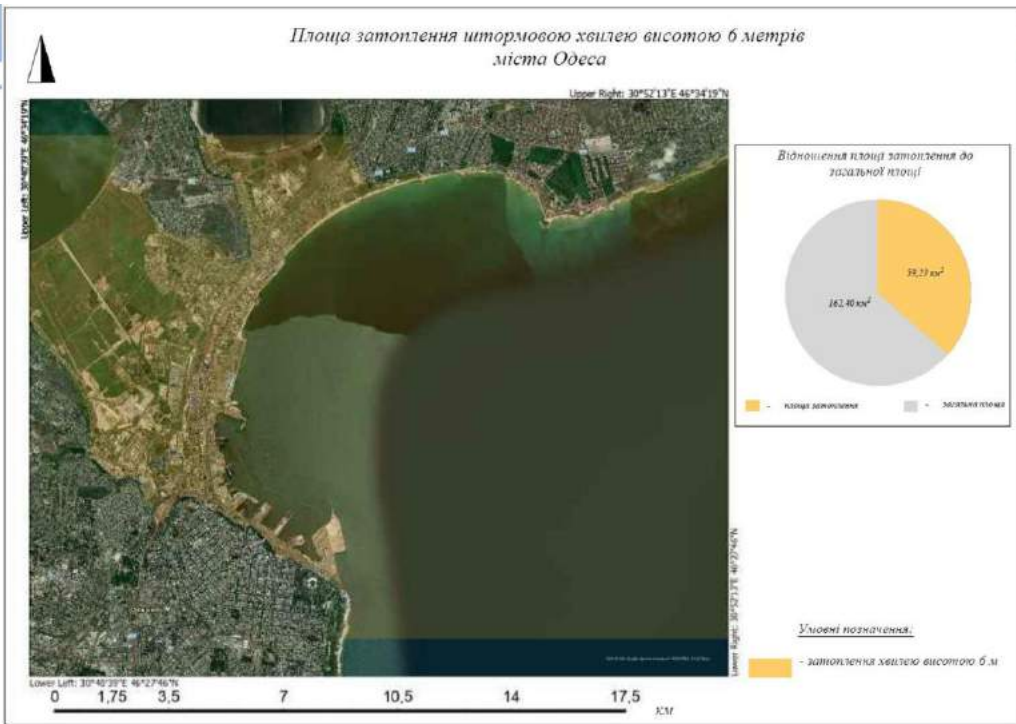
Площа затоплення штормовою хвилею висотою 1 метр міста Одеса



Умовні позначення:
 - затоплення хвилею висотою 1 м



13



14

ВИСНОВКИ

Аналіз наявних засобів визначення зон ймовірного затоплення показав, що найбільш ефективним є використання програмного забезпечення ArcGIS Pro з даними дистанційного зондування Землі.

Розроблена методика визначення зон штормових нагонів води з використанням геоінформаційних технологій дозволила більш ефективно виявляти зони затоплення морськими водами за рахунок комплексного використання контактних та дистанційних даних.

Практична реалізація розробленої методики на прикладі міста Одеса показала, що найбільш схильний до затоплення є Пересипський район. Розраховано, що при висоті штормової хвилі 6 метрів буде затоплено 41% від площі міста Одеса.

АПРОБАЦІЇ

1. Долматова М.С. Використання даних ДЗЗ для аналізу штормових нагонів // VI Всеукраїнська науково-технічна конференція. Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення. 29-30 листопада 2023р. м. Житомир