

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
_____ Тамара ДУДАР
«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

Тема: «Дистанційна оцінка змінення акваторії Каховського водосховища до і після аварії з використанням геоінформаційних технологій»

Виконавець: здобувач групи ЕК-401 Ларін Євгеній Романович

Керівник: доктор технічних наук, професор Дудар Тамара Вікторівна

Нормоконтролер: _____

Андріан ЯВНЮК

КИЇВ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тамара ДУДАР

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Ларіна Євгенія Романовича

1. Тема кваліфікаційної роботи «Дистанційна оцінка змінення акваторії Каховського водосховища до і після аварії з використанням геоінформаційних технологій» затверджена наказом ректора від «01» квітня 2024 р. №122/од.
2. Термін виконання роботи: з 20.05.2024 р. по 16.06.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: знімки USGS, багатоспектральні космічні знімки Landsat-8 – Landsat-8.
4. Зміст пояснювальної записки: Застосування даних ДЗЗ для оцінки стану екосистем. Розрахунок зміни площі акваторії Каховського водосховища до та після аварії.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Опрацювання практичної частини кваліфікаційної роботи.	20.05.2024-30.05.2024	
2	Формування кваліфікаційної роботи.	30.05.2024-02.06.2024	
3	Попередній захист.	03.06.2024	
4	Подання робіт для перевірки на наявність плагіату.	04.06.2024	
5	Подання готових друкованих робіт та супровідних документів на кафедру	07.06.2024	
6	Захист дипломних робіт	10.06.2024	

7. Дата видачі завдання: « 20 » травня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи:

(підпис керівника)

Тамара ДУДАР

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис випускника)

Євгеній ЛАРІН

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Дистанційна оцінка змінення акваторії Каховського водосховища до і після аварії з використанням геоінформаційних технологій»: 40 с., 27 рис., 2 табл., 20 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: зміни акваторії Каховського водосховища до і після підриву з використанням геоінформаційних технологій.

Мета роботи: навчитися використовувати геоінформаційні технології з урахуванням сучасних методів обробки даних.

Методи дослідження: аналіз проводився аерокосмічними методами, котрі дають змогу оперативно і дистанційно прорахувати і оцінити масштаб збитків. Використані дані супутника Landsat-8. Метод виявлення водних об'єктів здійснювався за результатами багатоспектральних супутникових вимірювань.

МОНІТОРИНГ, ВОДНИЙ ІНДЕКС, ПОРІВНЯННЯ ПЛОЩІ, КОСМІЧНІ ЗНІМКИ, LANDSAT.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕРМІНОЛОГІЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	9
1.1. Загальна характеристика водних об'єктів.....	9
1.1.1.Поняття гідрологія	9
1.2. Висновки до розділу.....	10
РОЗДІЛ 2. ОПИС ЗОНИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
2.1. Загальна характеристика території дослідження.....	11
2.2. Висновки до розділу.....	12
РОЗДІЛ 3. ВИРІШЕННЯ ПРИРОДОЕКОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ АЕРОКОСМІЧНИМИ МЕТОДАМИ.....	13
3.1. Розвиток аерокосмічних технологій в Україні.....	13
3.2. Загальна характеристика супутникових місій Landsat.....	14
3.3. Методика дослідження.....	15
3.4. Алгоритм виконання практичної роботи.....	18
3.5. Висновки до розділу.....	28
РОЗДІЛ 4. ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ДО ЗАТОПЛЕННЯ І ПІСЛЯ.....	29
4.1. Результати дослідження.....	29
4.2. Порівняння отриманих результатів.....	30
4.3. Висновки до розділу.....	37
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....	39

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ГІС - це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, збереження, редагування, аналізу та відображення географічних даних;

NDWI (Normalized Difference Water Index) - нормалізований диференційний водний індекс;

ArcGIS 9 — це інтегрований набір програмних ГІС-продуктів для створення повноцінної геоінформаційної системи;

MSS (Multispectral Scanner) і TM (Thematic Mapper) – сканери.

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) - вдосконалена версія сканерів TM.

SWIR – аерофотозйомка, аналіз землі, виявлення води тощо.

LWIR - використовується для виявлення тепла та інших додаткових функцій.

ВСТУП

Актуальність теми. Проблематика погіршення стану навколишнього середовища та кліматичні зміни становлять все більш загострену проблему для сучасного світу. Стрімкий розвиток технологій та промисловості на жаль супроводжується викидами забруднюючих речовин в біосферу, скороченням природних ресурсів і порушенням екологічної рівноваги.

Щоб вирішити ці екологічні проблем необхідно використовувати інноваційні й сучасні методи аналізу і обробки даних. До таких належать аерокосмічні методи і геоінформаційні технології, що в свою чергу дають незаперечні переваги, такі як оперативний й дистанційний аналіз певної території інтересу та загальна оцінка ситуації.

Підходів щодо визначення та оцінювання стійкості геосистем можна знайти в роботах В.Ю. Беленок, А.А. Фролова, а також ряд інших вітчизняних та зарубіжних вчених.

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – зробити оцінку змін акваторії Каховського водосховища в Херсонській області та порівняти результати затоплення на цій території за даними дистанційних спектральних вимірювань.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати ситуацію щодо стану території дослідження.
2. Розглянути дистанційні методи дослідження для застосування в роботі.
3. Розрахувати площу водної поверхні акваторії до і після аварії.
4. Порівняти результати та зробити висновки.

Об'єкт дослідження – зміни акваторії Каховського водосховища до і після підриву з використанням геоінформаційних технологій.

Предмет дослідження – акваторія Каховського водосховища.

Методи дослідження – обробка супутникових знімків заданої локації; метод дистанційного зондування для розрахунку площі водної поверхні NDWI; зіставлення даних космічних знімків за 2022 та 2023 роки.

Особистий внесок випускника: використання технології дистанційного зондування землі, збір інформації зони дослідження, проводився аналіз зміни акваторії Каховського водосховища.

Апробація отриманих результатів.

1.Тези доповідей XXIV Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ” Київ 2024 (сторінка 21-22)

URL:<https://nau.edu.ua/ua/menu/science/naukovi-zahody/konferencziitaseminary/mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferencziya-molodyh-uchenyh-i-studentiv-polit.html>

2.Тези доповідей XVIII всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів “ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВИ” Київ 2024 (сторінка 28-29)

URL:<https://febit.nau.edu.ua/kafedry/kafedra-ekolohii/konferentsii-kafedry-ekolohii/vseukrainska-naukovo-praktychna-konferentsiia-molodykh-uchenykh-i-studentiv-ekolohichna-bezpeka-derzhavy/>

Публікації: тези у конференціях: «Політ. Сучасні проблеми науки», «Екологічна безпека держави» в процесі написання.

РОЗДІЛ 1

ТЕРМІНОЛОГІЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Загальна характеристика водних об'єктів

Водний біом є найбільшим, оскільки він охоплює приблизно три чверті географічної території планети. Морське середовище включає морську та солону воду, тоді як прісноводне середовище включає ставки, озера, річки.

1.1.1. Поняття гідроекологія

Гідроекологія - це наукова дисципліна, яка займається водною біотою та її архітектурними та організаційними характеристиками та процесами, що є результатом взаємодії між гідробіонтами та водним середовищем. Ця наука тісно пов'язана з гідрологією, гідрохімією, гідробіологією та зоологією. Це галузь науки, яка займається взаємодією між гідрологічними, гідрохімічними та гідробіологічними процесами у воді, яка знаходиться в різних елементах навколишнього середовища та впливає на життя організмів. Цю науку можна вважати важливою для розробки стратегій запобігання виснаженню водних джерел і захисту водойм [1].

Термін гідроекологія вперше запропонував науковець В. Д. Романенко у 2001 році [2].

Акваторія - це вода, яка оточує певний простір, де люди повинні маневрувати; це як прісноводні, так і солоноводні утворення, такі як озера, моря, річки, ставки та інші, і вони мають важливе значення для підтримки гідрологічних систем, екології та утворень різних форм життя[3].

Термін акваторія вперше запропонував Е.Б. Алаєв у 1981 році.[4]

Гідробіологія — комплексна біологічна наука, яка вивчає біоту гідросфери, з'ясовує вплив факторів водного середовища на гідробіонтів, розкриває біологічні процеси, що відбуваються у воді в результаті взаємодії біотичних і абіотичних компонентів. Гідробіологія вивчає будову і функціонування водних екосистем, розподіл різноманітних організмів у воді, їх біологічні особливості (ріст, розвиток, живлення, обмін речовин тощо) і роль гідробіонтів у процесах перетворення речовин і енергії в екосистемах.

Термін гідробіологія виник на початку ХХ століття. Великий внесок у розвиток цієї науки зробили такі вчені, як Олександр Воейков, Лев Берг, Юлій Шокальський, Михайло Веліканов та Геннадій Іванович Шульман [5].

1.2. Висновки до розділу

Таким чином, гідроекосистема є дуже важливим елементом землі. Розглянуто деякі ключові аспекти.

Водні екосистеми: від річок, озер, боліт, морів і океанів до внутрішніх, таких як басейни, забезпечують життя багатьох видів рослин, тварин і мікроскопічних організмів.

Біорізноманіття: підтримує різноманіття видів. Водні екосистеми є притулком для риб, водоплавних птахів, водних комах, водоростей та інших видів.

Фільтрація та очищення води: вони відіграють важливу роль у процесах фільтрації та очищення води. Вони служать способом самоочищення від забруднюючих речовин та інших поживних речовин, які можуть бути в надлишку у водоймах.

Регулювання клімату: впливає на клімат, оскільки він здатний утримувати воду і таким чином впливати на систему кругообігу води. Це також впливає на кількість випадків повеней і посух.

Економічне значення: риболовля, туризм, водний транспорт та інші види діяльності, якими можна зайнятися з економічного погляду.

Отже, гідроекосистеми мають вирішальне значення для підтримки життя, видів. Наведений вище баланс означає, що ми повинні захистити їх і забезпечити стале використання.

РОЗДІЛ 2

ОПИС ЗОНИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика території дослідження

Нова Каховка — місто в Україні, розташоване в Херсонській області на правому березі Дніпра нижче міста Каховка. З цього місця починається маршрут– Північно-Кримського каналу, що пролягає через це місто. Крім того, це потужна зрошувальна система відома як Каховська зрошувальна система. Місто було засновано 28 лютого 1952 року. З моменту вторгнення 24 лютого 2022 року перебуває під тимчасовою окупацією російських військ.

Як бачимо, Нова Каховка має важливе географічне значення, а наявність річкових потенціалів регіону сприяє її розвитку. Раніше місто Каховка було відоме будівництвом Каховської гідроелектростанції та зростанням електротехнічного виробництва.

Зараз Нова Каховка є важливим центром для регіону, незважаючи на виклики, пов'язані з окупацією. Місто має свою унікальну історію, культуру та географічні особливості.

Каховська гідроелектростанція (ГЕС) імені П. С. Непрожного розташована в південній частині України, приблизно за 0.5 км від міста Нова Каховка Херсонської області (рис.2.1). Це остання (найнижча) гідроелектростанція каскаду на річці Дніпро.

Історія будівництва Каховської ГЕС також починається з вересня 1950 року. Новий підхід у будівництві гідротехнічних споруд: вперше в гідротехніці сплановано і здійснено будівництво земляної дамби висотою до 30 метрів на мулі без попередньої підготовки основи.

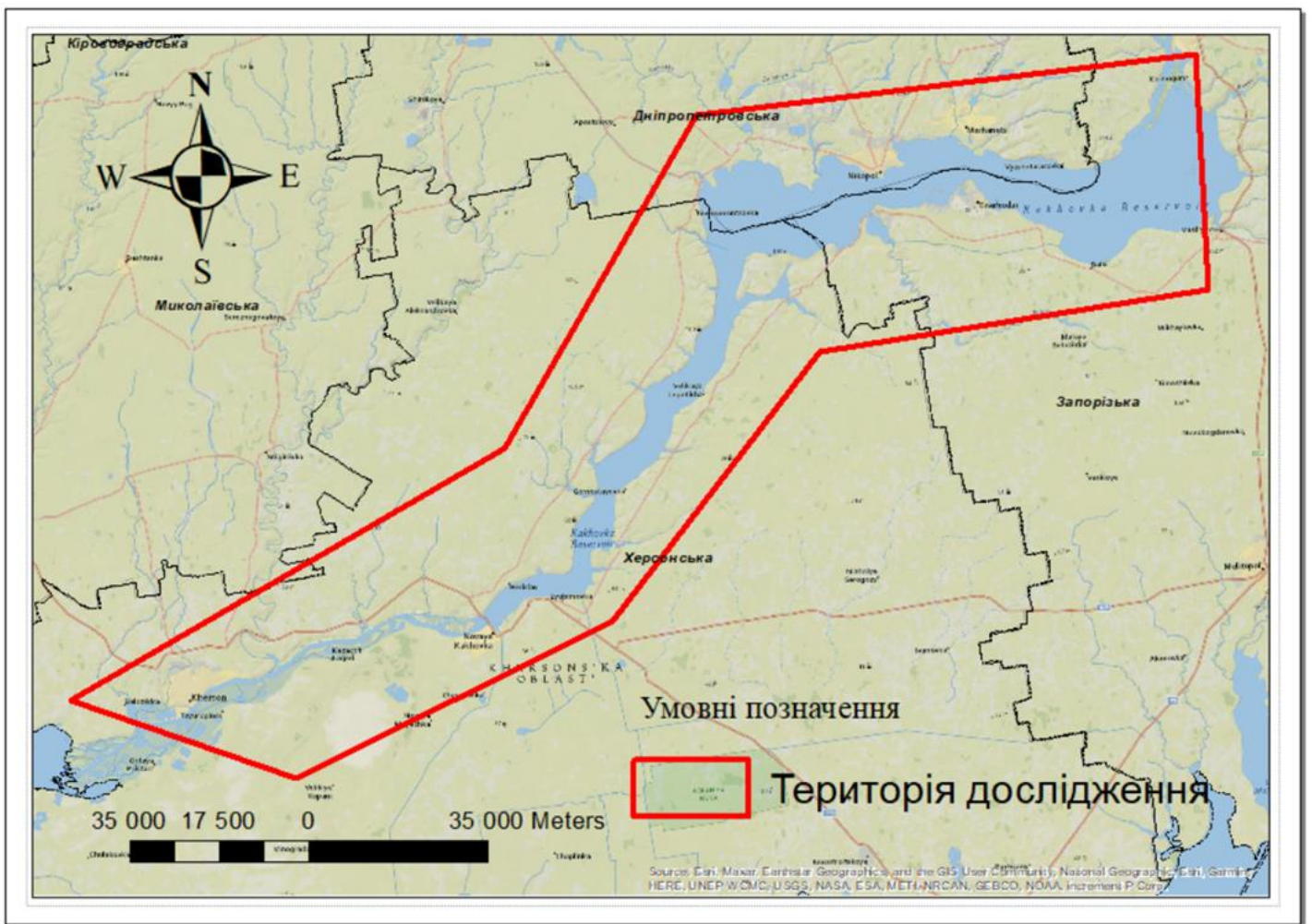


Рис.2.1 Територія дослідження

Територія розташована в низинних і гірських районах Причорномор'я, виділяється рельєфом території. Але в цілому переважають хвилясті рівнини, які поступово зменшуються на південь, а в Криму, навпаки, збільшуються в міру наближення до гірського масиву.

За агрокліматичним районуванням місцевість відносять до значно посушливої, помірно жаркої зони з м'якою зимою. На зрошувальних землях є сприятливі умови для вирощування зернових культур, цукрових буряків, соняшників, розвитку виноградарства та садівництва.

Не дивлячись на протікання великих річок в межах території, гідрографічна мережа має найменшу щільність в Україні. Ґрунтовий покрив різноманітний,

поширені опідзолені чорноземи на північному сході, а в решті степової зони - малогумусні чорноземи і темно-каштанові слабосолонцюваті ґрунти. В долинах річок переважають лучно-болотні та мулувато-болотні ґрунти.

2.2. Висновки до розділу

Таким чином, Каховська гідроелектростанція була важливим об'єктом для регіону, але 6 червня 2023 року її замінували та підірвали російські окупанти. Незважаючи на цю трагедію, історія та технічні характеристики Каховської ГЕС залишаються важливими для розуміння розвитку енергетики та інфраструктури в Україні. Територія дослідження має характерні біологічні особливості природного покриву.

РОЗДІЛ 3

ВИРІШЕННЯ ПРИРОДОЕКОЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ АЕРОКОСМІЧНИМИ МЕТОДАМИ

3.1. Розвиток аерокосмічних технологій в Україні

Дослідити територію навколо Каховського водосховища для перевірки стану екосистеми, коли територія окупована, практично неможливо, хіба що за допомогою аерофотозйомки з високоточних супутникових знімків можна оперативно оцінити ситуацію, не виходячи з офісу.

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі засновано в 1992 році і він є державною установою. Центр працює в напрямку збору та тематичного аналізу даних ДЗЗ, шляхом обробки аерокосмічних знімків.

Основні етапи розвитку аерокосмічних технологій в Україні відбувались протягом десятків років.

Створення наукового центру: він був заснований 30 років тому і справді сприяє розвитку наукових досліджень, зокрема в аерокосмічній сфері в Україні. Науковці центру провели широкі наукові дослідження, спрямовані на вирішення проблем, пов'язаних з ДЗЗ.

Методи дистанційного зондування: дистанційне зондування Землі передбачає використання даних, зібраних супутниками, щоб отримати розуміння поверхні Землі та її особливостей, таких як клімат, рослинність і дика природа. Розглядає зміни, які відбуваються в контексті навколишнього середовища, і проблеми, пов'язані з екологією.

Ефективність методів. Актуальними вважаються завдання створення нових ефективних методів використання аерокосмічних досліджень і комп'ютерного моделювання процесів в атмосфері Землі. Це сприятиме виконанню економічних, соціальних та оборонних потреб України.

Міжнародне співробітництво та діяльність: науковий центр, ефективно співпрацює з іноземними колегами та діє на міжнародному рівні.

3.2. Загальна характеристика супутникових місій Landsat

Дослідження проводилося за допомогою оптичної функції супутникових місій Landsat (TM/OLI). Проект Landsat розпочався в 1972 році і є космічним проектом, призначеним для отримання зображень Землі. 27 вересня 2021 року була запущена остання версія програми Landsat 9, яка використовує новий сканер Pushbroom. Зображення Landsat є цінним джерелом даних, які можна використовувати у великомасштабних дослідженнях, пов'язаних із сільським господарством, розвідкою, картографуванням, геологією, лісовим господарством та освітою для оборони.[8]

Landsat 3-5 були оснащені двома типами сканерів, які дозволяли знімати поверхню землі з різним просторовим і спектральним дозволом. Деякі з цих типів сканерів були MSS (мультиспектральний сканер) і TM (тематичний картограф). Дані MSS з роздільною здатністю 80 м надаються з 1972 року, TM з роздільною здатністю 30 м у видимому, ближньому і середньому ІЧ-каналах спектра і 120 м в тепловому – з 1982 року. Landsat 5 Супутник працював на орбіті 1984-2012 років. [9]

Landsat 7 також був оснащений Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), який був вдосконаленою версією сканерів TM. ETM+ — восьмипозиційний мультиспектральний скануючий радіометр, який є стаціонарним і може надавати детальні дані про земну поверхню. Він ідентифікує спектрально відфільтроване випромінювання у VNIR, SWIR, LWIR та панхроматичних візерунках. Супутник був розташований на висоті 705 км над поверхнею землі з шириною смуги 183 км.

VNIR (видиме та ближнє інфрачервоне випромінювання): коливається від приблизно 400 нанометрів, що є фіолетовим кольором, до приблизно 1000 нанометрів, що є кольором, близьким до інфрачервоного.

SWIR (короткохвильове інфрачервоне випромінювання): становить приблизно від 1000 нм до 2500 нм.

LWIR (довгохвильове інфрачервоне випромінювання): ця функція інфрачервоного випромінювання з довжинами хвиль приблизно від 8000 нм до 15000 нм.

Серед нових функцій Landsat 7 були панхроматичний діапазон, просторова роздільна здатність 15 метрів, сонячний калібратор із повною апертурою, 5% абсолютне радіометричне калібрування та тепловий ІЧ-канал. Вартість удосконалення полягала в чотирикратному покращенні просторових відмінностей з датчиками ТМ. Супутник був виведений на орбіту в 1999 році і залишався функціональним до 2021 року.

Landsat 8 обертається навколо Землі з 2013 року з двома TIRS (термальними інфрачервоними датчиками) і OLI (Operational Land Imager). OLI результат зйомки у видимій, ближній ІЧ-областях та короткохвильовому спектрі. TIRS вимірює температуру в двох теплових смугах поверхні Землі. Супутникові знімки Landsat 8 мають 15 метрів панхроматичної та 30 метрів мультиспектральної роздільної здатності та 185 км смуги.

У 2016 році USGS реструктурувала архів Landsat у чотирирівневу систему управління колекцією, яка називається Landsat Collection 1. Ця структура допомагає підтримувати якість даних і в той же час допомагає покращити архів і надати доступ до всіх даних, які були отримані. Колекція 1 – це дані, отримані з Landsat 1-8 і охоплюють період з 1972 по 2021 рік. Дані Landsat 9 доступні лише в колекції 2. Найважливішою зміною в колекції 2 є вища абсолютна точність геолокації [8].

3.3. Методика дослідження

Для виконання дослідження використовувалися супутникові знімки USGS Landsat 8 Level 1, Collection 2, Tier 1 за період з 06.01.2022-06.12.2022 та USGS Landsat 8 Level 1, Collection 2, Tier 1 за період з 06.01.2023-06.12.2023 на територію Херсонської області. Обробку матеріалів ДЗЗ виконано в програмі “ArcGis 9”.

NDWI (Normalized Difference Water Index) - нормалізований диференційний водний індекс, змінюється від -1 до +1.

Розрахунок проводиться за формулою[10]:

$$NDWI = (Band\ 3 - Band\ 6) / (Band\ 3 + Band\ 6)$$

Довжина цих хвиль має максимальне значення відбиття, характерне для водойм, у зеленому діапазоні довжин хвиль і мінімальне значення в ближньому ІЧ-діапазоні, де ґрунти та рослинність мають максимальне відображення (табл.1.1).

Таким чином, значення для водойм позитивне, а для рослинності та ґрунтів дорівнюють нулю.

Таблиця 1.1

Спектральні канали Landsat 8

Спектральний канал	Довжина хвилі	Роздільна здатність (на один піксель)
Канал 1 - Узбережжя та аерозолі (Coastal / Aerosol, New Deep Blue)	0,433-0,453 мкм	30 м
Канал 2 - Синій (Blue)	0,450-0,515 мкм	30 м
Канал 3 - Зелений (Green)	0,525-0,600 мкм	30 м
Канал 4 - Червоний (Red)	0,630-0,680 мкм	30 м
Канал 5 - ближній ІЧ (Near Infrared, NIR)	0,845-0,885 мкм	30 м
Канал 6 - ближній ІЧ (Short Wavelength Infrared, SWIR 2)	1,560-1,660 мкм	30 м
Канал 7 - ближній ІЧ (Short Wavelength Infrared, SWIR 3)	2,100-2,300 мкм	30 м
Канал 8 - панхроматичний (Panchromatic, PAN)	0,500-0,680 мкм	15 м
Канал 9 - пірісті хмари (Cirrus, SWIR)	1,360-1,390 мкм	30 м
Канал 10 - дальній ІЧ (Long Wavelength Infrared, TIR1)	10,30-11,30 мкм	100 м
Канал 11 - дальній ІЧ (Long Wavelength Infrared, TIR2)	11,50-12,50 мкм	100 м

Таблиця 1.2

Спектральні індекси

Індекс	Формула підрахунку	Значення індексу
Normalized Difference Water Index	$NDWI = (GREEN - NIR)/(GREEN + NIR)$	Вода має позитивне значення
Modified Normalized Difference Water Index	$MNDWI = (GREEN - MIR)/(GREEN + MIR)$	Вода має позитивне значення
Water Ratio Index	$WRI = (GREEN + RED)/(NIR + MIR)$	Вода має значення більше 1
Normalized Difference Moisture Index	$NDMI = (NIR - MIR)/(NIR + MIR)$	Вода має позитивне значення
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$	Вода має негативне значення
Automated Water Extraction Index	$AWEI = 4 \times (GREEN - MIR) - (0,25 \times NIR + 2,75 \times SWIR)$	Вода має позитивне значення

3.4. Алгоритм виконання практичної роботи

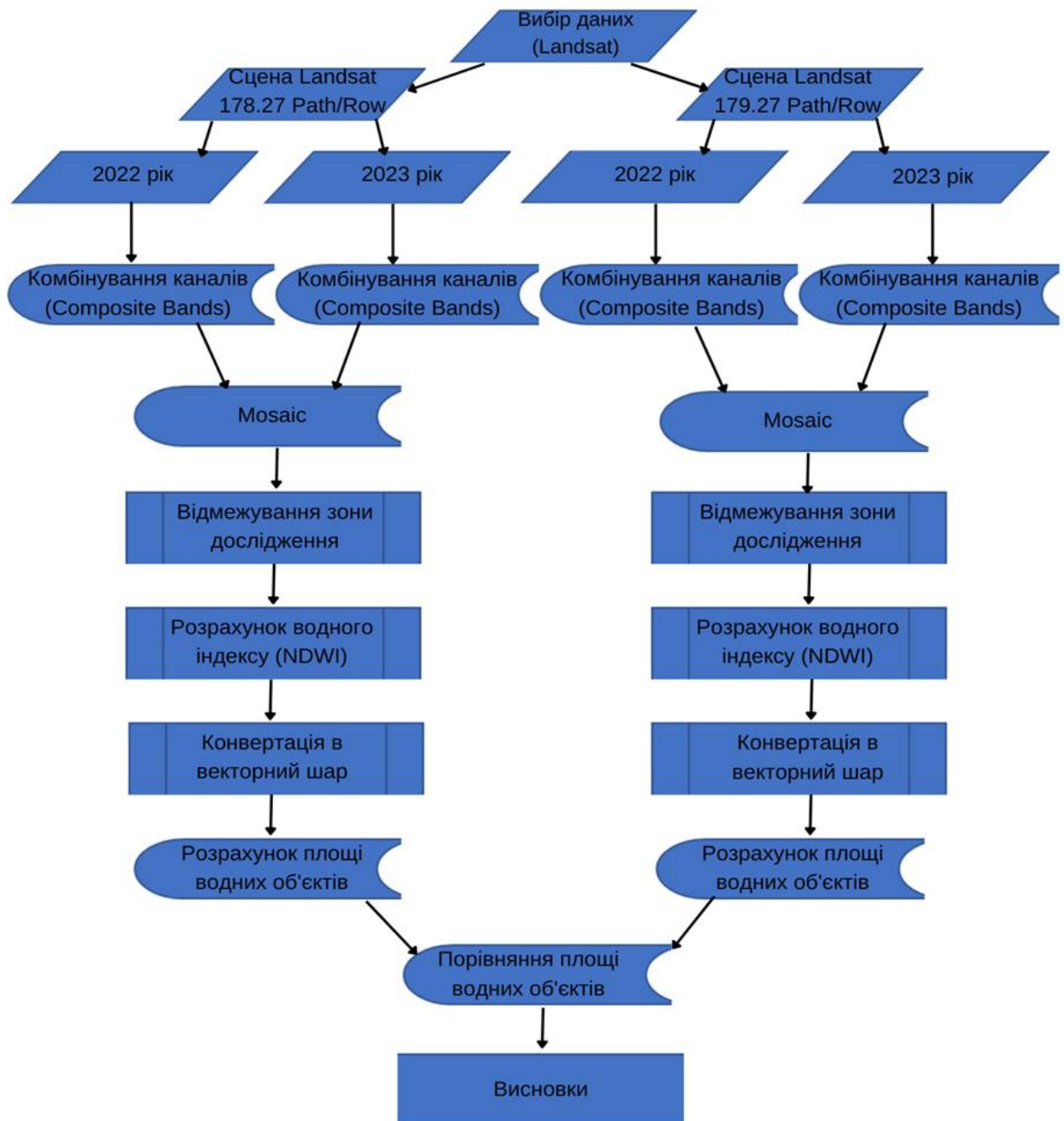


Рис.3.1 Створення блок схеми поетапного виконання роботи.

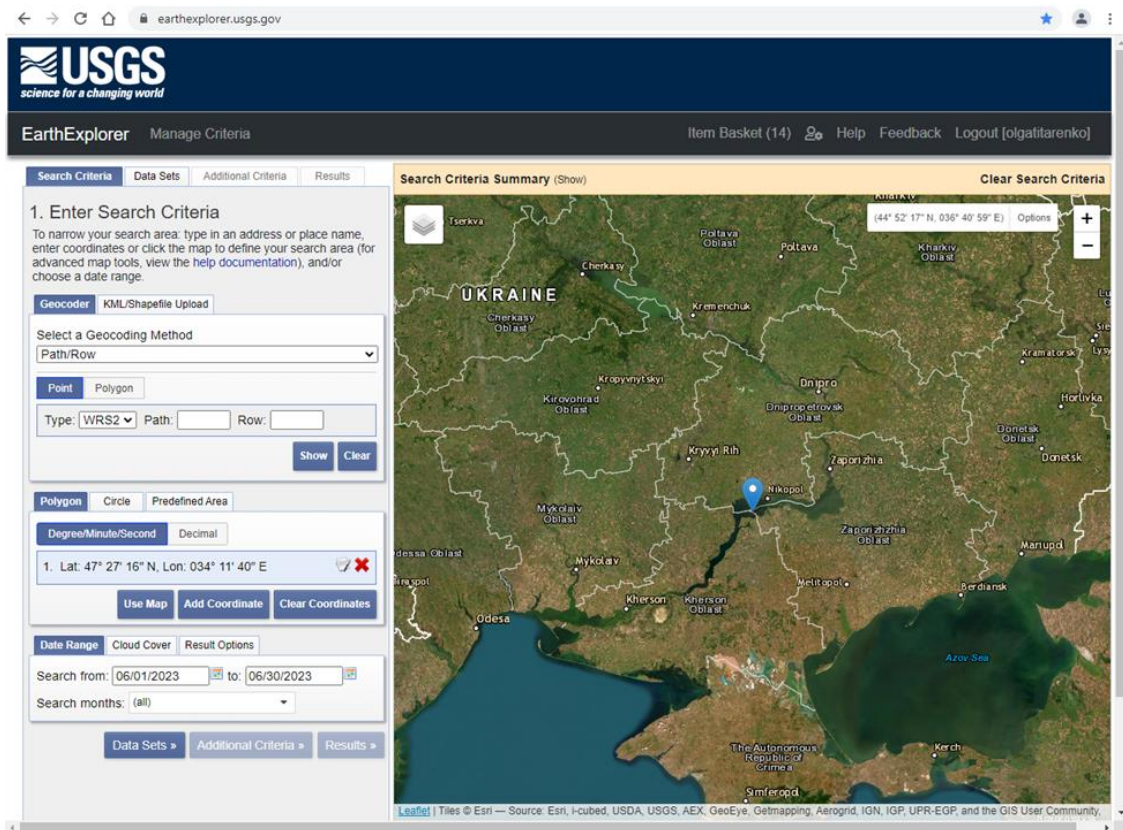


Рис.3.2. Офіційна веб сторінка організації USGS (United States Geological Survey) Процес виділення території та періоду дослідження.

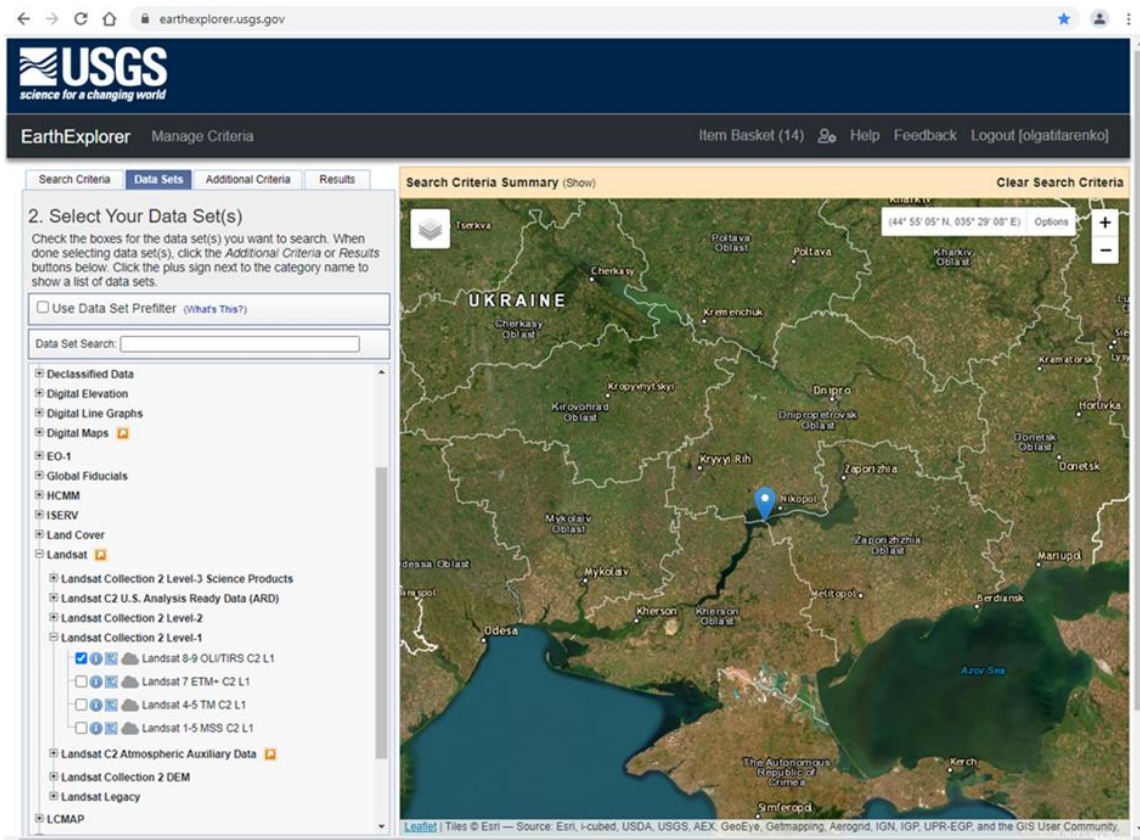


Рис.3.3. Офіційна веб сторінка організації USGS (United States Geological Survey) Вибір супутника.

The screenshot displays the EarthExplorer interface on earthexplorer.usgs.gov. The top navigation bar includes the USGS logo, 'EarthExplorer', 'Manage Criteria', 'Item Basket (14)', 'Help', 'Feedback', and 'Logout [olgalitarenko]'. The main content area is divided into a left sidebar and a right map area. The sidebar, titled '4. Search Results', contains a 'Data Set' dropdown menu set to 'Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1'. Below this, four search results are listed, each with a thumbnail, ID, date acquired, path, and row information. The right map area, titled 'Search Criteria Summary (Show)', shows a satellite image of a region in Ukraine with a green overlay indicating the search area. The map includes a coordinate display '(46° 37' 36" N, 032° 30' 11" E)' and various map controls. The bottom of the page features a 'View Item Basket' button and a 'Submit Standing Request' button.

Рис.3.4. Офіційна веб сторінка організації USGS (United States Geological Survey) Завантаження аерокосмічних знімків.

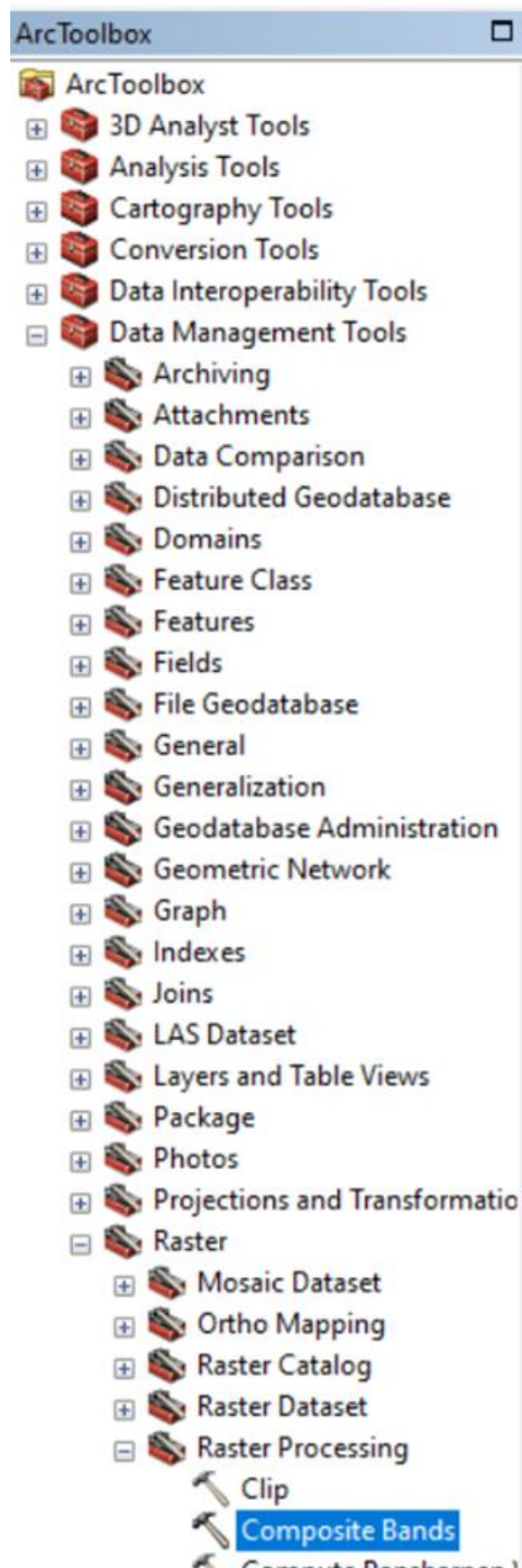


Рис.3.5. В модулі Data Management Tools/Raster/Raster Processing/Composite Bands - алгоритм об'єднання шарів.

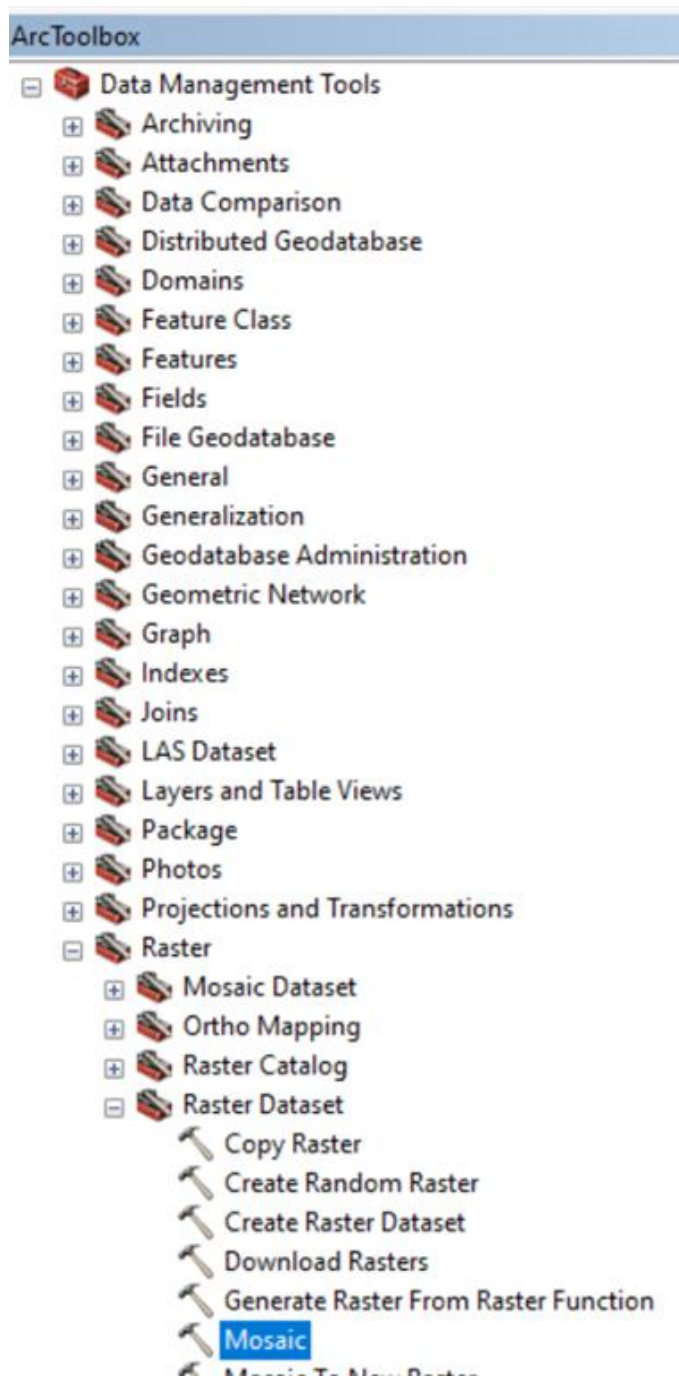


Рис.3.6. В модулі Data Management Tools/Raster/Raster Dataset/Mosaic - алгоритм склеювання шарів.

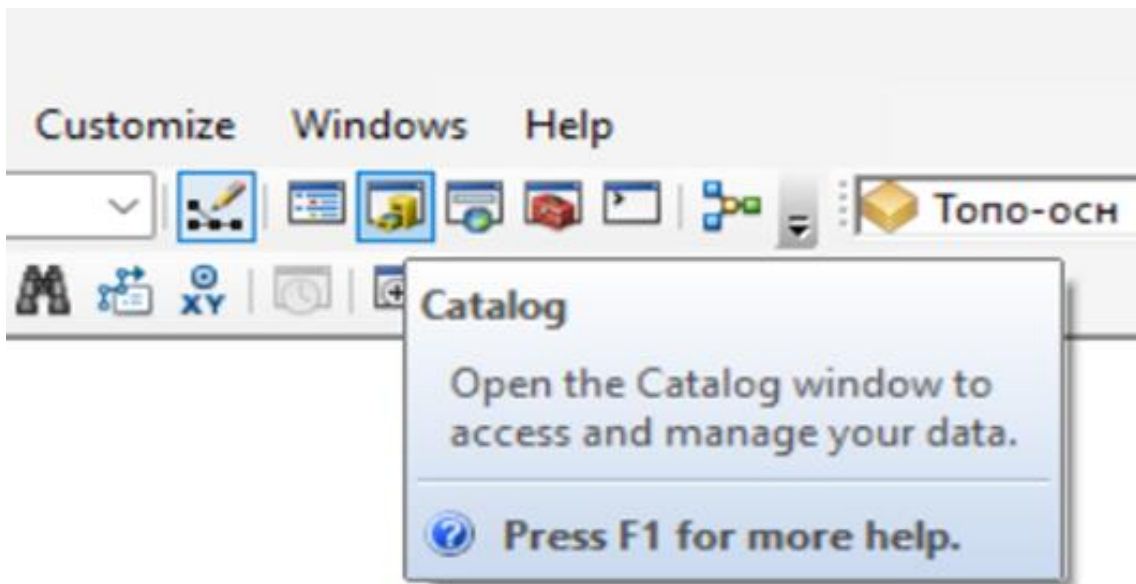


Рис.3.7. Catalog - інструмент для редагування проекту.

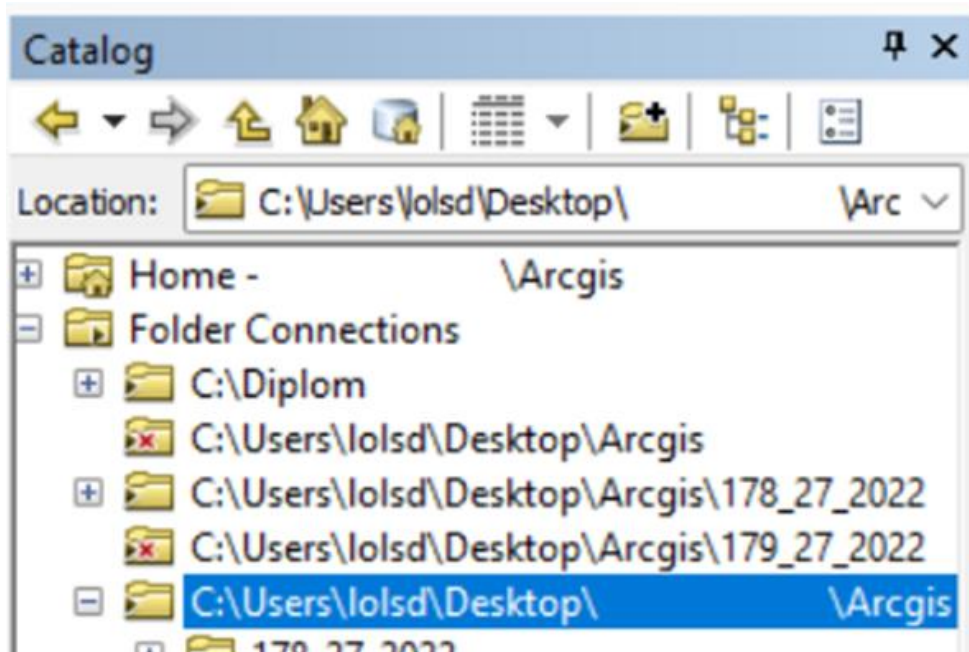


Рис.3.8. Алгоритм відмежування зони дослідження.

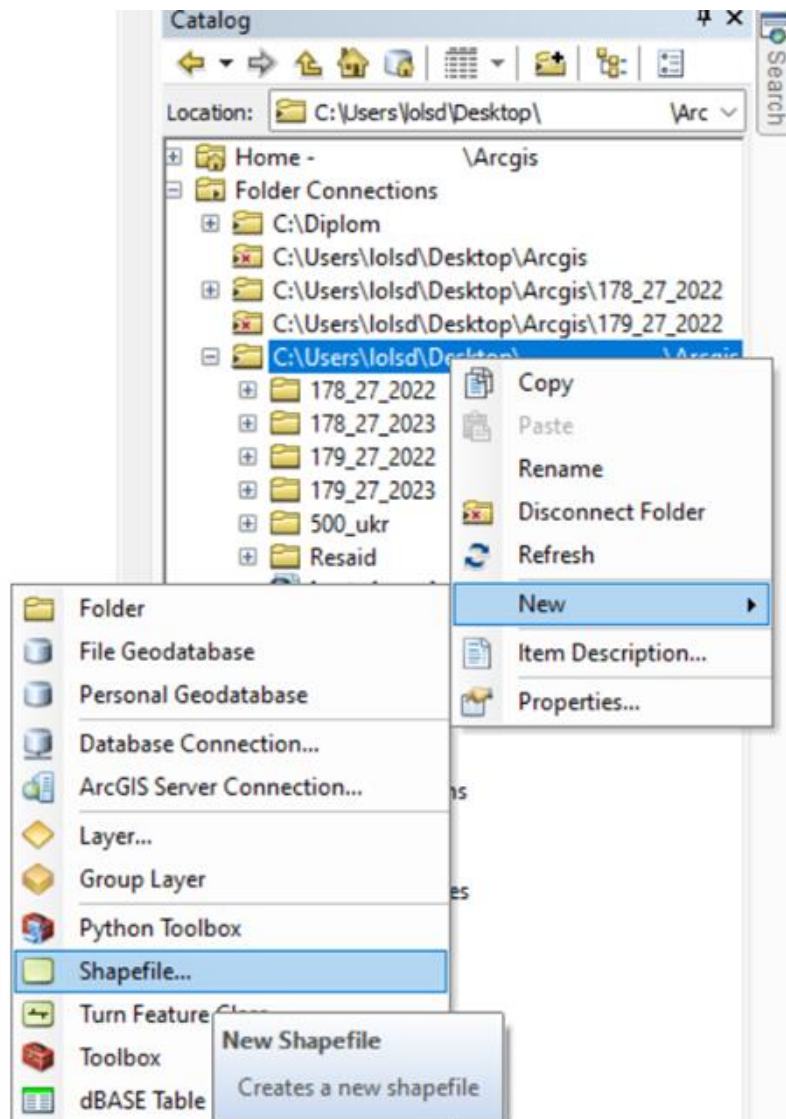


Рис.3.9. Алгоритм створення Shapefile - маска для відмежування зони дослідження.

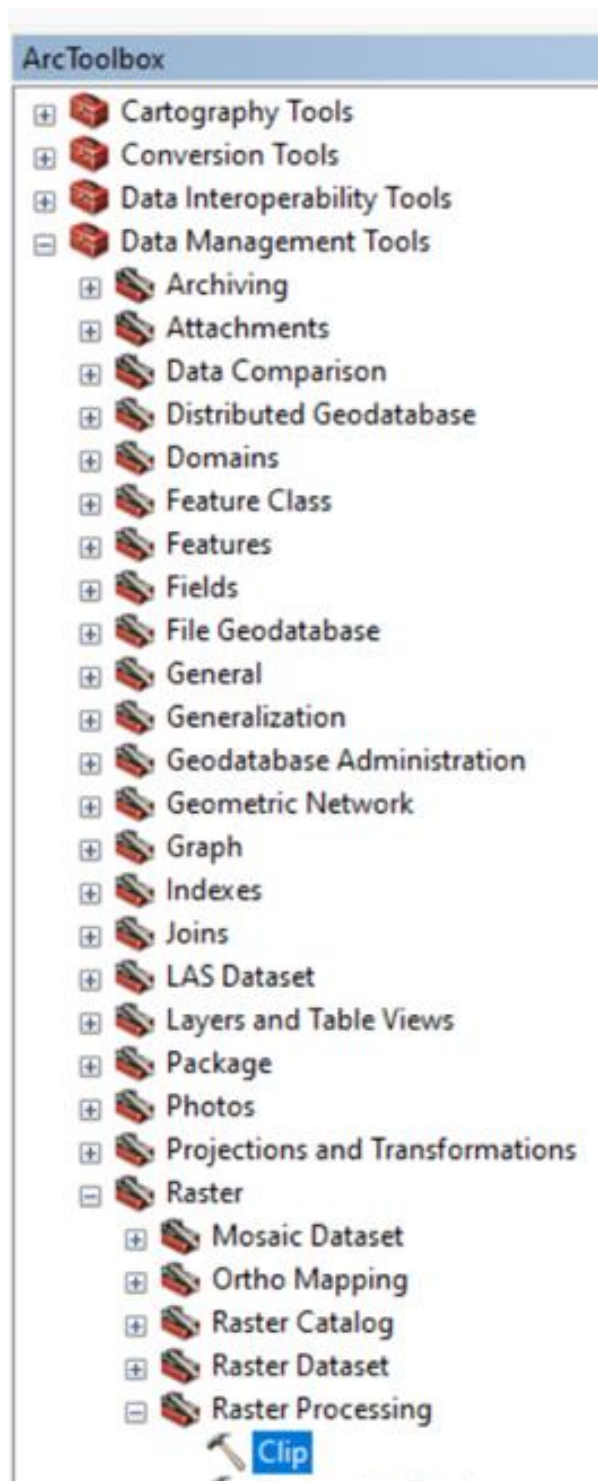


Рис.3.10 В модулі Data Management Tools/Raster/Raster Processing/Clip - видалення зайвих об'єктів

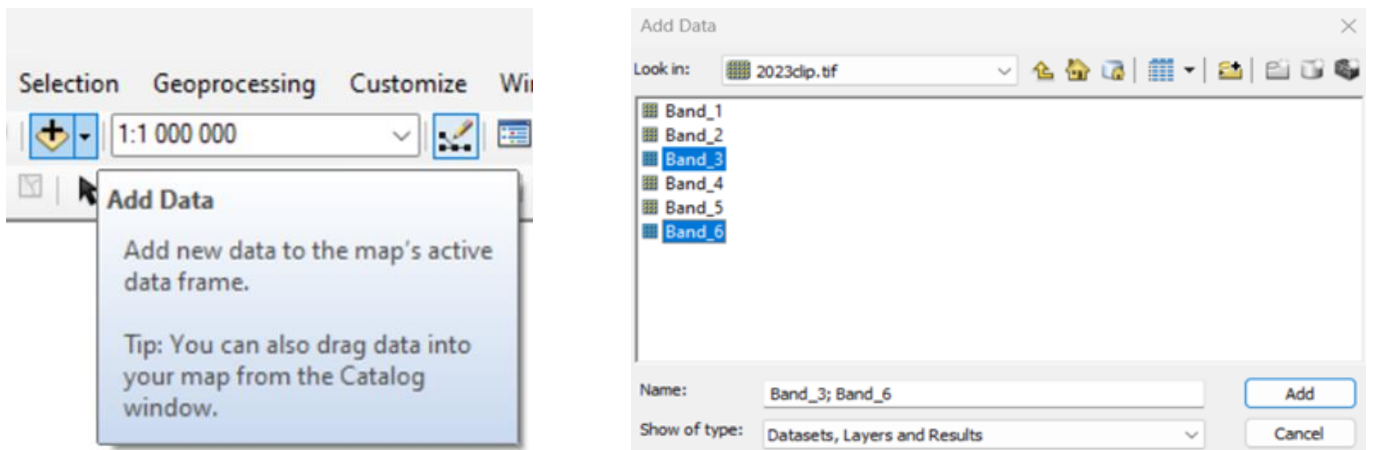


Рис.3.11 Алгоритм відокремлення необхідних каналів

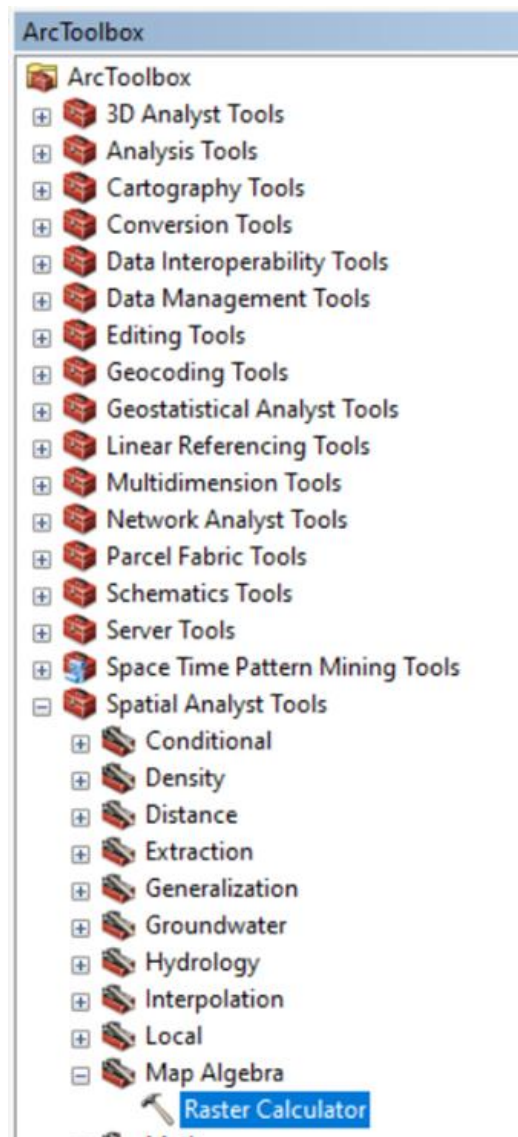


Рис.3.12 ArcToolbox/Spatial Analyst Tools/Map Algebra/Raster Calculator - Алгоритм підрахунку площі водної поверхні

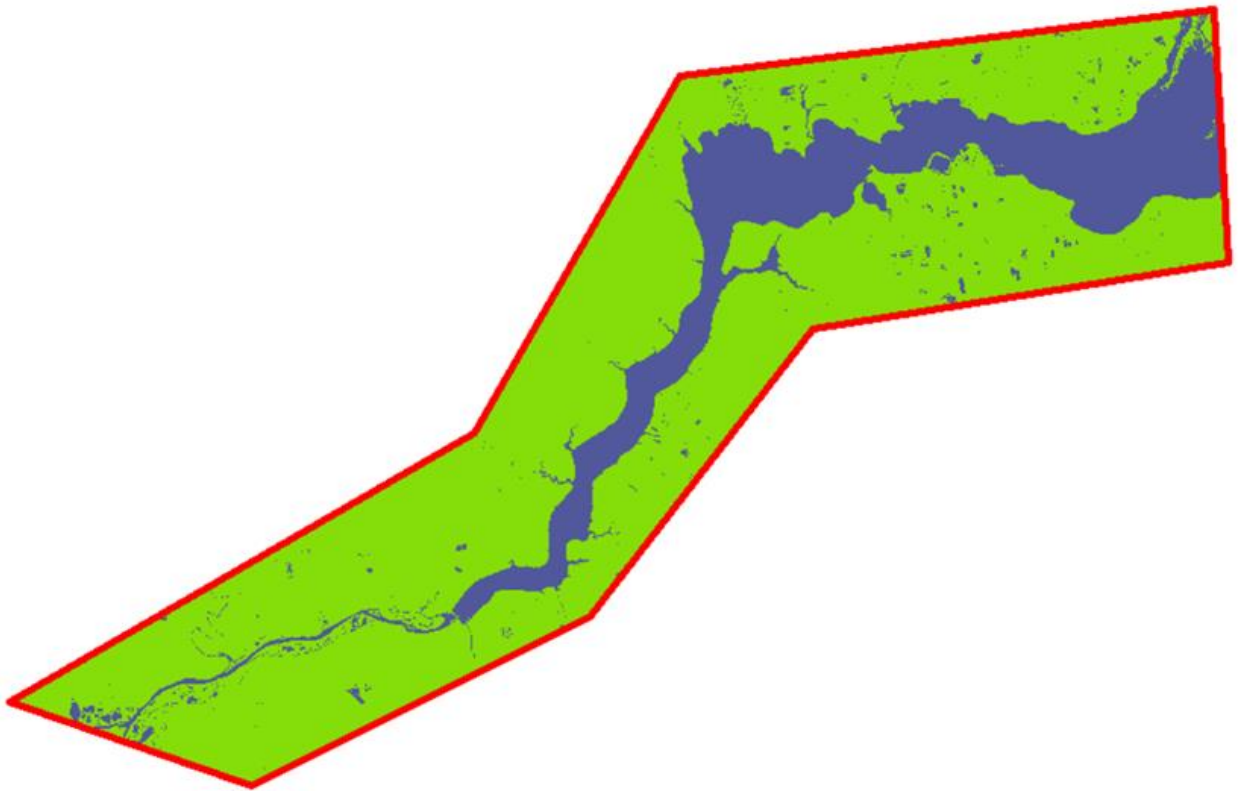


Рис.3.13 Результат застосування індекса Normalized Difference Water Index

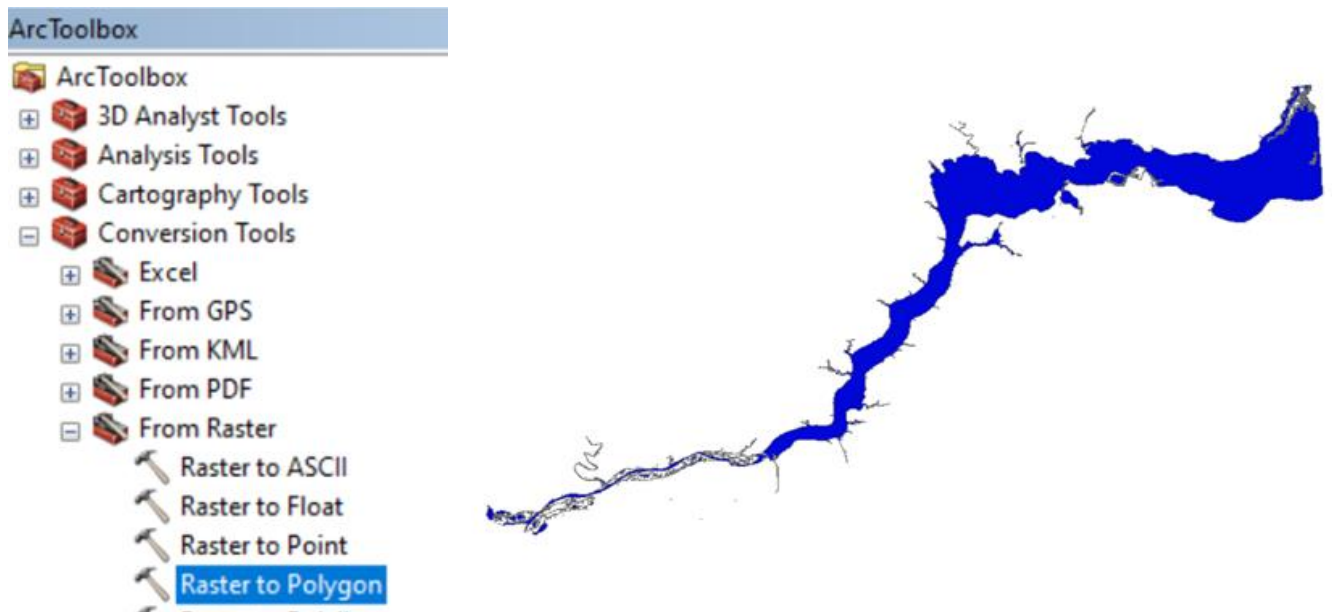


Рис.3.14 В модулі ArcToolbox/Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon
Алгоритм створення Shapefile

Table					
Стан водної поверхні на 2022					
FID	Shape *	Id	gridcode	SQ	
0	Polygon	1	-1	900	
1	Polygon	2	-1	4164,890699	
2	Polygon	3	0	20365,410182	
3	Polygon	4	-1	3600	
4	Polygon	5	-1	576,34964	
5	Polygon	6	0	6951,112371	
6	Polygon	7	-1	7902,183923	
7	Polygon	8	-1	8485,422153	
8	Polygon	9	-1	15116,932405	
9	Polygon	10	-1	1229,021977	
10	Polygon	11	-1	616,207157	
11	Polygon	12	-1	616,207157	
12	Polygon	13	-1	1214,912906	
13	Polygon	14	-1	12427,045433	
14	Polygon	15	-1	2085,037364	
15	Polygon	16	0	8597,11972	
16	Polygon	17	-1	24977,198349	
17	Polygon	18	0	2132,107946	
18	Polygon	19	0	616,206864	
19	Polygon	20	0	6498,060721	
20	Polygon	21	0	61911,262936	
21	Polygon	22	0	616,206864	
22	Polygon	23	0	616,206864	
23	Polygon	24	0	616,206864	
24	Polygon	25	-1	616,206864	
25	Polygon	26	-1	616,206864	
26	Polygon	27	-1	616,206864	
27	Polygon	29	-1	616,206864	
28	Polygon	30	0	4977,009209	
29	Polygon	31	-1	616,206864	
30	Polygon	32	-1	2112,298191	
31	Polygon	33	-1	900	
32	Polygon	36	-1	616,206864	
33	Polygon	37	0	2963,205734	
34	Polygon	38	-1	616,206864	
35	Polygon	40	-1	616,206864	
36	Polygon	41	-1	105799,973288	
37	Polygon	42	-1	616,206864	
38	Polygon	43	-1	1214,912906	

Рис.3.15 Атрибутивна таблиця площ водних об'єктів

3.5. Висновки до розділу

Таким чином, екологічні проблеми значною мірою вирішуються за допомогою аерокосмічних методів. Вони дозволяють спостерігати за навколишнім середовищем, ідентифікувати забруднення та регулювати антропогенний вплив на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 4

ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ДО ЗАТОПЛЕННЯ І ПІСЛЯ

4.1. Результати дослідження

Матеріали взяті з дослідження Ларіна Є. Р. Тези доповідей XXIV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки» Київ, 2024, Національний авіаційний університет / Редакційна колегія Черняк Л.М., к.т.н., доц. [та ін.]. – К.: НАУ, 2024.

За даними супутника, обміління Каховського водосховища через місяць після теракту (станом на 26.07.2022) призвело до осушення майже всієї частини водосховища [11].

Через три дні після руйнації, затоплення перевищило поверхневі територіальні води до аварії у 3,6 рази. Відбулось затоплення земель сільськогосподарського призначення площею близько 10 тисяч га лише на правому березі Дніпра.

Національний парк “Кам'янська Січ” разом із затоками і зимувальною ямою перебуває під загрозою обміління.

Південний регіон багатий на різновиди звірів та птахів, в тому числі водних. Існування поблизу Каховської ГЕС цілої низки національних парків поставило під загрозу сотні і десятки тисяч тварин [12]. На відновлення більше 70 видів риби, більшість з яких віднесена в море і загинула у солоній воді, прийдеться до десяти років.

Молюски та безхребетні, які проживали в мулі прибережної зони, неминуче приречені на смерть у зв'язку з осушенням. Дно водосховища стала зоною розмноження інвазійних та отруйних видів, таких як злинка канадська (*Erigeron canadensis*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), золотарник пізній (*Solidago gigantea*).

Судячи з багатоспектральних знімків супутника, найбільше постраждали піщані біотопи та водні. Останні - через забруднення води речовинами. Рівень ґрунтових вод на території Нижньодніпровських пісків піднявся, вода насичила піщані ґрунти, що призвело майже до затоплення.

Забруднення у вигляді хімічних речовин, залишків та решток разом з морськими течіями північно-західної частини Площа замулення моря 6 червня складала 616,8 км², 9 червня – 1248,2 км², а 10 червня 0 – 1710 км².

Дослідження найновіших супутникових знімків добре демонструє потік мулу який стає помітним вже в нижній течії Каховського водосховища, звідки він спрямовується в утворену внаслідок терористичного акту пробоїну в греблі Каховської ГЕС.

На знімках зроблених з супутника добре видно шлейф брудної води, яка складається з мулу, шару ґрунту і різноманітних залишків з населених пунктів. Морські течії Чорного моря відносять забруднену воду на південь, до берегів Румунії та Болгарії.

4.2. Порівняння отриманих результатів

Матеріали взяті з дослідження Ларіна Є. Р. Тези доповіді Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів “Екологічна безпека держави” Київ, 2024, Національний авіаційний університет НАУ, 2024.

На рис. 16 зображена територія за рік до підриву Каховської ГЕС в липні 2022. Плесо Дніпра не розмите, має чіткий контур, посушливі ділянки майже відсутні.

Динаміка осушення станом на липень 2023, після підриву, наступна: площа осушення збільшилась на 33%, площа зволоженого дна збільшилась на 50% від загальної площі, а площа водної поверхні зменшилась на 80% (рис. 17).

Нижче греблі Каховської ГЕС переважає затоплення, а вище домінує засуха. На поверхні дна почала проростати бур'янова рослинність.

Подальший тривалий моніторинг дозволить відслідкувати зміну земних покривів з урахуванням воєнних дій, окупації та мінування.

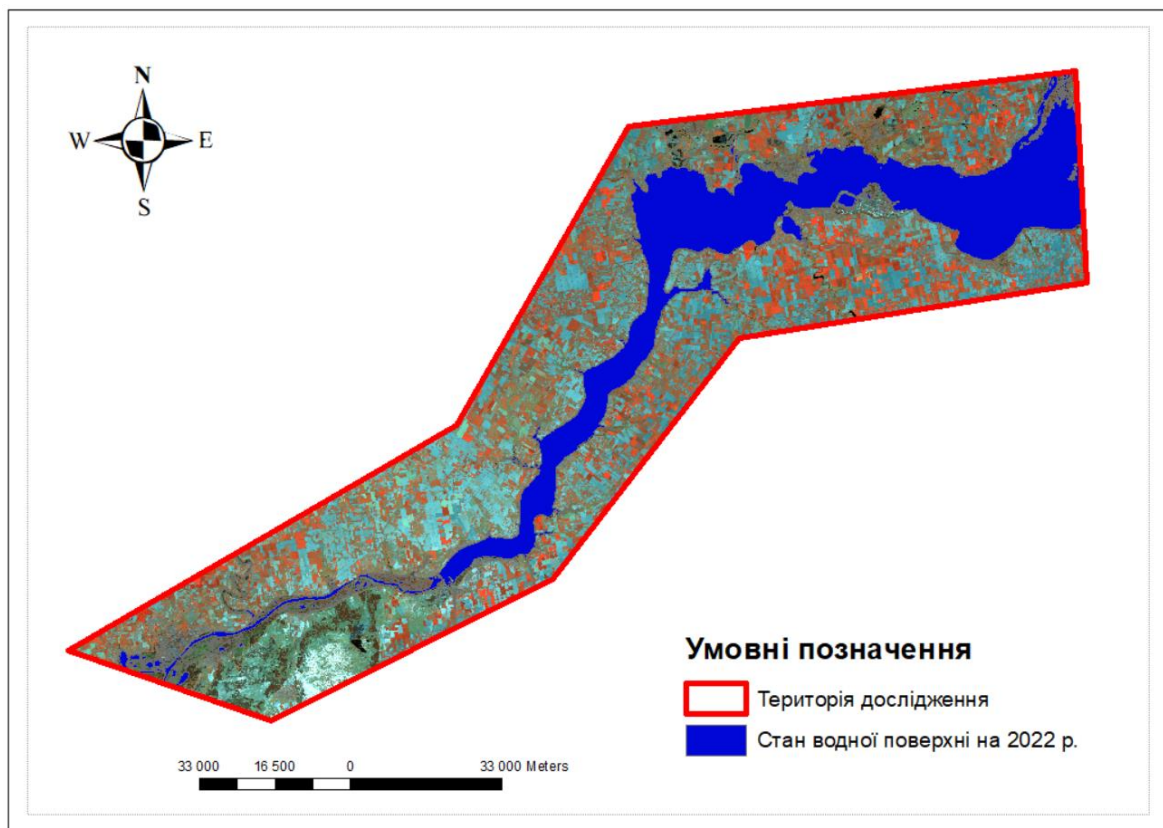


Рис.4.1 Територія навколо водосховища в районі Каховської ГЕС 2022 р.

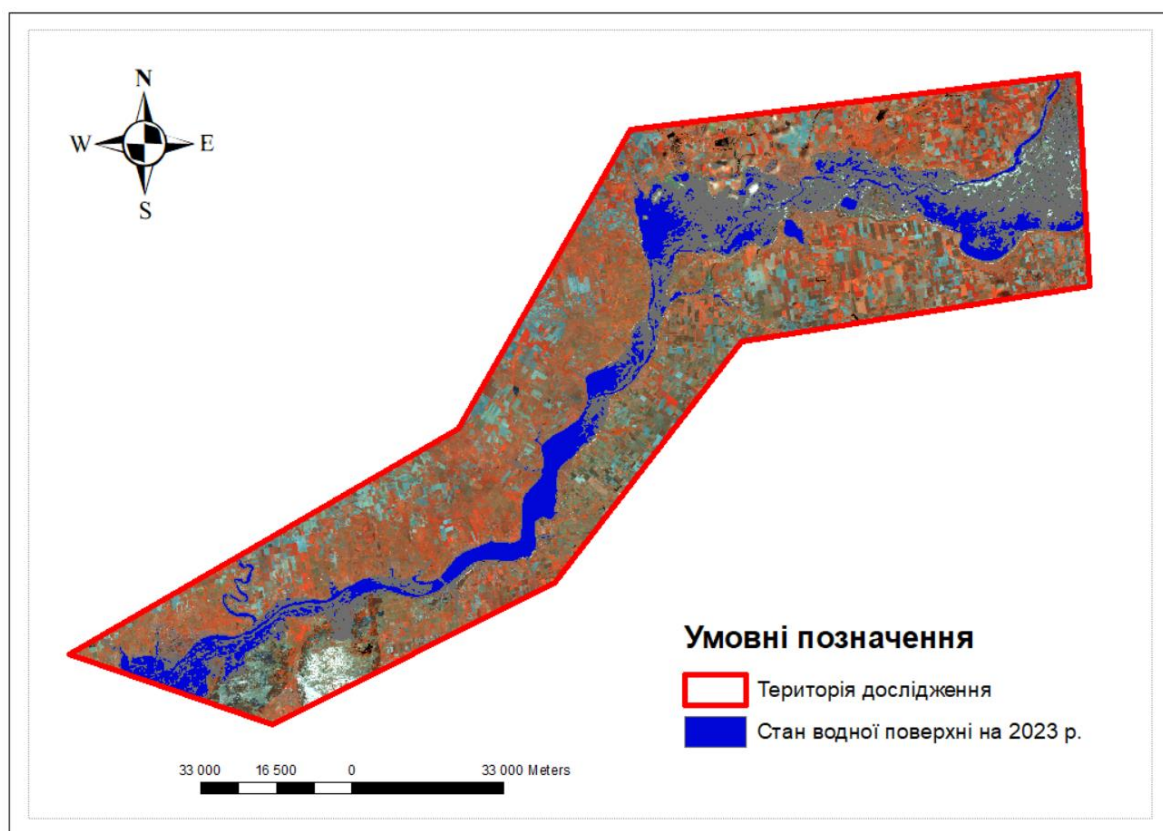


Рис.4.2 Територія навколо водосховища в районі Каховської ГЕС 2023 р.

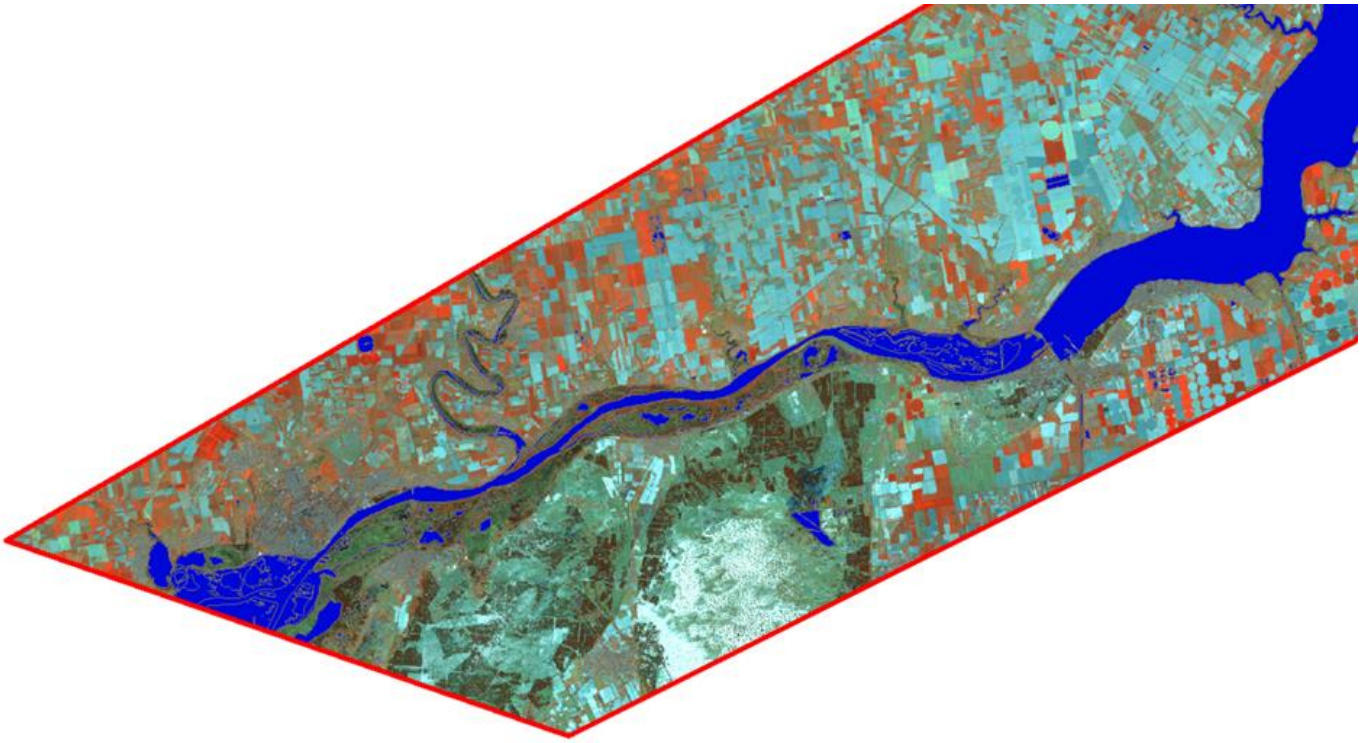


Рис.4.3 Стан водної поверхні навколо Дніпра нижче Каховської ГЕС 2022р



Рис.4.4 Стан водної поверхні навколо Дніпра нижче Каховської ГЕС 2023р

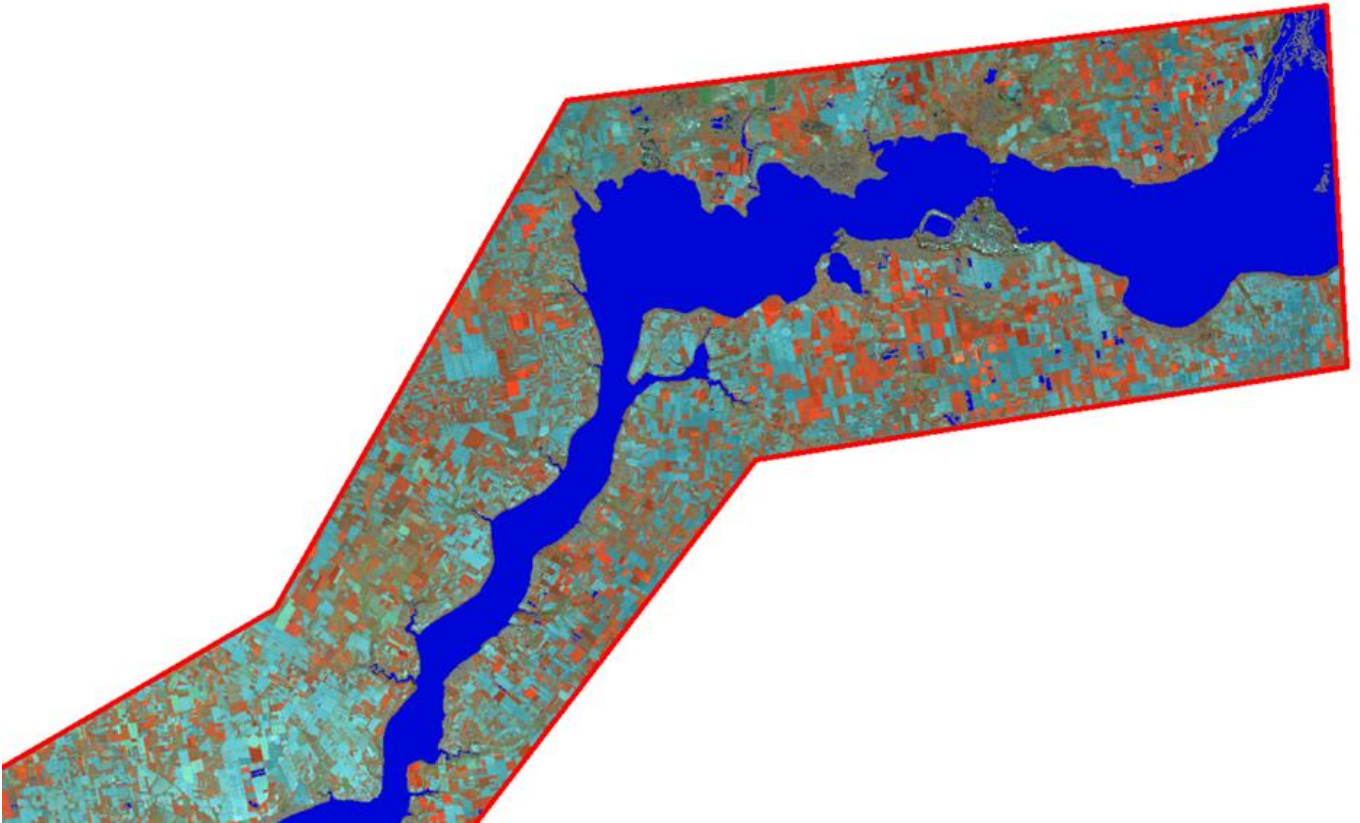


Рис.4.5 Стан водної поверхні навколо водосховища вище Каховської ГЕС 2022р



Рис.4.6 Стан водної поверхні навколо водосховища вище Каховської ГЕС 2022р

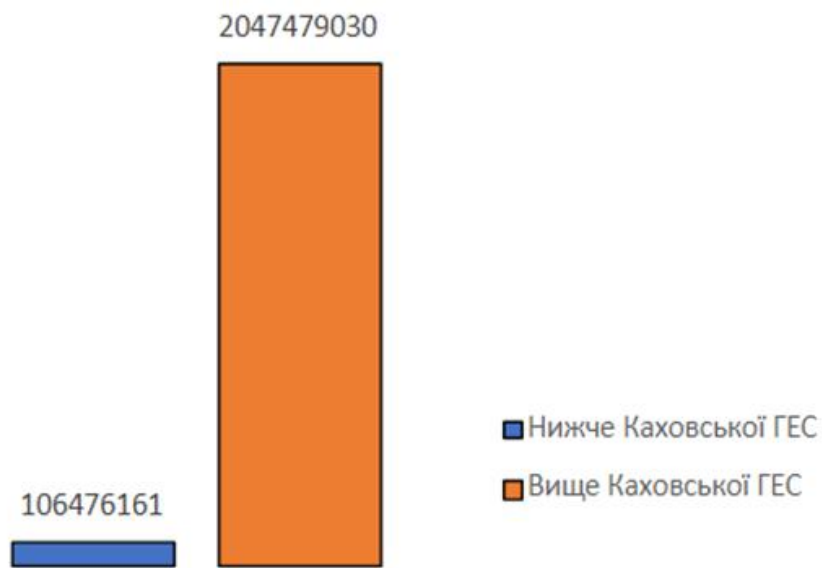


Рис.4.7 Площа водної поверхні (м²) в зоні дослідження 2022 р.

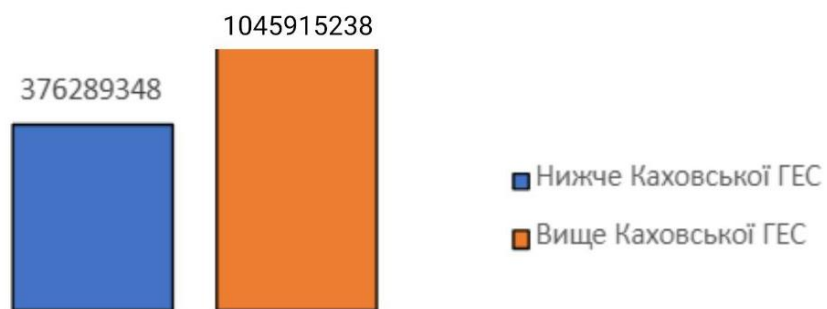


Рис.4.8 Площа водної поверхні (м²) в зоні дослідження 2023 р.



Рис.4.9 Радарный спутник Landsat-8 / Фото: Landsat Science

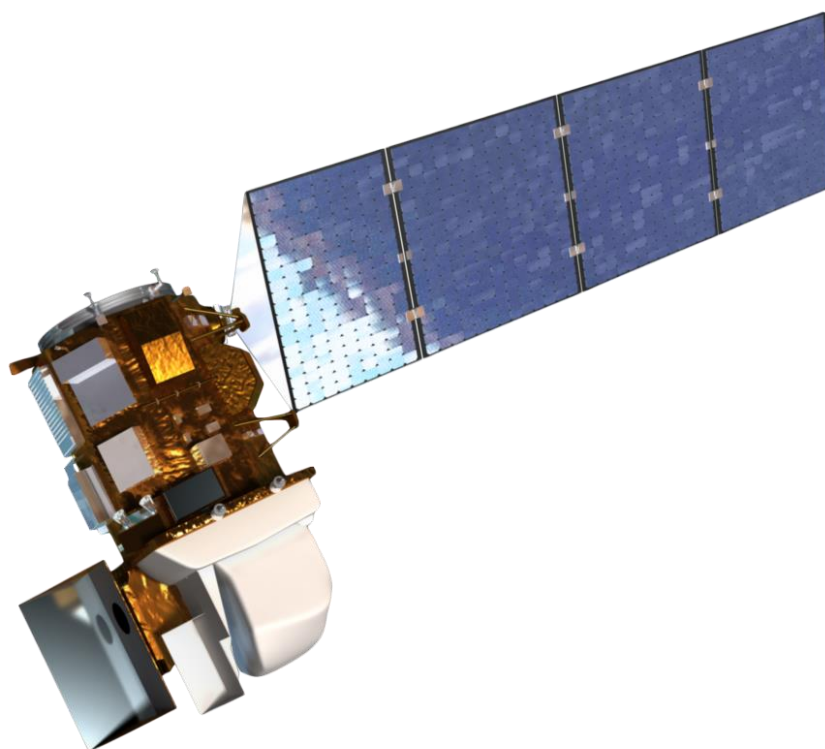


Рис.4.10 Радарный спутник Landsat-8 / Фото: Landsat Science



Рис.4.11 Стан Каховської ГЕС на 8 червня 2023 р / Фото: Associated Press



Рис.4.12 Каховське водосховище станом на 2023 р Фото / Фото: Associated Press

4.3. Висновки до розділу

Таким чином, метод використання супутникових знімків виявився ефективним у вивченні наслідків аварії на Каховській ГЕС. Неможливість прямого доступу до постраждалих регіонів через окупацію не є проблемою для дистанційного методу, що робить його не тільки здійсненним, але й точним. Уважніший погляд на зображення показує, що важливо враховувати впливи, такі як біологічні, екологічні та гідрологічні.

Гідроархеолог Максим Остапенко вважає, що відновлення Каховської ГЕС нашкодить екології нижньої течії Дніпра:

"Мені здається, що зараз потрібно провести комплексний аналіз наслідків знищення Каховської ГЕС із залученням міжнародних фахівців, які мають сучасні погляди на водокористування. Адже відновлення Каховської ГЕС стане новою катастрофою. Першою катастрофою було будівництво Каховської ГЕС, другою - знищення, а третьою - її відновлення. Треба шукати нові принципи та філософію відновлення екології нижньої течії Дніпра", - пояснив Остапенко[14].

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що після теракту на Каховській ГЕС, за місяць осушено майже всю ділянку водосховища. Це значне зниження рівня води, мало серйозні екологічні наслідки для водної екосистеми та навколишнього середовища.
2. Визначено, що динаміка осушення станом на липень 2023, після підриву, наступна: площа осушення збільшилась на 33%, площа зволоженого дна збільшилась на 50% від загальної площі, а площа водної поверхні зменшилась на 80%
3. Спрогнозовано, що відсутність водосховища перешкоджає веденню сільського господарства на Півдні України та водозабезпеченню населення Херсона, прилеглих районів та Криму. Це може спричинити ерозію ґрунту та зміну галузі сільського господарства на тваринництво, яке домінувало на цій території до 19 століття. Але відновлення роботи ГЕС може спричинити нову екологічну катастрофу і затоплення священного для України Великого Лугу.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АКВАТОРІЯ / Савчук І.Г. // Словник суспільної географії. — Електронний ресурс. — Режим доступу: <https://geohub.org.ua/node/150>
2. Гідрогеологія: Підручник / В. В. Колодій. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. — 368 с.
3. Гідробіологія // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 50.
4. Гідробіологія : практикум : посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т. В. Пінкіна. - Житомир : Житомирський нац. агроєкологічний ун-т, 2010. - 184 с. : рис. - Бібліогр.: с. 178-179.
5. ГІДРОБІОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ / В. Д. Романенко, академік НАН України URL: <http://hydrobiolog.com.ua/data.html>
6. Інститут гідробіології НАН України URL: <https://hydrobio.kiev.ua/ua/>
7. Інструмент, що дозволяє замовляти супутникові зображення URL: [EarthExplorer \(usgs.gov\)](http://EarthExplorer.usgs.gov)
8. Карпінський Ю.О. Геопросторовий аналіз: навч. посіб. /Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Кравченко Ю.В. — К.: КНУБА, 2016.-184с.
9. Курілов О. В. Гідробіологія : конспект лекцій. Частина I, II. Одес. держ. еколог. ун-т, 2009. 202 с.
10. Морозов В. В. Моделювання та прогнозування для проектів геоінформаційних систем / В. В. Морозов, С. Я. Плоткін, М. Г. Поляков та ін. — Херсон : ХДУ, 2007. — 328 с.
11. Романенко В. Д. Гідроекологія / Екологічна енциклопедія. — К., 2007. — Т. 1.
12. Українські гідрологи, гідрохіміки, гідроекологи / за ред. В. К. Хільчевського. — К. : Ніка-Центр, 2004. — 176 с.
13. Федоровський О. Д., Зуб Л. М., Дьяченко Т. М. та ін. Дистанційне оцінювання екологічного стану водойм на основі багатомірної щільності розподілу площ біотопів на прикладі Київського водосховища. Космічна наука і технологія. 2020. 26, № 5. С. 38—47.
14. Хільчевський, В.К. (2021). Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO-AQUASTAT. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. № 1 (59). URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2021.1.1>
15. Landsat Science. 7 лютого 2023 р. URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>.
16. Liashenko, D., Belenok, V., Spitsa, R., Pavlyuk, D., Boiko, O. (2020). Landslide GIS modelling with QGIS software. In: XIV International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment.

- European Association of Geoscientists & Engineers. Kyiv, Ukraine. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056069>.
17. McFeeters, S.K. (2013). Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach. *Remote Sensing*, 5 (7), 3544–3561. URL: <https://doi.org/10.3390/rs5073544>.
 18. Hlava Khersonskoi OVA nazvav ploshchu zatoplennia oblasti cherez ruinuvannia damby. (2023). [The head of the Kherson Regional Military Administration named the area of flooding in the region due to the destruction of the dam]. Analytical portal. June 8, 2023. [Глава Херсонської ОВА назвав площу затоплення області через руйнування дамби]. Слово і Діло. Аналітичний портал. 8 червня 2023р. (in Ukrainian). URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/06/08/novyna/suspilstvo/hlava-xersonskoyi-ova-nazvav-ploshhu-zatoplennya-oblasti-cherez-rujnuvannya-damby#:~:text>
 19. Skydan O. V., Danyk Yu. H., Fedoniuk T. P., et al. (2022). Space and geoinformation support for decision-making in key areas of national security and defense of Ukraine: monografy. Ed. Red. O. V. Skydan. Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet, 280 p. ISBN 978-617-7684-81-6 [In Ukrainian].
 20. Zatserkovny, V.I., Babych, V., Belenok, V., Frolov, H.O., Hebryn-Baidy, L. (2019). Black sea level change monitoring using altimetry data and geo-information technologies. In: 18th International Conference on Goinformatics – Theoretical and Applied Aspects, May 2019, Kyiv, Ukraine. European Association of Geoscientists & Engineers, pp. 13–16. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902060>.