

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Географічний факультет
кафедра географії України та регіоналістики**

**ВПЛИВ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА
НА ПРОЦЕСИ РУСЛОФОРМУВАННЯ Р. ДНІПРО:
АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ВТРУЧАННЯ ЛЮДИНИ**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

Виконала:

студентка 4 курсу, 407 групи

Молдован Олександра Ріхардівна

Керівник:

кандидат географічних наук,

доцент **Пасічник М.Д.**

До захисту допущено

на засіданні кафедри

протокол №__ від _____ 2025 р.

Зав. кафедрою _____ проф. Костащук І.І.

АНОТАЦІЯ

Молдован Олександра Ріхардівна

*Здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань 10 – Природничі науки спеціальності 103 – Науки про Землю
ОПП «Гідрометеорологія»
кафедри географії України та регіоналістики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича
м. Чернівці, Україна*

ВПЛИВ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА НА ПРОЦЕСИ РУСЛОФОРМУВАННЯ Р. ДНІПРО: АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ВТРУЧАННЯ ЛЮДИНИ

Анотація. У даній бакалаврській роботі надані результати дослідження вплив Каховського водосховища на процеси руслоформування річки Дніпро в контексті змін природного та антропогенного середовищ, у межах міста Дніпро (Запорізької області) до Каховської ГЕС (м. Нова Каховка, Херсонської області). Особливу увагу приділено наслідкам руйнування дамби Каховської ГЕС, що, з одного боку, активізувало природні руслові процеси, а з іншого — спричинило значні екологічні й соціально-економічні ризики для нижньої течії Дніпра.

У межах дослідження проаналізовано фізико-географічні умови басейну Каховського водосховища, історію його створення, зміну площі дзеркала води в різні роки, а також динаміку руслових трансформацій до та після катастрофи 2023 року. Для отримання просторово-часових даних застосовано сучасні ГІС-технології та супутникове зондування Землі, що дало змогу виявити ключові закономірності у зміні водного режиму та структури заплав. Отримані результати можуть бути використані для розробки стратегій екологічної реабілітації територій, формування водоохоронної політики, а також прогнозування довгострокових наслідків зміни руслової системи у зв'язку з техногенними втручаннями та змінами клімату.

Ключові слова: Каховське водосховище, Каховська ГЕС, руслоформування, річка Дніпро, руйнування дамби, екологічні наслідки, водні ресурси.

ABSTRACT

Moldovan Oleksandra

*Bachelor's degree student, Specialty 103 – Earth Sciences (Hydrometeorology)
Department of Geography of Ukraine and Regional Studies
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
Chernivtsi, Ukraine*

THE IMPACT OF THE KAKHOVKA RESERVOIR ON CHANNEL FORMATION PROCESSES OF THE DNIPRO RIVER: ANALYSIS OF ECOLOGICAL FACTORS AND HUMAN INTERVENTION

Abstract. This bachelor's thesis presents the results of a study on the impact of the Kakhovka Reservoir on channel formation processes of the Dnipro River in the context of natural and anthropogenic environmental changes, within the stretch from the city of Dnipro (Zaporizhzhia Oblast) to the Kakhovka Hydroelectric Power Plant (Nova Kakhovka, Kherson Oblast). Particular attention is paid to the consequences of the destruction of the Kakhovka HPP dam, which, on one hand, reactivated natural riverbed processes, and on the other hand, caused significant ecological and socio-economic risks for the lower Dnipro.

The study analyzes the physical and geographical conditions of the Kakhovka Reservoir basin, the history of its creation, the changes in its water surface area over different years, as well as the dynamics of riverbed transformations before and after the 2023 disaster. To obtain spatiotemporal data, modern GIS technologies and satellite remote sensing were applied, which made it possible to identify key patterns in changes to the hydrological regime and floodplain structure. The obtained results may be used for the development of ecological rehabilitation strategies, water protection policy planning, and forecasting the long-term consequences of channel system changes due to human interventions and climate change.

Keywords: Kakhovka Reservoir, Kakhovka HPP, channel formation, Dnipro River, dam destruction, ecological consequences, water resources.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ *О.Р. Молдован*

Зміст

Вступ	6
РОЗДІЛ 1. ОПИС ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ УМОВ РОЗТАШУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	8
1.1. Географічне положення та межі водосховища	8
1.2. Кліматичні умови та гідрологічний режим регіону	10
1.3. Геологічні та геоморфологічні особливості території	12
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	15
2.1. Короткий огляд історичних подій та етапів будівництва водосховища	15
2.2. Основні технічні характеристики споруди	16
2.3. Функціональне призначення Каховського водосховища	18
2.4. Дослідження історії використання території Каховського водосховища в минулому	21
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ РУЙНУВАННЯ ДАМБИ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА	27
3.1. Причини та обставини руйнування дамби	27
3.2. Вплив на природні та екологічні умови регіону	29
3.3. Чи варто знову відновлювати Каховське водосховище та затоплювати Великий Луг?	33
РОЗДІЛ 4. ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ ПРОЦЕСІВ РУСЛОФОРМУВАННЯ РІЧКИ ДНІПРО ДО ТА ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ	35
4.1. Застосування ГІС для аналізу змін в руслоформуванні річки	35
4.2. Порівняльний опис положення русла річки Дніпро до та після руйнування дамби	39
4.3. Аналіз процесу ревіталізації Великого Лугу за даними космознімків	43
4.4. Аналіз екологічних наслідків руйнування дамби Каховського водосховища	49
Висновки	56
Список використаних джерел	60
Додатки	63

Вступ

Річка Дніпро є однією з найбільших водних артерій України, яка відіграє ключову роль у соціально-економічному розвитку країни та підтримці біорізноманіття. Створення каскаду водосховищ на Дніпрі, суттєво вплинув на процеси руслоформування річки, що зумовлює необхідність детального вивчення цього впливу. Руйнування дамби Каховського водосховища з однієї сторони дало можливість відновити природні процеси руслоформування на річці, а з іншої матиме серйозні екологічні наслідки, для водних та прибережних екосистем нижче за течією, а також вплине на водні ресурси регіону.

Каховське водосховище було важливим джерелом генерування електроенергії для регіону, а також відіграло велике значення для забезпечення водними ресурсами міст та сіл на Півдні України та в Криму. Руйнування дамби вплинуло на життя та діяльність населення, а також на економіку регіону. В контексті зміни клімату та зростання антропогенного тиску на природні екосистеми, вивчення впливу водосховищ на руслоформування річки набуває особливої важливості для розуміння та вирішення екологічних проблем. Отже, розуміння впливу існування Каховського водосховища в минулому та його відсутність у майбутньому є актуальним завданням з точки зору забезпечення екологічної стійкості, енергетичної безпеки та соціально-економічного розвитку регіону.

Мета дослідження полягає в аналізі впливу Каховського водосховища на процеси руслоформування річки Дніпро з урахуванням екологічних чинників з використанням ГІС технологій.

Об'єктом дослідження є річка Дніпро та процеси руслоформування, що відбуваються на території Каховського водосховища.

Завдання роботи включають:

- Опис фізико-географічних умов розташування Каховського водосховища.
- Дослідження історії створення та функціонування Каховського

водосховища.

- Аналіз екологічних наслідків руйнування дамби Каховського водосховища.
- Проведення дослідження зміни дзеркала Каховського водосховища.
- Вивчення зміни процесів руслоформування річки Дніпро до та після руйнування Каховського водосховища з використанням ГІС технологій.

Предметом дослідження є картографічний аналіз впливу Каховським водосховищем на процеси руслоформування річки Дніпро з допомогою ГІС технологій.

Методи дослідження включають аналіз літературних та інтернет джерел, використання сучасних технологій супутникового зондування, а також аналіз географічних та екологічних даних для отримання об'єктивної інформації щодо впливу Каховського водосховища на процеси руслоформування річки Дніпро.

РОЗДІЛ 1. ОПИС ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ УМОВ РОЗТАШУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

1.1. Географічне положення та межі водосховища

Каховське водосховище є однією з ключових штучних водойм України, що було створене на річці Дніпро в межах трьох областей – Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської. Його формування стало результатом масштабного гідротехнічного проекту, реалізованого в ході будівництва Каховської гідроелектростанції, яке тривало з 1955 до 1958 року. Основною метою створення водосховища було забезпечення сталого енергозабезпечення півдня України, зрошення посушливих земель Причорномор'я, покращення умов судноплавства, а також забезпечення питною водою промислових центрів регіону.

Каховське водосховище має надзвичайно великі просторові параметри. Його загальна довжина сягає 230 км, що робить його одним із найдовших в Україні. Середня ширина водойми становить близько 9,4 км, проте в окремих місцях вона розширюється до 25 км, що вказує на потужну здатність водосховища накопичувати значні об'єми води. Загальна площа акваторії дорівнює 2155 км², що порівнювано з площею окремих регіонів країни. Середня глибина водосховища становила близько 8,4 м, а максимальна — до 24 м, що характерно для глибоководних ділянок, розташованих ближче до греблі ГЕС. Загальний об'єм води, що акумулювався у водосховищі, сягав 18,2 км³. Ці параметри дозволяли ефективно регулювати стік Дніпра, особливо в межах нижньої течії.

Берегова лінія Каховського водосховища є надзвичайно розчленованою та має загальну протяжність близько 896 км. Такий показник є свідченням активних геоморфологічних процесів, які відбувалися внаслідок затоплення долинної системи Дніпра, а також численних приток і балок. Більшість берегів представлені стрімкими

обривами, які місцями урізані глибокими ерозійними формами — ярами та балками. Це створює складний мікрорельєф узбережжя і спричиняє активні геодинамічні процеси, зокрема зсуви та абразію. Однак, подекуди трапляються і пологі піщані ділянки, які особливо характерні для південних районів водойми.

На акваторії водосховища розташовано низку природних та напівштучних островів і архіпелагів, серед яких виділяють такі: острів Канівський, Бelay, Тарасівський, Кутянський, Водянський, Іванівський, Розумовсько-Белінська гряда, а також архіпелаг Великі Кучугури. Ці острови мають різне походження: частина з них є залишками затопленого природного рельєфу, інші сформувалися внаслідок акумуляції донного матеріалу. Деякі з них є важливими орнітологічними та природоохоронними об'єктами, а також мають рекреаційне значення для місцевого населення.

Дані параметри та характеристики водосховища подані у низці наукових праць, серед яких ключовим джерелом є дослідження Багмет О. Б. [3] , де розглянуто геоморфологічні наслідки формування водосховища та їхній вплив на прилеглі райони. Додаткову інформацію щодо морфометричних показників Каховського водосховища можна знайти в статистичних оглядах Держводагентства України, а також в історичних матеріалах про будівництво гідроелектростанцій на Дніпрі [16].

Загалом, Каховське водосховище відігравало стратегічну роль у водному господарстві України, однак його існування також супроводжувалося екологічними та геоморфологічними викликами. А після руйнування Каховської ГЕС у 2023 році, водосховище втратило значну частину своєї акваторії, перетворившись на велику затоплену котловину з фрагментами залишкових водних площ, що знову актуалізувало потребу в дослідженнях його зміненого стану.

1.2. Кліматичні умови та гідрологічний режим регіону

Завдяки своєму географічному положенню, район водосховища має помірно-континентальний клімат, сухе літо і малосніжна зима під впливом повітряних мас що надходять з Атлантики, з Арктичного басейну та з континентальних територій Євразії. Однак, завдяки близькості до Азовського моря, він має найтепліший клімат серед усіх степових районів України.

Сонячна радіація. Загальний річний показник радіації в середньому досягає 110 ккал/см². Головним джерелом теплової енергії виступає пряма сонячна радіація, інтенсивність якої складає 59,8 ккал/см². Розсіяна сонячна радіація становить 50,2 ккал/см², поглинута - 89 ккал/см², а відбита сонячна радіація становить 22 ккал/см². Річний баланс сонячної радіації складає 50 ккал/см². Тривалість сонячного освітлення, що впливає на теплозабезпечення варіюється від 2000 годин у північних регіонах до 2300 годин на південних територіях[7].

Середня кількість опадів у регіоні становить 430 мм., з яких 270 мм. припадає на теплу пору року, Середньомісячна тривалість опадів протягом року спостережень становила максимум 106 годин, а мінімум 17-18 годин. Щільність і тривалість туманів найбільша в холодну пору року. В середньому 45-50 днів протягом року, а найбільша кількість туманних днів була 96. Протягом року переважали повітряні маси з північного-сходу та східного напрямів. Максимальні середньомісячні значення швидкості вітру становить 4,8 м/с, а найменше - 3,1 м/с. Клімат регіону зазнав значного впливу антропогенних факторів, особливо в останні 40 років. Після будівництва Каховського водосховища розподіл опадів на території, суттєво змінився. Також водосховище внесло свій внесок у термічну взаємодію в регіоні, що призвело до формування нових повітряних потоків. Каховське водосховище є кінцевим у Дніпровському каскаді водосховищ. Це одне з найбільших великих штучних водойм - об'єм якого

становить 18 кубічних кілометрів. Основна частина водосховища має загально довжин 73 км. розвернута в субширотному напрямку. З усіх водосховищ Дніпровських каскадів, Каховське є найменш проточним.

Температурний режим водосховища визначається сезонними коливаннями. За даними спостережень, найвищі температури води спостерігаються в липні, коли максимальні температури в окремі дні досягають $+30-31^{\circ}\text{C}$, а в січні $-3,5^{\circ}\text{C}$. Через високе прогрівання та малу проточність в літній період водосховище зазнає інтенсивного цвітіння синьо-зелених водоростей, що сприяють значному нагріву води на поверхні.

Будівництво Каховського водосховища відіграло важливу роль у меліоративних роботах у Нижньому Придніпров'ї та Криму. Північно-Кримський канал розташований на лівому березі водосховища, неподалік від греблі електростанції. Вода в канал надходить самопливом. Канал протікає вздовж лівого берега Дніпра в Херсонській області, через Перекопський перешийок до міста Керч у степовій частині Криму. Далі йдуть міжгосподарські осушувальні канали, які постачають воду до кримських міст і сіл [7].

Солоність води у Каховському водосховищі варіюється від 253-433 мг/л., вміст кисню сягає - 6-12,5 мг/л., у літні місяці температура води піднімається до $+24^{\circ}\text{C}$. Водойма замерзає наприкінці листопада або на початку січня, а льодостав триває до середини лютого - на початку березня. Товщина крижаного покриву у водосховищі коливається від 17 до 37 см. Процес водообмін у Каховському водосховищі відбувається два-три рази на рік. Влітку рівень води знижується на один метр для потреб рибного господарства. Мілководдя, яке займає 5% площі, крите водною рослинністю (загальна площа заростання - до 30 кв.км) Водосховище населяють широколисті та вузьколисті рогози, очерет, кушир занурений, сальвінія плаваюча та водяний горіх. Водосховище є домівкою для 670 видів планктону та водоростей, найпоширенішими з яких є зелені

водорості, діатомові синьо-зелені водорості та евглена.

Фауна Каховського водосховища представлена понад 150 видами зоопланктону, 180 видами безхребетних та 56 видами риб.

Якість води водосховища в цілому оцінена задовільно. Проте забруднення водойми фенолами, нафтопродуктами, важкими металами та іншими хімічними речовинами має переважно локальний характер, зосереджуючись здебільшого на поверхні води.

Для збереження екології та покращення санітарного стану водосховища й його берегової лінії впроваджено низку заходів. Зокрема, було посилено захист приблизно 150 км дамб і створено санітарні зони на водозбірній території. Також завдяки зрошенню та обводненню вдалось значно підвищити врожайність сільськогосподарських культур у регіоні. З'явилося можливість зрошувати величезні площі земель степової смуги. Таким чином, людина підкорила природу і змусила її служити суспільству [7].

1.3. Геологічні та геоморфологічні особливості території

Регіон долини Дніпра розташований у межах Середньодніпровського мегаблоку Українського щиту, який розміщений між Нікополем і Дніпропетровськом. На цій території Дніпро слугує природним кордоном між двома фізико-географічними провінціями: Дністровсько-Дніпровською, яка охоплює правобережну частину, та Лівобережно-Дніпровсько-Приазовськ, що належить до північностепової зони. Правобережна частина входить до складу низовин Придніпровської височини та характеризується крутими схилами та розгалуженою річковою мережею, що надає їм горбистого вигляду[2]. Лівобережна частина - степова низовина, дещо підвищена на півночі та півдні, де переходить у Запорізьку рівнину. За геоморфологічною класифікацією територія лежить в межах осадово-ерозійної хвильової рівнини.

Особливістю рельєфу Причорноморської низовини в районі водосховища є хвилястий вигляд через інтенсивний розвиток яружної ерозії. Ширина цієї зони становить 10-15 км. На півдні регіону поступово переходить у рівнинну Причорноморську низовину, сформовану алювіальними відкладами, із висотами, що варіюються в межах 50-70 метрів [2].

Після створення Каховського водосховища спостерігалася активізація давніх, частково осушених зсувів (Ушкалка, Скельки), а також утворення нових ділянок зсувних процесів (Михайлівка, Карай-Дубіна, Яковлево). Паралельно з яружною ерозією можуть формуватися фронтальні зсуви (Вищетарасівські зсуви) середньою протяжністю 30-200 м, іноді 250-750 м.

Будівництво водосховища стало причиною утворення тріщин і деформацій конструкцій на значній території. Це обумовило підняття рівня ґрунтових вод через створення підпору, що спричинює зволоження лесових порід і втрату ними стійкості, приводячи до просідання ґрунтів.

Корінні породи долини Дніпра, де розташоване водосховище представлені гранітами, мігматитами, з поверхні вивітрілими, перекритими лесами та лесоподібними породами.

Під час будівництва водосховища були затоплені виходи кристалічних та окремі скелі. Протяжність порожистої ділянки від Кайдатського порогу до Вільного становить 65 км. Перепади висоти порогів у Дніпрі становить 3.5 м. Окрім цього, над поверхнею Дніпра височіли окремі скелі, які були менші за розміром ніж пороги, і отримали назву “забори”.

Кристалічний фундамент, який формує основну осадову товщу, розчленований межею розломів на блоки різного масштабу, кожен з яких має власний характер неотектонічної активності. У правобережному регіоні амплітуда неотектонічного підняття досягає 150-175 метрів, що обумовлює більш високе розташування рельєфу і більш активні екзогенні процеси. В районі лівого берега Дніпровського каскаду середня амплітуда

неотектонічного підняття становить 100-125 м.

У долині Дніпра відбуваються різноманітні екзогенні процеси рельєфоутворення, серед яких лінійна та площинна ерозія, гравітаційні явища (зсуви, обвали), руйнування берегів, суфозія та карстові процеси. Особливості цих явищ залежать від зональних умов і орієнтованих факторів.

Будівництво каскаду водосховищ на Дніпрі значно ускладнило інженерно-геологічну ситуацію в регіоні, спричинивши низку низку небажаних і небезпечних процесів, зокрема зміщення дамб, просідання поверхні з цим структурні деформації і руйнування, а також підтоплення сільськогосподарських угідь і міських територій [2].

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

2.1. Короткий огляд історичних подій та етапів будівництва водосховища

Перше Дніпровське водосховище було створене в 1920-х роках, коли була побудована Дніпровська гідроелектростанція. Після цього довгий час на Дніпрі нічого не будувалося, але в 1950 році було побудоване набагато більше Каховське водосховище. Наскільки нам відомо, Дніпровська ГЕС була побудована для виробництва електроенергії, було затоплено дніпровські пороги для полегшення судноплавства на Дніпрі.

Рішення про будівництво Каховського водосховища було прийнято після посушливого літа 1946 року та голоду 1946-1947 років.

Реалізація проєкту була запланована на період з 1949 по 1965 роки. У цей час передбачалося висадити понад 5000 кілометрів лісосмуг, щоб захистити сільськогосподарські угіддя від нищівних суховіїв. Осушити великі території, для ведення господарства. Побудувати канали та велику зрошувальну систему. Все це мало змінити клімат на 120 мільйонах гектарів.

Будівництво Каховського гідровузла розпочалося наприкінці вересня 1950 року. Будівництво розпочалось з трьох основних компонентів: самої гідроелектростанції, водосховища та системи каналів. Водночас з цим, неподалік почалось зводитись нове місто, яке згодом отримало назву Нова Каховка. У будівництві взяли участь понад 10000 робітників з усього Радянського Союзу. ГЕС була побудована достроково, за 5 років замість 6, і 18 жовтня 1955 року була запущена перша турбіна електростанції.

Каховське водосховище було спроектоване як найбільше у світі як за площею, так і за об'ємом води. А Північно-кримський канал, який був потім проритий від нього, мав не лише постачати воду до Криму, а й бути

судноплавним, з'єднуючи з Азовським морем і транспортувати 10 мільйонів тонн вантажу щорічно. Розгалужена система зрошувальних каналів повинна була постачати воду не лише для Криму, а й для всього півдня України. Місцеве сільське господарство планувалося адаптувати для вирощування бавовни та рису.

З цією метою було затоплено десятки тисяч гектарів родючої землі, заплавлених луків, лісів та озер між Каховкою і Запоріжжям. Історична територія Великого Лугу, де було розташовано кілька Запорізьких Січей, також була затоплена. Близько 90 сіл з двох берегів Дніпра, де проживало щонайменше 37000 людей, також були затоплені.

Каховське водосховище протяжністю 230 кілометрів заповнювали до 1958 року. Пізніше виявилось, що розрахунки радянських фахівців були помилковими. У результаті кількість води, що випаровувалась, виявилась значно більша, ніж планувалось. Крім того, великі території Полісся були осушені в рамках “сталінського природного перетворення”. В наслідок цього об'єм води в Дніпрі значно зменшився. Заповнити Каховське водосховище за відповідними технічними параметрами було неможливо. Тож нового штучного моря було недостатньо для мережі зрошувальних каналів.

Водосховище Дніпровської ГЕС також не вирішувало цієї проблеми. Для забезпечення потреб виникла необхідність спорудження ще чотирьох резервуарів вище за течією Дніпра. Ці роботи тривали до середини 1970-х років, і саме тоді було завершено формування Дніпровського каскаду гребель. [1]

2.2. Основні технічні характеристики споруди

Каховське водосховище має надзвичайно великий басейн – близько 482 000 км², що включає всю водозбірну територію річки Дніпро — він слугує основою для накопичення і регулювання стоку.

Площа самого дзеркала води при нормальному приймальному рівні становить приблизно 2 150 км². Протяжність водойми сягає приблизно 230 км, а ширина змінюється від середньої величини близько 8,5 км до максимуму 25 км. Загальний об'єм води у водосховищі складає приблизно 18,2 км³, з них «мертвий» об'єм – 11,4 км³, а «корисний», який може бути використаний для регулювання стоку, – 6,8 км³. За цими показниками Каховське водосховище є другим після Кременчуцького у каскаді Дніпровських водосховищ за роллю у збереженні та регулюванні стоку Дніпра [17].

Після підйому рівня води під час заповнення Каховської ГЕС – на 16 метрів — Нікопольське управління водних ресурсів отримало основну задачу: захищати навколишні території та населення від можливого надмірного впливу підйому чи падіння рівня води. Для цього створено та експлуатується комплекс гідротехнічних споруд: чотири насосні станції загальною продуктивністю 62 м³/с, які щороку перекачують близько 0,5 км³ води; три компресорні станції, здатні подавати 550 м³/хв стисненого повітря для обслуговування 370 свердловин, що формують береговий вертикальний дренаж у Нікополі, Кам'янці-Дніпровській та Великій Знам'янці; захисні дамби загальною довжиною 34 км і глибиною до 15 м; а також берегозахисні споруди по периметру водосховища — усього близько 59 км. Усім цим забезпечується надійна експлуатація, яка спрямована на мінімізацію ризиків гідродинамічного та гідрогеологічного характеру, захист населених пунктів та аграрних угідь.

На жаль, детальні технічні дані про насосні чи компресорні станції, а також специфікацію управління дренажем, важко знайти в публічному доступі — вони здебільшого містяться у внутрішніх документах Нікопольського управління водних ресурсів чи спеціалізованих технічних звітах. Більша частина наведених морфометричних параметрів узята з публікацій, таких як стаття у Вікіпедії щодо Каховського водосховища, де

наведено загальні відомості про довжину, ширину, площу, об'єм тощо[17].

Викладені дані узагальнюють морфометричні параметри водосховища та описують основні напрямки роботи інженерної інфраструктури для гідрологічного регулювання та захисту прилеглих територій, на основі доступних відкритих джерел і технічних документів відповідних організацій [17].

2.3. Функціональне призначення Каховського водосховища

Однією з найважливіших функцій водосховища була **вироблення електроенергії** на Каховській гідроелектростанції (ГЕС). Ця станція стала завершальним елементом у ланцюзі гідроелектростанцій на Дніпрі, які забезпечували потреби промислово розвинутого сходу та півдня України в електроенергії. Хоча потужність Каховської ГЕС була меншою, ніж у Дніпрогесу чи Кременчуцької ГЕС, вона виконувала важливу стабілізуючу роль у загальній енергетичній системі, особливо в години пікового навантаження. Завдяки можливості оперативного регулювання об'ємів води, водосховище забезпечувало як стабільність генерації, так і компенсацію стрибків у споживанні електроенергії [19].

Другою за значенням функцією було **регулювання стоку Дніпра**. У разі паводків або тривалих дощів водосховище накопичувало надлишкову воду, попереджаючи затоплення пониззя Дніпра, зокрема територій у Херсонській області. Натомість у періоди низької водності – влітку чи під час посух – з водосховища здійснювався контрольований скид води для підтримки екологічного стану річки та задоволення потреб зрошувального землеробства. Таким чином, Каховське водосховище виступало водним «акумулятором» для великої частини південної України [17, 18].

Окремим блоком використання була **система зрошення**. Від Каховського водосховища брали початок дві найбільші зрошувальні системи України – Північно-Кримський канал і Каховський магістральний

канал. Перший, протяжністю понад 400 км, забезпечував водою не лише сільське господарство півдня Херсонщини, а й основні зони зрошення в степовій частині Кримського півострова, аж до Керчі та Феодосії. Другий, Каховський канал, мав завдання постачати воду в райони центральної частини Херсонської області та в запорізький степ. Зрошувальна вода використовувалась для вирощування зернових культур, овочів, кормових культур і технічних рослин, зокрема рису, соняшника, бавовнику (в минулому) та садів. У роки пікової зрошувальної активності Каховське водосховище забезпечувало до 80% потреб в іригаційній воді регіону [17].

Ще одним важливим напрямом була **питна і промислова водозабірна функція**. Завдяки водосховищу стали можливими централізоване водопостачання таких міст, як Нікополь, Енергодар, Кам'янка-Дніпровська, Берислав, Нова Каховка, Генічеськ, а також низки сільських громад. Крім цього, вода використовувалась для технічного забезпечення підприємств: охолодження агрегатів Запорізької атомної електростанції, роботи металургійних і хімічних підприємств Нікополя, Марганця, а також для потреб агропереробних комбінатів.

Каховське водосховище було важливим елементом і **транспортної інфраструктури** – створивши глибоководний судноплавний канал, воно дозволило річковим баржам і теплоходам курсувати до Запоріжжя та далі. Судноплавство сприяло розвитку торгівлі, перевезенню сировини (особливо зерна, металів, мінералів), а також пасажирських перевезень у середині XX століття. Портова інфраструктура в Новій Каховці та поблизу Берислава мала вагоме економічне значення для регіону до 1990-х років.

Варто також згадати про **рибогосподарське використання**. Водосховище було джерелом добування промислової риби (лящ, судак, щука, плітка, карась, товстолобик, короп), а також місцем розташування риборозплідних господарств. У водоймі розвивалась водна флора та зоопланктон, які забезпечували кормову базу для риб. Водночас неконтрольовані вилови, забруднення та зміна температурного режиму

поступово призвели до зниження рибопродуктивності.

Окреме місце посідало **рекреаційне та оздоровче використання**. Каховське водосховище відігравало роль зони відпочинку для тисяч мешканців півдня України. На його берегах розташовувались бази відпочинку, дитячі табори, санаторії. Купання, риболовля, вітрильний спорт і аматорське судноплавство були популярними видами дозвілля. Прибережні території активно забудовувалися дачними ділянками, зокрема поблизу Нікополя та Нової Каховки. У літній період водойма пом'якшувала мікроклімат степової зони, впливаючи на агрокліматичні умови регіону.

Важливо зазначити й **екологічні аспекти**. Водосховище виконувало функцію розведення забруднюючих речовин, які надходили з приток та промислових стоків. Водночас, це призводило до **евтрофікації**, зниження кисневого режиму, періодичних “цвітінь” води. Регулярно виникали проблеми з підтопленням прибережних зон, зокрема через підйом рівня ґрунтових вод. Також змінилася гідрологічна структура русла Дніпра, зменшились швидкості течії, зникли частини заплав, які раніше були середовищем існування болотних видів[19].

На завершення слід вказати, що до моменту катастрофи 2023 року, спричиненої руйнуванням греблі Каховської ГЕС, водосховище продовжувало відігравати значну роль у водному балансі України, підтримуючи зрошення, енергетику, екосистемні функції та захист від посух [20, 21]. Його знищення призвело до масштабної гідрологічної, гуманітарної та екологічної кризи, яка триває досі. Оцінка функціонального минулого водосховища дає змогу усвідомити масштаби втрат та сформувати основи для подальшого відновлення та ревіталізації нижнього Дніпра.

2.4. Дослідження історії використання території Каховського водосховища в минулому водосховища в минулому

До створення створення Каховського водосховища дана території мала назву Великого Лугу. Великий Луг - унікальний природний простір, де перепліталися річки та їхні притоки, озера й болота, порослі очеретом. Луки , ліси та густі чагарники. На деяких ділянках виднілися високі піщані дюни. Цей ландшафт значно відрізнявся від степових просторів, що його оточували. Регіон був багатий на деревостан як на правому так і на лівому берегах Дніпра. Великий луг простягався на сотню кілометрів з заходу на схід і від 20 до 25 кілометрів із півночі на південь.

Упродовж . Століть тут розмістилися шість із восьми Запорізьких Січей. Ця територія стала стратегічною базою для видатних українських козаків лідерів, серед яких Іван Сірко, Дмитро Вишневецький, Петро Дорошенко, Богдан Хмельницький та інші. Нижче Великий Луг переходив у знамениту Геродотову Гілею, що простягалася від селища Бабині сучасної Херсонської області до Нової Каховки. Тут росли великі дерева, серед яких переважав дуб.

Після створення Каховського водосховища під водою опинилося понад 250 тисяч гектарів території: заплави Дніпра, залишки Січей , високі кучугури, десятки сіл, болота , ліси та острови.

На місці побудови Каховської ГЕС із шлюзів виникло нове робітниче містечко-майбутня Нова Каховка. У 1957 році будівельники Дніпробуду частково вирушили до Дніпродзержинська для створення нової станції, тоді як інша частина залишилася облаштовувати Нову Каховку.

Козацька спадщина Великого Лугу була яскравою й багатогранною. Кам'янська Січ (1709-1711, 1728-1734), розташована поблизу села Республіканець у Херсонській області, зберегла традиції з майданом, скарбницею та ремісничими майстернями. Цікаво, що саме тут спочиває

легендарний кошовий отаман Кость Гордієнко, непримирений борець із московією.

Остання Новосіч заснована у 1734 році отаманом Іваном Малашевичем на правобережжі Дніпра. Це було укріплення серед низинних заплав, захищене густими лісами й болотами, які утворювали природний лабіринт для ворогів. У червні 1775 року Катерина II наказала знищити Новосіч. На її місці козаки заснували село Покровське, яке частково постраждало під час затоплення в середині 20 століття.

Чортомлинська Січ (1652-1709), тісно пов'язана з іменем Івана Сірка, залишилася у пам'яті завдяки його 15 обранням на посаду отамана.

Базавлуцька Січ (1593-1638) слугувала важливою військовою базою з артилерією та флотом. Завдяки природному захисту з лісів і заростей очерету татарські загони не могли прорватись до укріплень.

Історія Великого Лугу зберігає спогади про велич і героїзм козацької культури та природи краю. Яка сьогодні частково залишалася лише у пам'яті нащадків.

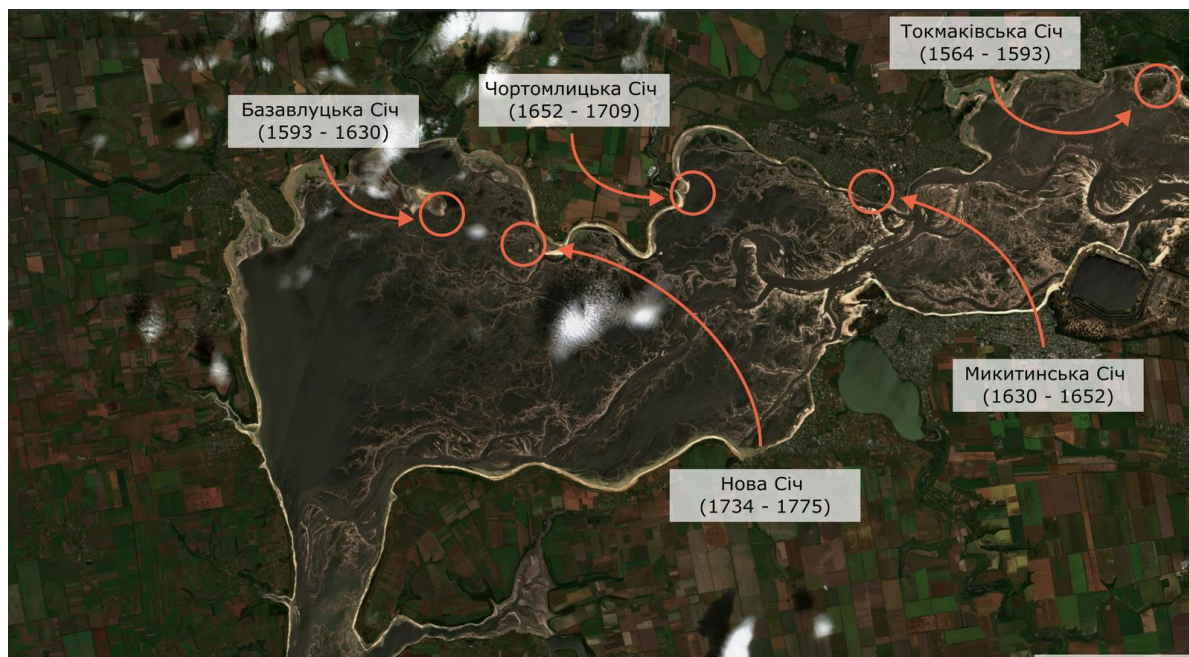


Рис.2.1. Розміщення Козацьких Січей на супутниковому знімку від 20.06.23 зі спущеним Каховським водосховищем (інформація з сайту <https://texty.org.ua>)

Улітку 1638 року польський гетьман Микола Потоцький зруйнував Базавлуцьку Січ. Згодом де зберігались залишки укріплень, опинилося під водою через створення ”Каховського моря”.

Микитинська Січ

Розташована на Микитиному Розі що поблизу Орлового острова. Січ була заснована козаками-линчаївцями під проводом кошового отамана Федора Линчая. Саме з відси Богдан Хмельницький у середині XVII століття повів козаків на бородьбу з польським пануванням.

На сьогодні від цієї Січі залишилися лише легенди та згадки. Її укріплення, курені, капличка й цвинтар були повністю змиті річковими течіями.

Берег поступово омивався водою, оголюючи рештки трун зі старого цвинтаря.

Томаківська Січ

Перша Запорізька Січ, заснована наприкінці XVI століття на острові Томаківка серед заплавних ландшафтів. У цей період чисельність козацького війська сягала 10 тисяч осіб, а після повстання Криштофора Косинського до козацтва долучилось ще більше охочих.

Острів був вкритий густими лісами. На його околицях росли високі груші, а посередині- віковічні дуби. Томаківська Січ перебувала в низинах, оточена річками, що забезпечувалр природний захист. З різних боків острів омивали Бугай, Ревун і ревунча, а також прилягали озера Спичне, Калинувате й Соломчине.

У 1953 році частина Січі була затоплена під час створення водосховища. Загало вода поглинула приблизно 2,8 тисяч гектарів земель: луки, ліси, сінокоси та орні угіддя. Під водою опинилися близько ста сіл, мешканці яких (37 тисяч осіб) були змушені полишити домівки.

Золота Балка

Село розташовувалось поблизу Дніпра , відкриваючи краєвиди на левади. Безмежні заплави, численні ріки та острівці, багаті родючими

чорноземами. Що весни вода затоплювала левади неподалік, приносячи на поверхню дерева та гілля. Місцеві мешканці збирали ці дари природи, забезпечуючи себе матеріалом для обігріву своїх осель у холодну зимову пору.

До середини червня вода зазвичай відступала, залишаючи після себе родючий шар намулу.

На розчищених від лісу ділянках люди садили овочі, випасали худобу, косили сіно для майбутнього використання.

У посушливі місяці тимчасові водойми висихали, відкриваючи доступ до лісів. Деревину використовували для будівництва та опалення, з лози плели кошики, меблі, з очерету: паркани та покрівельні плити. Багаті ресурси Великого Лугу допомогли вижити місцевим під час голодомору 1932-1933 роки.

Місцевість навколо Золотої Балки поступово затоплювали до 1954 року. Значна частина жителів виїхала, але деякі лишилися мешкати у нових будинках, споруджених радянською владою на підвищеннях, недосяжних для повеней.

Великі Гирла і Малі Гирла

До воєнних років мешканці Великої Гирли виготовляли плетені меблі з лози, яку збирали в місцевих заплавнях.

Неподалік Малих Гирл п річці проходили пароплави, що прямували маршрутом Запоріжжя- Херсон і назад.

Життя у селах вирувало життєрадістю. Однак у 1950-х роках обидва населені пункти назавжди поглинуті водами Каховського Водосховища, а мешканцібули змушені переїхати.

Грушівський Кут

Відомий як колишній зимівник кошового отамана Івана Сірка. Нажаль у 1950-х роках радянська влада затопила історичне поселення Грушівський Кут разом із його багатолітньою історією.

Орлів Острів

Близько 1845-1846 рр. Дніпро змінило своє русло неподалік Нікополя. У результаті між старим і новим каналами річки утворилась ділянка з відкритими піщаними берегами. Цей шматок суші, згодом назвали Орловим островом, став улюбленим місцем відпочинку мешканців міста.

Орлів острів зник під водами так званого "Каховського моря" у 1954 році. Проте після підриву Каховської ГЕС росіянами в 2023 році він поступово почав підніматися над водою.

Новопавлівка. Сформувалася на місці старого козацького селища Лиса Гора. Після ліквідації Січей російська імперія перейменувала це село, заселивши своїми військами. Однак із будівництвом Каховської ГЕС значну частину території села було затоплено. На тому місці, де колись стояли хати, сьогодні розташовані дитячі табори і зона відпочинку.

Іванівські кучугури- це горбиста місцевість, історично розташована на берегах старого русла Дніпра, де сьогодні знаходиться Запорізька атомна електростанція (ЗАЕС). Колись кучугури омивав рукав Дніпра, який із початком будівництва електростанції було перенаправлено в ставок-охолоджувач.

Під час льодовикового періоду на цій території утворилися високі схили. Льодовики, що рухалися, сформували характерний рельєф, а тала вода принесла з собою пісок, глинок та щебінь. Так виникли величні пагорби та дюни на рвчкових терасах.

Втім, це місце не було пустелею. У підніжжі кучугур протікала річка Конка, а вся місцевість була густо поросла очеретом й верболозами. Тут розташовувалися численні озера й болота, утворюючи густі заплави.

У 1970 році почалося будівництво Запорізької ДРЕС. На цьому місці заснували робітниче селище. Яке через два роки отримало назву Енергодар. Частину пагорбів зрівняли й забудували. Щоб зупинити пилові бурі, на цих землях висадили хвойні дерева.

Кучугурське городище вважається найбільшим татарським

поселенням у низинних плавнях Дніпра, розташованим приблизно за 30 км на південь від сучасного Запоріжжя. У 14 столітті тут пролягав один із торгівельних маршрутів знаменитого Шовкового шляху. В період з 1360 по 1374 роки на цій території існувало місто Орду яке слугувало ставкою хана Мамаю.

У 1374 році через важку посуху місцеві ординці залишили Великий Луг і переселилися до Криму.

Кам'янське городище займає місце сучасної пристані Кам'янки-Дніпровської в Запорізькій області.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ РУЙНУВАННЯ ДАМБИ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

3.1 Причини та обставини руйнування дамби

Підірвання греблі Каховської гідроелектростанції 6 червня 2023 року стало не лише актом терористичного нападу, а й прикладом цілеспрямованого екоциду, що підпадає під дію положень Женевської конвенції 1949 року про захист цивільного населення під час війни, а також Римського статуту Міжнародного кримінального суду, який кваліфікує подібні дії як злочини проти довкілля, що мають серйозні наслідки для цивільного населення [20]. Руйнування критично важливої гідротехнічної споруди призвело до втрати можливості забезпечувати мільйони людей водою, теплом, зрошенням, електроенергією, що в умовах війни прирівнюється до застосування зброї масового ураження.

За оцінками екологів і гідрологів, вибух греблі призвів до одномоментного зникнення близько 18 км³ води, яка становила основу гідрологічної рівноваги півдня України [21]. Це становить майже 10% прісноводного ресурсу країни в об'ємному вираженні, що особливо критично в умовах кліматичних змін, дефіциту води та деградації земель у південних регіонах. Втрачено основне джерело живлення для Північно-Кримського, Каховського та Інгулецького каналів, що раніше зрошували сотні тисяч гектарів угідь. За офіційними та незалежними оцінками, буде виведено з обігу близько 94% площ, що отримували воду саме з Каховського водосховища [17].

Наслідки прориву греблі мали багатоступеневий характер. Спершу сформувалась паводкова хвиля висотою до 5 м, яка охопила десятки населених пунктів у Херсонській області, затопивши будинки, дороги, об'єкти промисловості, склади з хімікатами, каналізаційні системи, електростанції, що спричинило не лише прямі руйнування, а й хімічне забруднення значних площ [23]. Після відходу води залишилися товсті

шари мулу з високим вмістом важких металів, патогенів та залишків продуктів розпаду. Під ударом опинились такі міста як Олешки, Гола Пристань, Білозерка, а також райони Нової Каховки, які фактично втратили свою життєздатність. Було знищено транспортну та логістичну інфраструктуру, зокрема низку мостів і доріг між селами лівобережжя, що повністю паралізувало евакуацію цивільного населення [20; 21].

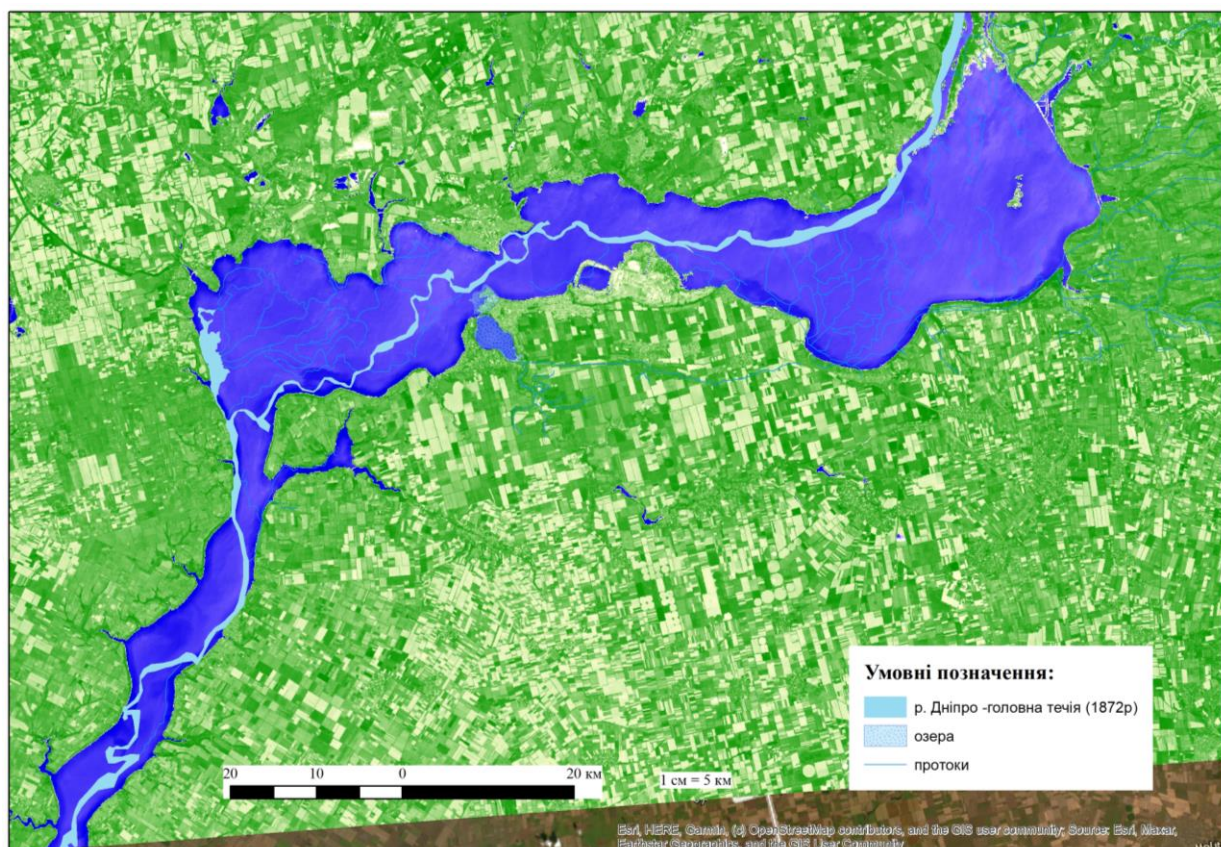
Окрему загрозу становить імовірність техногенних аварій другого порядку. Наприклад, відсутність води у резервуарах створила пряму загрозу функціонуванню Запорізької атомної електростанції, яка використовувала Каховське водосховище для охолодження ядерних реакторів. Зневоднення насосних систем унеможливило підтримання необхідного температурного режиму, що в екстремальному сценарії могло призвести до аварії на рівні Чорнобиля чи Фукусіми [21].

Карти, створені за супутниковими даними (див. ілюстрації), чітко демонструють трансформацію басейну Каховського водосховища: перша карта відображає стан до катастрофи, друга — безпосередньо після руйнування греблі, третя — стадію максимального затоплення лівобережжя. Чітко простежуються розгалуження старих русел і проток, що знову стали активними, тоді як раніше затоплені території з 1950-х років перетворились на нестабільні мулово-піщані ландшафти, не придатні до господарського використання без тривалої меліорації [22].

Руйнування греблі має також геополітичний вимір: знищення великої водної інфраструктури держави у воєнний час можна розглядати як інструмент екологічного геноциду. У термінах міжнародного гуманітарного права такі дії вважаються порушенням статей 35 та 55 Додаткового протоколу I до Женевських конвенцій (1977), які забороняють засоби ведення війни, що мають довготривалий і серйозний вплив на довкілля [20; 23]. У цьому контексті говоримо не лише про техногенну катастрофу, а й про зумисне створення умов несумісних з життям для сотень тисяч цивільних українців.

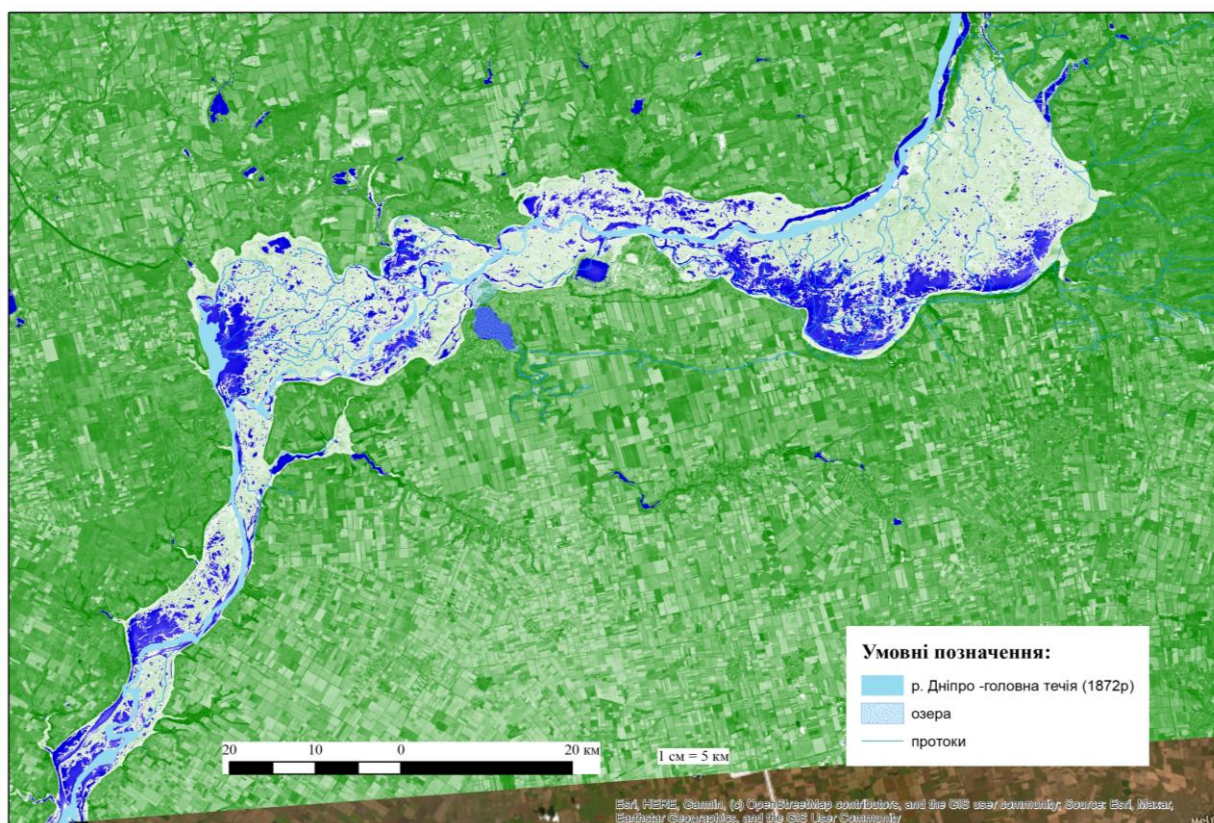
3.2 Вплив на природні та екологічні умови регіону

Злочинне руйнування греблі Каховської гідроелектростанції у червні 2023 року стало безпрецедентною екологічною катастрофою для південного сходу України. Одним із наймасштабніших наслідків стало порушення природного і гідрологічного балансу регіону, що супроводжувалося миттєвим осушенням значної частини Каховського водосховища, а також катастрофічним затопленням нижньої течії Дніпра [24]. Внаслідок цього відбулося руйнування екосистем водосховища: загинули мільйони водних організмів, зокрема риби, молюски, ракоподібні, мікроорганізми та водні рослини, що призвело до вторинного забруднення води через розкладання органічних решток [20].



**Рис.3.1 Картосхема Каховського водосховища до підриву дамби
(05.06.23)**

Катастрофа мала нищівний вплив на прибережні екосистеми, які розвивалися протягом десятиліть. Відбулося знищення середовищ існування багатьох видів птахів, земноводних, ссавців, у тому числі ендемічних, занесених до Червоної книги України. Знищення природних луків і лісів у пониззі Дніпра, які були затоплені, спричинило загибель не лише фауни, а й цінних рослинних угруповань [20; 21]. Значно постраждали території трьох національних природних парків — «Нижньодніпровський», «Кам'янська Січ» і «Білобережжя Святослава», а також Чорноморський біосферний заповідник — об'єкт світової спадщини ЮНЕСКО [25].



**Рис. 3.2. Картосхема Каховського водосховища після підриву дамби
(20.06.23)**

Ці природоохоронні зони є частиною Смарагдової мережі та Рамсарських водно-болотних угідь міжнародного значення, захищених Бернською та Рамсарською конвенціями [25].

Після знищення греблі відбулося масштабне перенесення річкових наносів і мулу, які осідали у водосховищі десятиліттями. Разом із цим у воду потрапили нафтопродукти, пестициди, сміття, відходи з каналізаційних систем, тіла домашніх тварин і худоби, що загинули в затоплених господарствах. Це викликало серйозне санітарно-епідеміологічне забруднення як поверхневих вод, так і ґрунтів [20; 19]. У літній період це створює високий ризик поширення інфекційних захворювань, особливо внаслідок скупчення патогенів у мулових відкладеннях та відкритому середовищі.

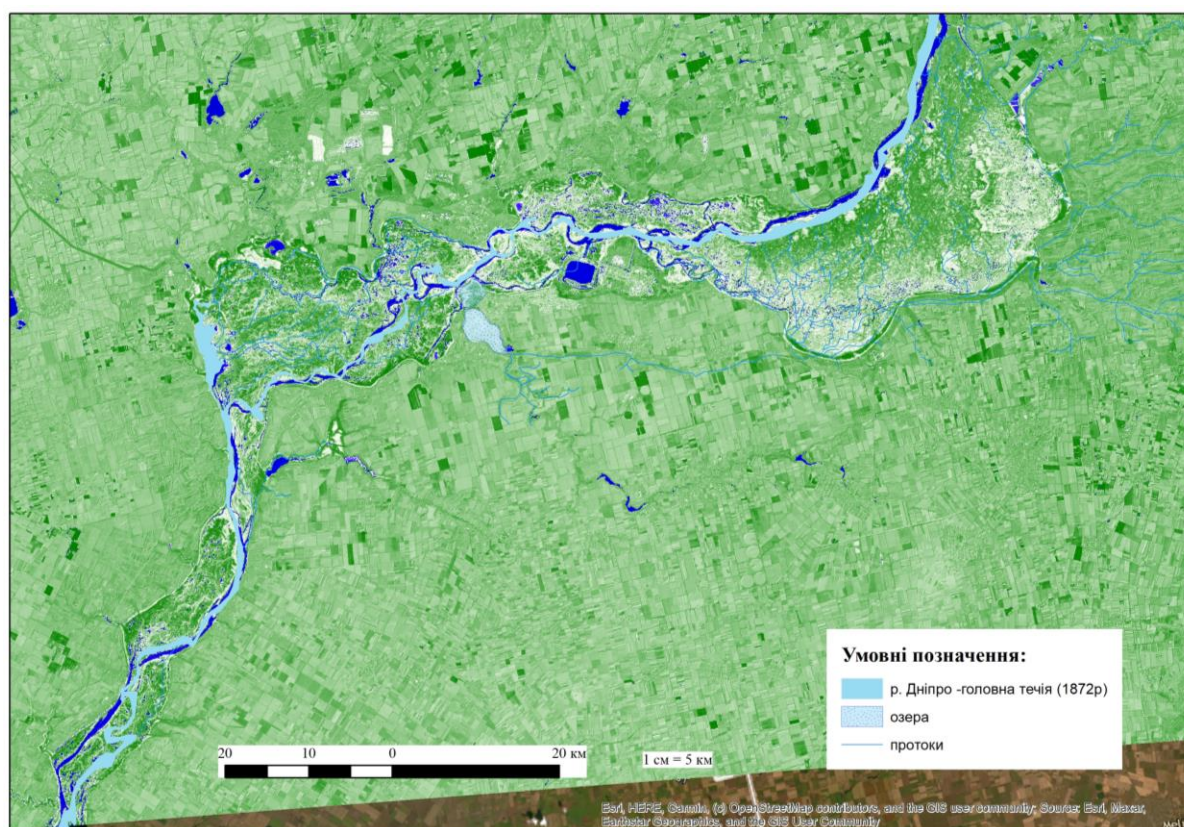


Рис. 3.3. Картосхема Каховського водосховища через місяць після підриву дамби (11.07.23)

Водосховище відігравало ключову роль у водопостачанні півдня України. Його руйнування призвело до зупинки подачі води для населених пунктів Херсонської, частково Запорізької та Дніпропетровської областей, зокрема до таких міст, як Нова Каховка, Берислав, Енергодар, Нікополь

[17; 20]. Також припинилося водопостачання для Північно-Кримського та Каховського каналів, які забезпечували іригацію сотень тисяч гектарів сільськогосподарських земель. У результаті порушено аграрний цикл у південному степовому регіоні України.

Особливо критичною є ситуація на Запорізькій атомній електростанції, яка використовувала воду з Каховського водосховища для охолодження ядерних реакторів. Відсутність стабільного джерела води ставить під загрозу ядерну безпеку об'єкта, про що неодноразово заявляли представники МАГАТЕ [20].

Катастрофа спричинила зміну мезокліматичних умов регіону. Зменшення площі водної поверхні посилило континентальність клімату, підвищило денні температури, зменшило вологість повітря, що вплине на зростання частоти посух, пилових бур і несприятливих погодних умов для агросектору [20]. Також відбулася втрата здатності до регулювання стоку під час паводків: гребля виконувала буферну функцію, стримуючи весняну повінь, а її відсутність тепер загрожує регулярними підтопленнями в пониззі Дніпра [17].

Відбулося і масове вимивання мін і вибухонебезпечних предметів, раніше закопаних або замаскованих на територіях з активними бойовими діями. Потоки води зруйнували захисні споруди, викликали хаотичне переміщення боєприпасів, створивши потенційну загрозу для цивільного населення, рятувальників і саперів [20].

Таким чином, знищення Каховської ГЕС призвело до комплексної деградації водної, ґрунтової, біотичної та соціально-економічної складових довкілля регіону. Це є найбільшою водною техногенною катастрофою в історії незалежної України, а масштаби збитків — екологічних, економічних, соціальних — ще тривалий час залишатимуться предметом досліджень і моніторингу.

3.3. Чи варто знову відновлювати Каховське водосховище та затоплювати Великий Луг?

Відновлення Каховського водосховища та повторне затоплення Великого Лугу є надзвичайно складним питанням, яке вимагає міждисциплінарного підходу, що враховує історичні, екологічні, економічні та стратегічні чинники. Урядова ініціатива щодо повної реконструкції греблі та повернення до старої гідросистеми має на меті забезпечити водопостачання, відновити зрошення сільськогосподарських угідь, а також відродити енергогенерацію. Проте такий шлях не враховує нові реалії – ані кліматичні, ані політичні, ані гуманітарні.

Перш за все, Великий Луг — це не просто територія, яку затопили в середині ХХ століття. Це серце запорозького козацтва, простір історичної пам'яті, який став символом вільного життя українського народу. Затоплення цих земель свого часу спричинило непоправну втрату для історичної географії України. З огляду на сьогоденну боротьбу за збереження української ідентичності, цілком логічно поставити питання: чи не краще повернути Великий Луг як живий історико-культурний ландшафт — не музейний, а такий, що розвивається, взаємодіє з громадою, приваблює туристів та посилює національну свідомість?

З погляду екології, повторне створення штучного водосховища такого масштабу у сучасних умовах викликає значну критику. Великі водосховища супроводжуються надмірними втратами води через випаровування, а також змінюють природну гідрологію річок, призводять до деградації біорізноманіття, ерозії берегів, закиснення ґрунтів і утворення мертвої зони в придонних шарах. Багато країн світу останні десятиліття не створюють нові великі водосховища, а навпаки — демонтують греблі і повертають річкам природний перебіг, стимулюючи відновлення природних екосистем. Прикладом цього є США, де з 1990-х років демонтовано сотні дамб, або Німеччина, що веде активну політику

ренатуралізації річок.

З технічної точки зору, старі форми зрошення через відкриті канали мають бути залишені в минулому. Припустимо, навіть якщо гіпотетично буде відбудована гребля, залишиться проблема неефективності: випаровування, інфільтрація, високі експлуатаційні витрати. В умовах зміни клімату, де вода стає дедалі ціннішим ресурсом, слід впроваджувати більш ощадливі технології, зокрема крапельне зрошення, підземні розподільчі мережі, мульчування, перехід до культур з низьким водоспоживанням. Досвід Ізраїлю — з його жорсткими умовами вододефіциту — доводить, що за умови грамотного управління і застосування сучасних технологій можна забезпечити аграрне виробництво без великих відкритих водосховищ.

Ще одним стратегічним напрямом має стати інвестування в опріснення морської води. Так, початкові інвестиції є високими, але з огляду на довгострокову перспективу, екологічні вигоди та уникнення втрат від екосистемної деградації це рішення набагато доцільніше. Такі установки вже ефективно працюють у Саудівській Аравії, Іспанії, Австралії та інших країнах. Крім того, це зменшить залежність від дніпровської води, особливо в умовах війни, коли будь-яка гідротехнічна споруда може стати об'єктом атаки.

Відповідь на запитання «Чи варто знову відновлювати Каховське водосховище та затоплювати Великий Луг?» — радше ні. Сучасні виклики і стратегічні цілі України диктують потребу у відмові від застарілих рішень. Натомість пріоритетом має стати екологічне відновлення річища Дніпра, повернення Великого Лугу як унікального природного і культурного простору, трансформація системи зрошення на водоощадну і сталу, а також інвестиції у технології майбутнього, зокрема опріснення. Відбудова має ґрунтуватися не на копіюванні радянських схем, а на принципах стійкості, національної гідності та екологічної відповідальності.

РОЗДІЛ 4. ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ ПРОЦЕСІВ РУСЛОФОРМУВАННЯ РІЧКИ ДНІПРО ДО ТА ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ

4.1. Застосування ГІС для аналізу змін в руслоформуванні річки

Геоінформаційна система (ГІС) є програмним комплексом, що надає можливість обробляти, зберігати, редагувати, аналізувати та відображати географічну інформацію.

Для нанесення інформації на карту, ми прив'язали її за довготою та широтою. Об'єкти, з яких складаються ГІС-проекти, потрібно організувати в шари. Картографічний шар - це графічна репрезентація просторових об'єктів певної тематики на карті (в нашому прикладі це Каховське водосховище). Такий підхід дозволяє користувачам швидко й гнучко управляти тематичними шарами: активувати ті які потрібні в конкретний момент, налаштовувати умовні позначення, підписи чи видимість кожного шару індивідуально.

Картографічний шар є представленим просторових об'єктів однієї тематики на карті (в нашому випадку це Каховське водосховище). Таке представлення даних на карті дає змогу користувативачу легко і гнучко відображати ті тематичні шари, які потрібні в певний момент часу, налаштовувати умовні позначення, підписи та видимість для кожного шару окремо тощо.

В нашій роботі ми використовували векторні дані.

Географічні об'єкти для ГІС можуть мати різні типи представлення. За типом геометрії об'єктів розрізняють точкові (Point), лінійн (Polyline) і полігональні (Polygon) шар:

- точки застосовуються для локалізації об'єктів, де важливе їхнє розташування, але не форма чи розмір (наприклад, адреси будівель або

вершини гір). Точка визначається однією парою координат: широтою і довготою.

- Лінії використовуються для позначення об'єктів із довжиною, але без площі(наприклад річки, дороги, державні кордони)
- Полігони описують об'єкти з площею та периметром(контури морів, парків чи держав).

Організація картографічних елементів відбувається через поділ на шари. Наприклад один шар може представляти транспортну інфраструктуру(дороги), інший- будівлі , а третій-лісові масиви чи парки.

Для роботи з векторними даними найчастіше використовується формат Shapefile (шейп-файл). Цей формат складається з кількох файлів із однаковою назвою, але різним розширеннями. Кожен файл виконує свою функцію, тому при перенесенні чи копіюванні потрібно переміщати всі компоненти водночас. Перелік файлів шейп-файлу наведено нижче:

- .shp – основний файл,що містить дані про геометрію об'єктів (точок ліній або полігонів);
- .dbf – таблиця атрибутів у форматі dBase, яка зберігає характеристики об'єктів з файлу .shp;
- .shx –файл індексів, створений для зв'язку між геометрією (.shp) та атрибутами (dbf);
- .prj – файл з інформацією про картографічну проєкцію[8];
- .sbx та .sbn – файли для просторових індексів, які оптимізують роботу з геометрією.

ArcGIS for Desktop- це пакет взаємопов'язаних програм для роботи з географічними даними. Основними компонентами є ArcMap та ArcCatalog. ArcCatalog займається організацією даних і метаданих , забезпечуючи структурування та перегляд їхнього вмісту. ArcMap використовується для створення карт і просторового аналізу.

ArcMap- в ньому можна створювати та редагувати карти. З його допомогою можна наносити умовні позначення.

Для аналізу просторово часової зміни русла р.Дніпро, нами було використано дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а саме знімки супутників Sentinel 2, до яких є доступ через програмне забезпечення ArcGis 10.7.1. Вони слугували основою для подальшого дослідження. Для того щоб здійснити ретроспективний аналіз нами було використано карти з онлайн ресурсу “Arcanum Maps” за 1872 рік. Привязка здійснювалась шляхом пошуку орієнтирів, які не змінювали свого розташування (перехрестя доріг, транспортних вузлів тощо).

Дана методика дала змогу досить точно ув’язати карти за 150 років.

Методика дослідження

У рамках дослідження, також було проаналізовано зміни стану водного покриву та рослинності в межах Каховського водосховища і прилеглої території від 2022 до 2025 року з допомогою Google Earth Engine.

Для цього використано супутникові дані середньої просторової роздільної здатності, зокрема знімки Sentinel-2 (місія Copernicus), які мають просторову роздільність 10м та достатню частоту оновлення. Область визначена прямокутним полігоном із допомогою інструменту `ee.Geometry.Rectangle`.

Для кожного року було обрано весняно-літній період — травень та червень — з метою уніфікації сезонних умов, мінімізації хмарності та найкращого представлення рослинного покриву.

Зокрема, було досліджено чотири часові відрізки:

- травень–червень 2022 року — період до техногенної катастрофи;
- травень–червень 2023 року — безпосередньо після

руйнування Каховської ГЕС;

- травень–червень 2024 року — перший повноцінний сезон після затоплення і деструкції водосховища;
- травень–червень 2025 року — для спостереження за середньостроковими змінами.

Для отримання знімків використано відкриту супутникову колекцію COPERNICUS/S2_SR, яка надає ортофотографії в атмосферно скоригованому вигляді. Для кожного періоду обиралися знімки з хмарністю менше 10% за допомогою фільтру CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE. Після фільтрації зображення було зведено до медіанного значення, що дозволило зменшити вплив залишкової хмарності та інших артефактів.

Весь аналіз проводився в середовищі Google Earth Engine (GEE) — потужній хмарній платформі для обробки геопросторових даних. Обробка включала написання користувацьких скриптів на JavaScript у GEE Code Editor.

NDVI — Normalized Difference Vegetation Index.

Використовувався для оцінки інтенсивності зеленого покриття. Обчислювався за формулою:

$$\text{NDVI} = (\text{B8} - \text{B4}) / (\text{B8} + \text{B4})$$

де:

- B8 — ближній інфрачервоний канал (NIR),
- B4 — червоний канал (Red).

Значення NDVI виводилися у палітрі від сіро-зеленого до насичено-зеленого кольору для зручності візуальної інтерпретації. Водні маски зазначені брудно зеленим відтінком.

4.2. Порівняльний опис положення русла річки Дніпро до та після руйнування дамби

Нами було проведено картографічне дослідження з метою порівняння положення русла ріки Дніпро за 1872 рік, з положенням русла даної річки, станом на 2023 рік. Для цього було використано старі архівні карти Російської імперії кінця XIX століття. Прив'язані та векторизовані дані положення русла були накладені на космознімок з Google Earth. Привязка була проведена за реперними точками на місцевості : якими в переважній більшості виступали перехрестя доріг. Результати накладання можна побачити на рисунках 4.1 – 4.6.

В результаті ми отримали точність прив'язки приблизно 200-300 метрів що є на нашу думку гарним результатом. Як бачимо основні звивини в межах зони руслоформування Дніпра збереглись. Основна течія не змінила свого місця розташування. Деякі звивини розвинулись, а частина зазнала випрямлення що є природньою ознакою для такого періоду часу.

Найбільш яскраво процес розвитку русла відображено на рисунку 4.4 в межах міста Енергодар.

Цей процес, ймовірно, був активізований не лише природною еволюцією, а й втручанням людини — зокрема, меліоративними роботами та впливом створення Каховського водосховища у 1950-х роках, що значно вплинуло на рівневий режим Дніпра.

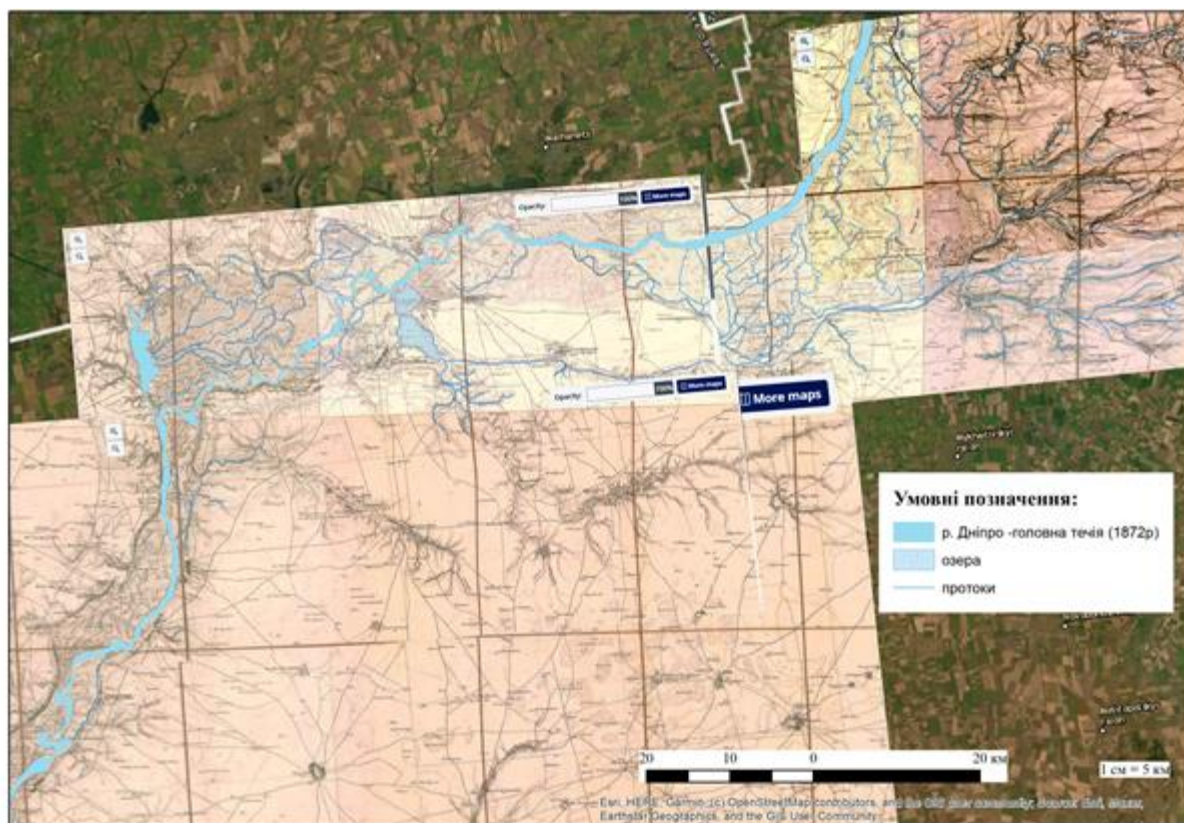


Рис.4.1 Прив'язка карт за 1872рік

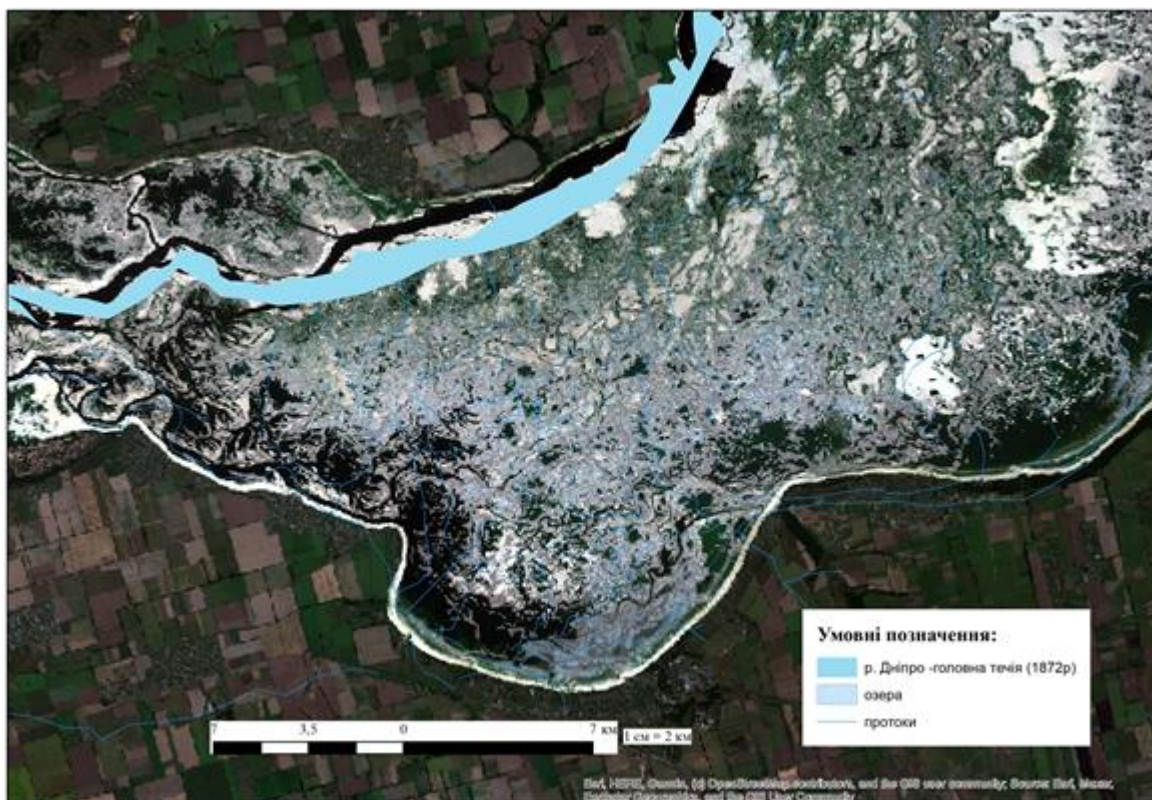


Рис. 4.2. Картосхема суміщення русла р.Дніпро за 1872 рік з космознімком за 2023 рік

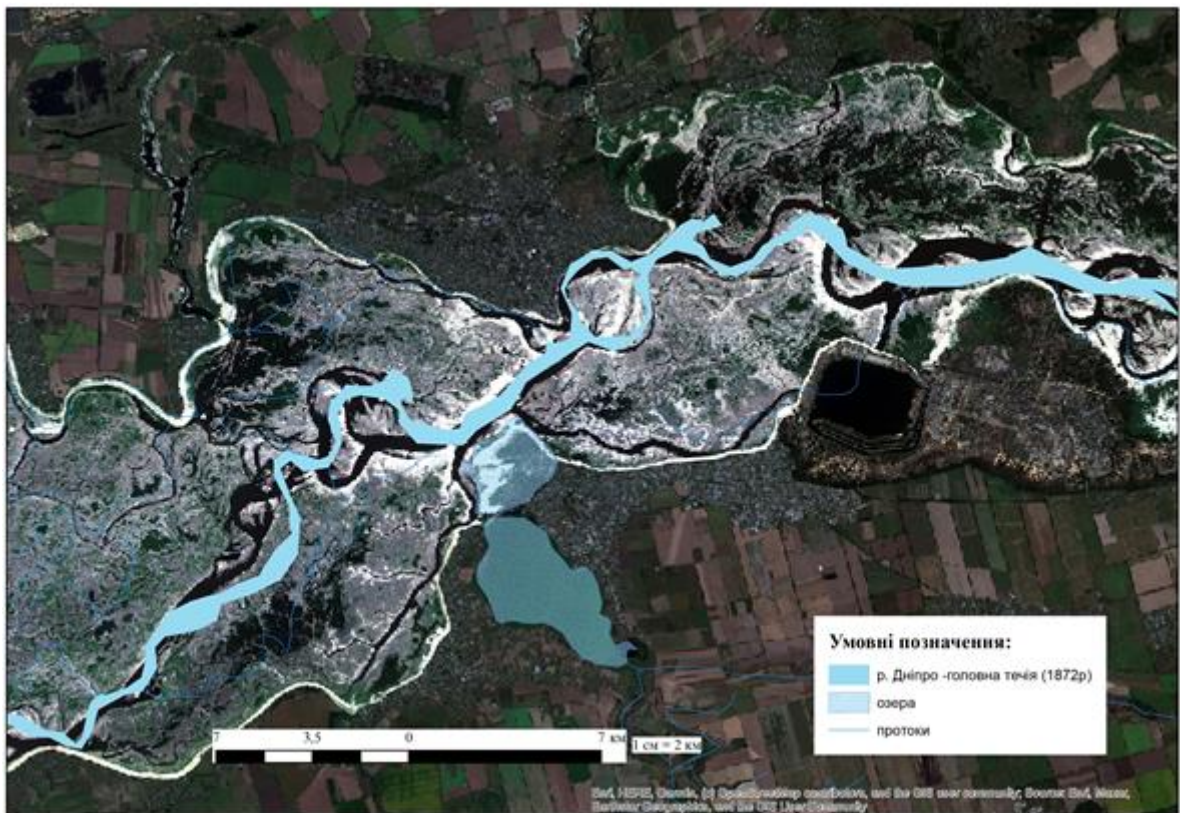


Рис. 4.3. Картосхема суміщення русла р.Дніпро за 1872 рік з космознімком за 2023 рік



Рис. 4.4. Картосхема суміщення русла р.Дніпро за 1872 рік з космознімком за 2023 рік



Рис. 4.5. Картосхема суміщення русла р.Дніпро за 1872 рік з космознімком за 2023 рік



Рис. 4.6.Суміщення русла р.Дніпро за 1872 рік з космознімком за 2023 рік

Подібні дослідження морфодинаміки русел річок у зоні впливу водосховищ та заплавних територій проводились і раніше. Наприклад, у роботах українських геоморфологів (О. І. Жабчука, В. Г. Жовтонога, О. Б. Гавриленка) акцентувалась увага на регресивних змінах у формуванні річищ, втратах меандрованих ділянок, активному замуленні проток і зникненні численних озер та боліт у межах колишнього Великого Лугу. Згідно з цими дослідженнями, водосховище значно змінило режим живлення заплави та фактично "заморозило" розвиток річкових процесів, спричинивши штучну стабілізацію динамічного середовища.

Особливо цінним є те, що результати нашого картографічного аналізу підтверджують гіпотезу про потенціал природного відновлення річкової мережі після осушення території водосховища. Значна частина давніх проток, виявлених на архівних картах, збереглась у вигляді знижень рельєфу, які були повторно активовані при поверненні річки до природного гідрологічного режиму. Вже зараз супутникові знімки фіксують у весняний період на цих місцях стоячі води або сезонні підтоплення, що свідчить про збережену потенційну гідрологічну функцію цих елементів руслової системи.

Дослідження підтвердило доцільність подальшого вивчення природної руслової структури Дніпра в межах колишнього Великого Лугу та її можливого відновлення. Отримані матеріали можуть бути використані як аргумент у дискусії щодо недоцільності повторного затоплення цієї території та відновлення водосховища.

4.3. Аналіз процесу ревіталізації Великого Лугу за даними космознімків

Про процес відновлення природних процесів функціонування річки розповів Г. Коломицев, експерт природоохоронної групи . “Вода почала повертатися до Каховського водосховища. Останні супутникові знімки

показують, що значна частина колишнього водосховища почалась наповнюватись водою.

Це явище можна пояснити таненням снігу. На супутникових знімках чітко видно підвищення рівнів води, що відповідає умовам весняної повені в річкових долинах. За відсутності штучного регулювання рівня води на місці колишнього Каховського водосховища можна спостерігати ті ж процеси, що й на заплавах природних, незарегульованих річок. Весняні паводки відбувались на цій території за тисячі років до побудови гідроелектростанції.”[9]

Подібна подія за схожим масштабом спостерігалась в 1995 році, проте його походження було дещо потужнішим, і в травні, а не в березні як 2023 року, що пояснюється унікальним формуванням весняної повені на Дніпрі на тлі зимової тало-дощових паводків , як і попередньому році. Однак цього року не очікується високих паводків.

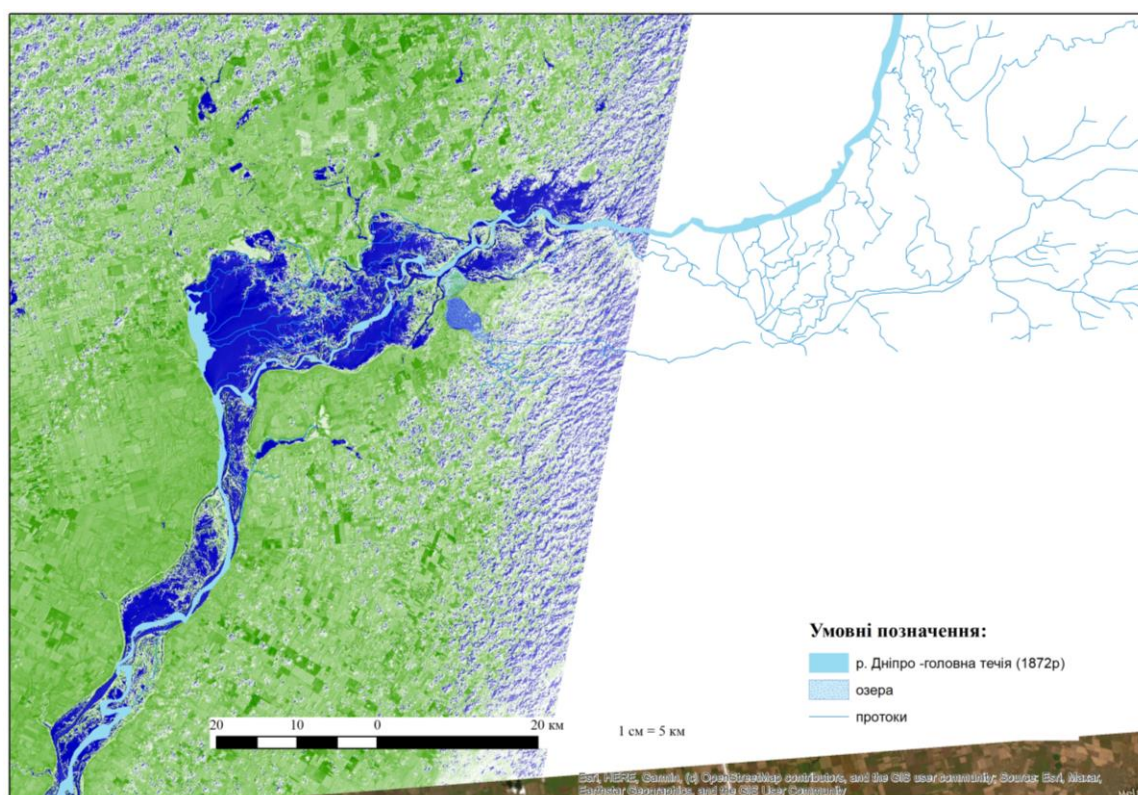


Рис.4.7. Паводок на Каховському водосховищі (11.03.24)

У роки великих повеней до будівництва Каховського водосховища (наприклад, 1931,1940,1942,1947,1951) територія Великого Лугу затоплювалась майже повністю, за винятком деяких ділянок, які майже постійно перебували під водою.

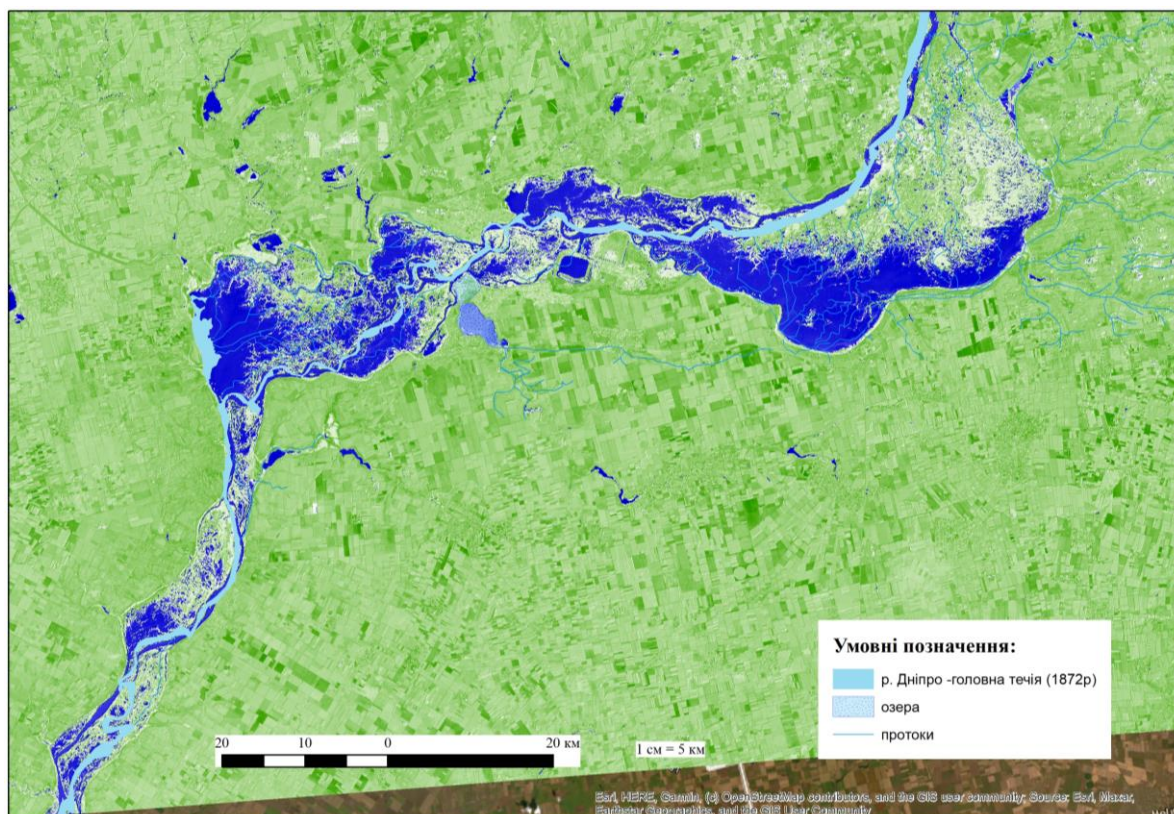


Рис.4.8 Паводок на Каховському водосховищі .(19.03.24)

Нами був проведений аналіз наповнення Великого Лугу під час водопілля в березні 2024 року (рис. 4.7-4.8). Для проведення даного аналізу нами були використані знімки з програмного інструментарію EO Browser. Для ідентифікації водної поверхні на знімках Sentinel 2A за 11 та 19 березня 2024 року нами було використано нормалізований різницевий водний індекс NDWI. Як бачимо даний спектральний показник прив'язаний в ArcGIS показав нам ретроспективу розвитку водопілля в попередні століття на даній території. Як бачимо, крім наповненого Великого Лугу, ще досить значна територія, під час даної фази водного режиму знаходилась під водою. Що мабуть слугували в минулому природним бар'єром і захистом для створення Козацьких Січей на даній території (див. рис. 2.1.).

Як бачимо, навіть після руйнування дамби Каховського водосховища, та тривалого перебування території Великого Лугу під водою, природні процеси повернулись на його територію. Руслові процеси навіть під товщею водосховища продовжили відбуватись в межах форватора, функціонували згідно основних законів руслоформування.

Після руйнування дамби водосховища, на його місці спостерігається формування нової екосистеми. Територія колишнього водосховища поступово вкривається вербовими насадженнями.

Руйнування дамби в червні 2023 року спричинило значну трансформацію екосистемного ландшафту. У той час як прогнози передбачали пилові бурі через осушення території, природа пішла іншим шляхом: активне проростання вербових дерев стало домінуючою тенденцією. Цей процес розпочався влітку, коли насіння верби масово проростало, а до осені дерева вже досягали висоти 2 метрів. Завдяки родючим муловим відкладенням, які залишилися після спуску водосховища, рослини продемонстрували аномально швидкі темпи росту. Упродовж наступного року, до осені 2024 року, висота дерев подекуди складала понад 5 метрів.

Вербові ліси, що зараз формуються у даному регіоні, є унікальним явищем не лише для України, але й для всієї Європи. В умовах, коли аналогічні екосистеми майже повністю зникли внаслідок антропогенного впливу, цей новостворений масив може стати найбільшим осередком вербових лісів на континенті. Така екосистема слугує середовищем існування для багатьох живих організмів, зокрема близько 60 видів птахів та понад 450 видів комах, частина з яких є рідкісними.

Однак, це перспективна екосистема перебуває під загрозою. Можливе знову затоплення території може завдати непоправної шкоди молодим лісам. Важливо зберегти ці новоутворені заплавні насадження, що нагадують про ландшафти Великого Лугу.

Варто зауважити, що Каховське водосховище колись відігравало важливу роль як середовище проживання численної популяції прісноводних риб та інших водозалежних видів флори і фауни. Проте для

його штучного створення на цій території існували зовсім інші екосистеми з перевагою лісних угідь, які нині частково відтворюються природним шляхом.

Нами було проведено аналіз процесу заростання Великого Лугу.

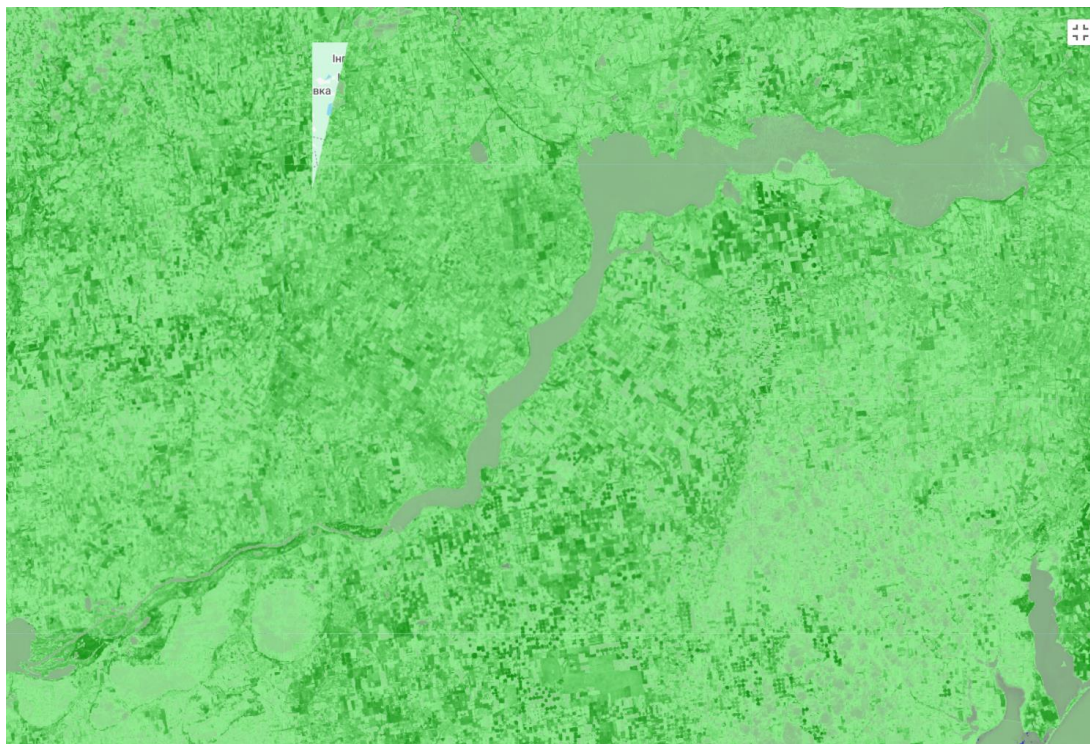


Рис. 4.9. Картосхема індексу NDVI ландшафту нижнього Дніпра до підриву Каховського водосховища.(2022 рік травень-червень)

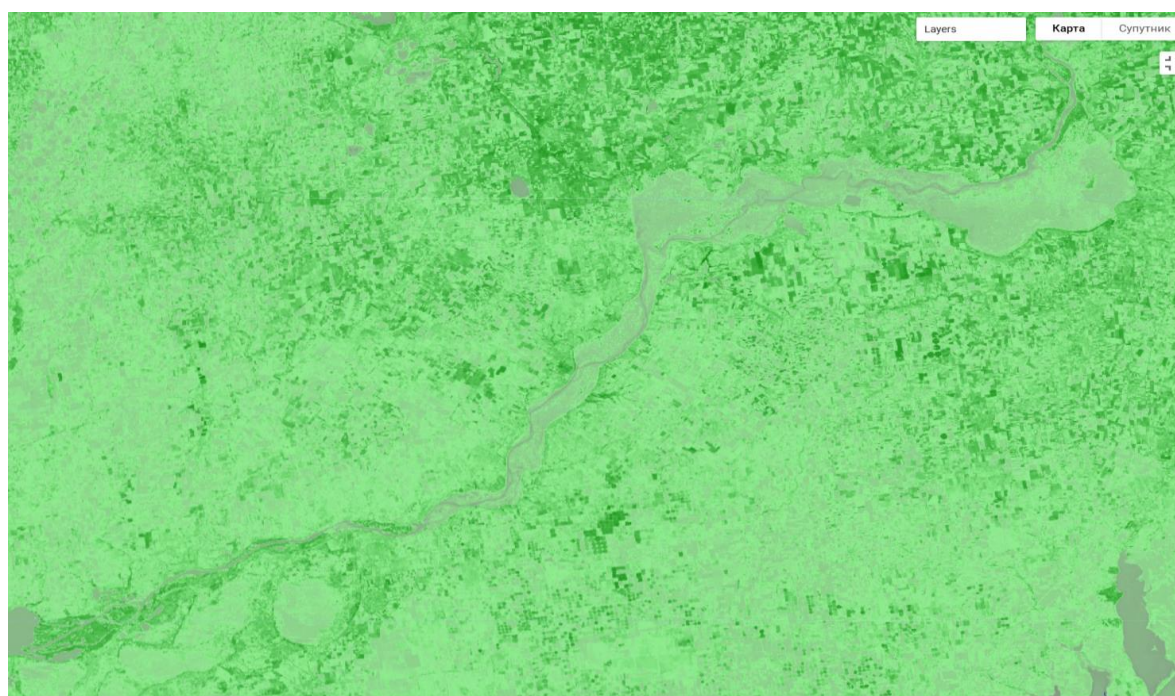
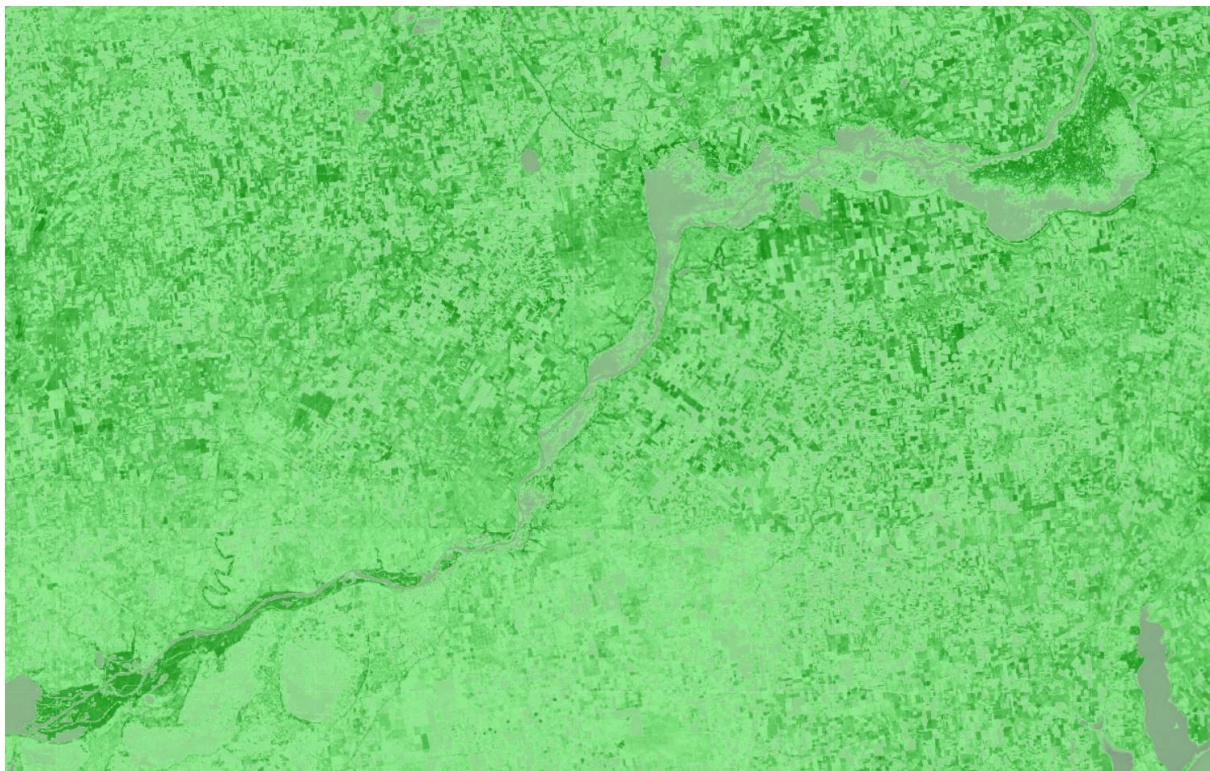
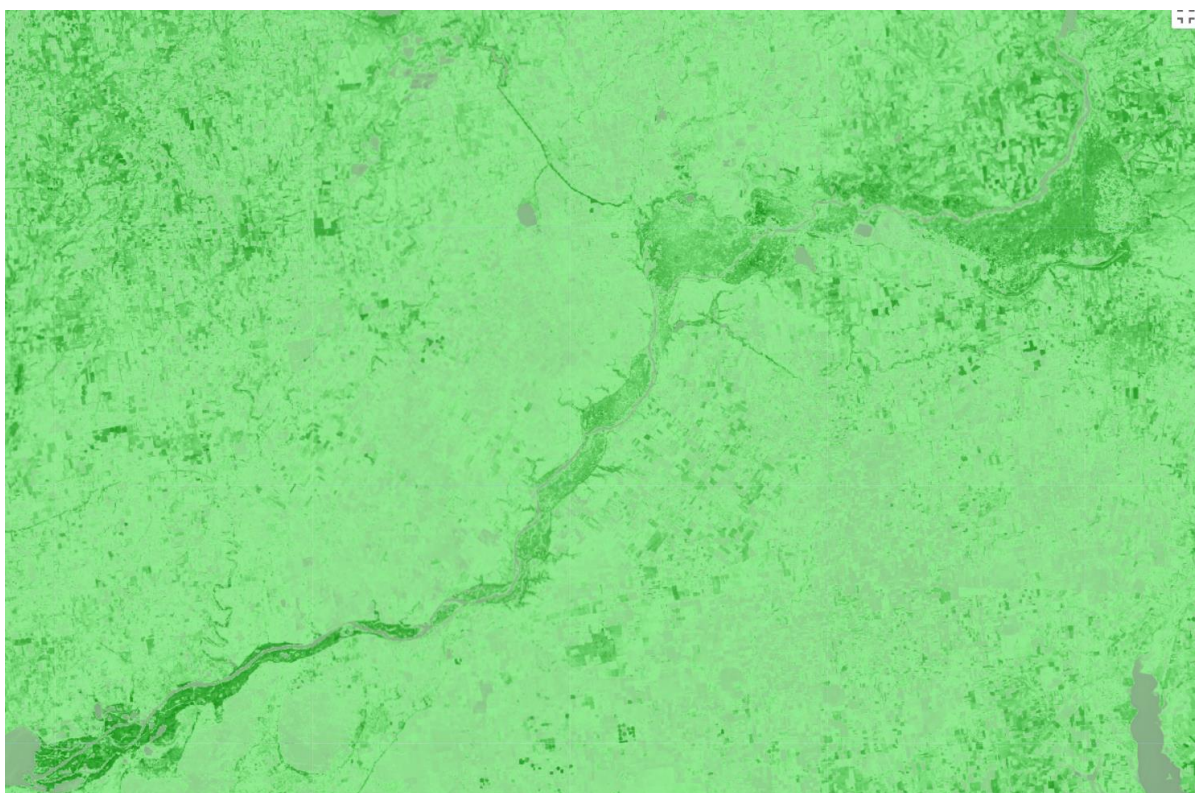


Рис. 4.10. Картосхема індексу NDVI ландшафту нижнього Дніпра після підриву Каховської ГЕС(2023 рік липень-серпень)



**Рис. 4.11. Картосхема індексу NDVI ландшафту нижнього Дніпра
станом на травень-червень 2024 року**



**Рис. 4.12. Супутникова карта стану ландшафту станом на травень-
червень 2025 року**

Як видно з картосхем індексу NDVI ландшафту нижнього Дніпра, виконаних нами в Google Earth Engine (рис. 4.9-4.12) відбувається процес заростання або ревіталізації. На рисунку 4.12 контури Великого Лугу, а колись Каховського водосховища, вже майже не прослідковуються. Даний індекс дає можливість побачити тенденції відновлення даної території та поступового заростання молодими деревами. Колись на місці Каховського водосховища розташовувався Великий Луг — густий ліс. Тепер цей ліс повертається. Нажаль в умовах війни місцеві мешканці не можуть перетворили на городи та пасовища для худоби дану місцину як відбулось після руйнування дамби після 2 Світової війни. З історії ми знаємо, що це місце століттями було джерелом продовольства для українських селян.

4.4. Аналіз екологічних наслідків руйнування дамби

Каховського водосховища

4.4.1. Поверхневі води

Потік води з Каховського водосховища, проходячи через дельту Дніпра, далі спрямовується в Дніпро-Бузький лиман і врешті до чорного моря. У перші дні після руйнування греблі через утворений прорив витікало до 40-50 тися кубометрів води за секунду. У цей час з водосховища було вимито мул, що накопичувався на його дні, а також значну кількість розчинених забруднювачів і сміття з промислових об'єктів та населених пунктів. Руйнування греблі Каховської ГЕС спричинило потрапляння у воду щонайменше 150 тонн трансформаторної оливи та 300 тонн пального, хоча за іншими ці показники могли сягати 465 тонн.

Води Каховського водосховища охопили що найменше 54 техногенних об'єкти, серед яких виявилися сховища нафтопродуктів, звалища, кладовища, очисні споруди, сільськогосподарська

інфраструктура, автозаправні станції, хімічні підприємства, тваринницькі комплекси та вигрібні ями.

Затоплення багатьох із них створює серйозну екологічну загрозу. Особливо небезпечними названо Херсонський нафтопереробний завод, паливне сховище компанії “Glusco” в Олешках та низку АЗС у таких населених пунктах, як Олешки, Гола Пристань і Херсон. Крім того, до вод Дніпра потрапила значна кількість хімікатів-3471 тонна добрив із підприємства “Полімін-Юг” в Олешках. За різними підрахунками, кількість затоплених об’єктів, які стали джерелами масштабного забруднення Дніпра та Чорного моря, сягнула до 1088.

Лівий берег Дніпра має нижчу висоту порівняно з правим, що призвело до цього більшого ураження внаслідок затоплення. Українська сторона поки що позбавлена доступу до гідрологічних постів і станцій, які виконують моніторинг якості води на лівобережжі. Через це оцінити вплив катастрофи на прісноводні екосистеми цього регіону можливо лише за даними, отриманими з правого берегу.

Потужний потік води з Дніпра викликав підйом рівня навіть у його притоках, таких як Інгулець і Вільчівка. Зафіксовано явища зворотної течії в обох річках. Зокрема, рівень води в Інгульці піднявся на відстані до 150 км вгору по течії. У середньому підйом сягав 6 метрів, у деяких місцях — до 8 метрів, що призвело до затоплення території площею близько 67 км². Внаслідок того, що русло Інгульця зарегульоване і не має явної заплавної зони, вода розлилася по схилах. На цих ділянках були розташовані цінні степові території, які зазнали серйозних пошкоджень.

Після потрапляння дніпровської води до річки Інгулець у її руслі виявилися види риб, нехарактерні для природної іхтіофауни цього регіону. Рибне населення Інгульця у період після катастрофи зазнало суттєвих змін, відрізняючись від звичного складу, притаманного місцевим водоймам. Однак умови, характерні для Інгульця, виявилися несприятливими для багатьох із цих видів, які переважно з’явилися з Каховського водосховища.

Ймовірно, більшість риб після короткого перебування повернулися до Дніпра.

Унаслідок підриву греблі Каховської ГЕС було зафіксовано підвищення рівня води також у басейні річки Південний Буг. На гідрологічних постах, розташованих навіть за понад 100 км від Дніпровсько-Бузького лиману, помітили наслідки цього процесу. Зокрема, у районі міста Миколаєва рівень води піднявся на 104 см, що стало історичним максимумом для цієї місцевості. Поступове зниження рівнів почалося лише 11–12 червня. Станом на третю добу після аварії (9 червня 2023 року) на більшості гідрологічних постів у руслах основних річок фіксувалося поступове спадання води. Уже через 15 діб після події водні рівні наблизилися до стабільних показників. Значну роль у цьому відіграли східні вітри, що знижували силу гідравлічного підпору та обмежували масштаби затоплення у пригирлових зонах.

4.4.2.Забруднення вод

До моменту руйнування Каховська ГЕС, однойменне водосховище вважалося одним із найбільш забруднених серед усіх у Дніпровському каскаді. Основним джерелом забруднення були неочищені або недостатньо очищені скиди промислових підприємств, які надходили до водосховища упродовж десятиліть. Внаслідок цього у ньому накопичувався найбільший об'єм донних відкладів, насичених важкими металами та іншими токсичними компонентами, серед усіх водосховищ каскаду .

Хоча частина забруднювальних речовин переміщувалась у водному середовищі у складі завислих речовин, переважна їх кількість (близько 99,5 %) осідала у донних відкладах. До складу цих накопичень входили, зокрема, марганець (Mn), мідь (Cu), цинк (Zn), хром (Cr) та інші метали. Активне осідання пояснюється незначною глибиною водосховища та його слабкою проточністю, що сприяли інтенсивному осадженню й акумуляції

забрудників у донному шарі.

Після катастрофи, внаслідок раптового і неконтрольованого скиду води, значна частина донного мулу була мобілізована і перенесена течією в нижню течію Дніпра, у тому числі в дельтову зону та Чорне море. Через стрімкий характер руйнування греблі й масштабний підйом води кількість забруднювальних речовин, вивільнених у результаті цього процесу, точно визначити складно. За оцінками Програми ООН з довкілля (ЮНЕП), обсяг виносу твердих та хімічно небезпечних відходів міг сягати близько 1 077 000 м³, а за іншими розрахунками — до 2 894 000 м³. Водночас спостерігається тенденція до зростання концентрацій забруднювачів у наносах нижче за течією, що свідчить про їх активне переміщення і накопичення в при гирлових ділянках після спаду води.

4.4.3. Промислове та муніципальне водопостачання

До трагічної руйнації Каховської ГЕС водосховище відіграло фундаментальну роль у забезпеченні технічною водою багатьох промислових об'єктів півдня та сходу України, включно з підприємствами, розташованими на значній відстані від самого резервуара. Найбільше втрату цього водного ресурсу відчували галузі, критично залежні від водопостачання, особливо металургійна.

За інформацією Міністерства економіки України, прямі збитки промислових підприємств через знищення гідротехнічної споруди оцінено у 105 мільйонів доларів США. Найпотужніше постраждали металургійні комбінати Дніпропетровської області, розташовані у таких містах, як Кривий Ріг, Нікополь, Марганець та Покров. Щоб продовжити діяльність, ці підприємства були змушені оперативно переходити на закриті системи водообігу або шукати нові джерела технічної води.

Показовою стала ситуація на підприємстві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», одному з найбільших металургійних заводів країни. У червні 2023 року завод повністю припинив виробництво сталі, що призвело до

різкого зниження обсягів виробництва металопродукції — всього до 15–20% від довоєнного рівня (до початку 2023 року цей показник становив 30–40%). Лише завдяки організації альтернативних джерел технічного водозабезпечення вдалося частково поновити виробничий процес.

Інші промислові об'єкти також вживали заходів для адаптації: окремі підприємства почали використовувати замкнені цикли повторного споживання технічної води, тоді як інші — облаштовували власні системи водопостачання. Проте загальне зменшення обсягів доступної води суттєво вплинуло на діяльність металургійного комплексу.

Внаслідок катастрофи різко впали обсяги виробництва сталі, чавуну та прокату, що спричинило скорочення експорту та уповільнення темпів зростання ВВП. До подій 2023 року металообробна галузь забезпечувала близько 30% загального обсягу промислового виробництва в Україні та формувала до 42% експорту країни. Таким чином, проблеми водозабезпечення нанесли системний удар по всій економіці країни.

Водопостачання для питтєвих потреб.

До руйнування Каховської ГЕС водозабірні пункти, що діяли на акваторії Каховського водосховища, забезпечували питною водою приблизно 140 населених пунктів із загальною чисельністю населення близько 1 мільйона осіб, включаючи і жителів тимчасово окупованих територій. Більше 90% споживачів проживали в п'яти великих містах: Кривий Ріг (приблизно 635 тисяч мешканців), Нікополь (115 тисяч), Енергодар (53 тисячі), а також Нова Каховка та Марганець (по 45 тисяч мешканців кожне).

Руйнування греблі спричинило серйозний збій у роботі систем централізованого водопостачання. Водночас наслідки відчули навіть ті території, які користувалися підземними джерелами води. У кількох населених пунктах правобережжя Дніпропетровської області спостерігалось значне зниження рівня ґрунтових вод — від 5 до 8 метрів. Наприклад, у селі Катеринівка Нікопольського району, розташованому за

7,6 км від колишньої берегової лінії, колодязі пересохли. За прогнозами експертів, повернення ґрунтових вод до попереднього рівня, навіть у разі реконструкції водосховища, може затягтися на понад тридцять років.

Зменшення доступу до води торкнулося як її кількісних, так і якісних характеристик. Для збереження водоносного горизонту в Херсоні у день катастрофи терміново провели консервацію та герметизацію близько 30 об'єктів системи водопостачання, а деякі з них вивели з експлуатації. Через постійний ризик обстрілів значна частина свердловин залишається законсервованою. У прибережній зоні Херсона часткове водопостачання здійснюється завдяки роботі п'яти з шести помпових станцій, які вдалося відновити після спаду рівня затоплення та нормалізації гідрологічної ситуації.

На фоні кризи забезпечення населення питною водою стало одним із ключових завдань державних органів. Уряд України оперативно виділив фінансування в обсязі близько 980,5 млн грн для організації підвозу води до постраждалих регіонів: Херсонської, Миколаївської, Запорізької та Дніпропетровської областей.

До кінця 2024 року на Дніпропетровщині збудовано й запущено в роботу три нові магістральні водогони, які забезпечують транспортування води з річок Дніпро та Інгулець до громад, що найбільше постраждали від вододєфіциту. Зокрема, успішно реалізовані такі проєкти, як «Запоріжжя – Томаківка – Марганець», «Марганець – Нікополь – Покров» і «Інгулець – Південне водосховище». Ці системи відіграють ключову роль у відновленні та стабілізації комунального водопостачання, особливо на звільнених територіях, адже не залежать від водосховищ і значно зменшують втрати води через випаровування.

Проте впровадження цих інфраструктурних рішень викликало занепокоєння серед екологів. Через воєнний стан будівельні роботи проводилися за спрощеною процедурою, без проведення належної стратегічної екологічної оцінки (СЕО) та детальної оцінки впливу на

довкілля (ОВД). Важливо зазначити, що траси водогонів частково пролягали через території Смарагдової мережі, які мають особливе природоохоронне значення.

Висновки

У результаті аналізу фізико-географічних умов розташування Каховського водосховища встановлено, що ця штучна водойма, створена у 1955–1958 роках на річці Дніпро на межі Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської областей, характеризувалася винятково великими масштабами (довжина близько 230 км, площа водного дзеркала понад 2150 км²), а відносно рівнинний степовий рельєф долини Дніпра зумовив широкий розлив вод, внаслідок чого берегова лінія стала дуже звивистою, з переважно крутими урвищами та лише поодинокими піщаними мілководдями. Клімат регіону помірно континентальний (спекотне посушливе літо, м'яка малосніжна зима) і завдяки близькості Азовського моря є найтеплішим у степовій зоні України.

Дослідження історії створення та функціонування Каховського водосховища показало, що воно стало одним із наймасштабніших гідротехнічних проєктів свого часу. Водосховище споруджувалося разом із Каховською ГЕС у 1955–1958 роках як заключна ланка Дніпровського каскаду, з метою виробництва електроенергії, зрошення посушливих степів (через Північно-Кримський канал), покращення судноплавства та водопостачання південних регіонів. Водночас його створення супроводжувалося значними втратами: під водою опинилися десятки тисяч гектарів родючих заплав, легендарний Великий Луг із кількома запорозькими Січами, а також близько 90 населених пунктів; було відселено щонайменше 37 тисяч людей. Незважаючи на такі втрати, у наступні десятиліття Каховське водосховище стало ключовим елементом водогосподарської та енергетичної систем півдня України. Воно сприяло розвитку зрошуваного землеробства і промисловості регіону, проте зумовило й низку екологічних проблем (евтрофікацію, замулення, зникнення природних заплав тощо). Таким чином, історія Каховського водосховища наочно демонструє, як великомасштабні гідротехнічні проєкти поєднують значний соціально-економічний

ефект зі складними екологічними і культурними втратами.

Аналіз екологічних наслідків руйнування дамби Каховського водосховища в червні 2023 року виявив масштабну кризу для довкілля нижнього Дніпра. Раптовий скид величезної маси води спричинив катастрофічну повінь у пониззі Дніпра та підняв на поверхню донні відклади, що накопичувалися у водосховищі десятиліттями. До річки потрапили нафтопродукти, пестициди, сміття, стічні води, тіла загинув тварин – це різко погіршило якість води і ґрунтів та створило ризик спалаху інфекційних хвороб. Ці речовини потрапили в дельту Дніпра й Чорне море, створивши загрозу для екосистем, здоров'я населення та якості водних ресурсів. Відновлення водопостачання здійснюється шляхом будівництва альтернативних водогонів, однак через спрощену процедуру під час воєнного стану ці проєкти часто ігнорують екологічні вимоги. Руйнування греблі припинило централізоване водопостачання населених пунктів Херсонської, Запорізької і Дніпропетровської областей та подачу води в магістральні зрошувальні канали, що зумовило зрив аграрного циклу в південному регіоні й поставило під загрозу охолодження реакторів Запорізької АЕС. Зменшення площі водного дзеркала посилило континентальність клімату: підвищилися середньодобові температури, знизилася вологість, почастишали посухи й пилові бурі, що загрожує агросектору. Втрата водосховища як буфера паводків тепер підвищує ризик неконтрольованих підтоплень у пониззі Дніпра. У результаті ця техногенна катастрофа призвела до комплексної деградації водних, ґрунтових, біотичних і соціально-економічних компонентів довкілля регіону. Водночас природа продемонструвала потенціал до відновлення: вже в перший рік на оголеному дні масово проросли верби, утворивши унікальний молодий заплавний ліс, який став прихистком для багатьох видів тварин, але може загинути у разі повторного затоплення території. Подолання наслідків аварії потребує інтегрованого підходу з поєднанням технологічної реконструкції систем водопостачання, довгострокового екологічного моніторингу та участі міжнародних партнерів для

мінімізації шкоди й забезпечення сталого управління водними ресурсами.

Дослідження зміни площі водного дзеркала Каховського водосховища підтвердило, що після руйнування греблі ця гігантська водойма фактично перестала існувати як цілісний водний об'єкт. Площа акваторії, яка при нормальному рівні становила ~ 2150 км², скоротилася до мінімуму – вода залишилася лише в руслі Дніпра та понижніх частинах деяких заток. Аналіз супутникових знімків 2022–2025 років чітко зафіксував цю трансформацію: у 2022 році на місці водосховища ще простягалася суцільне “Каховське море”, а влітку 2023-го після катастрофи більшість його дна оголилася і водний покрив зберігся лише фрагментарно. Навесні 2024 року природне водопілля короткочасно повернулося на частину колишньої заплави, проте після спаду весняної води рівень ріки стабілізувався у новому руслі й водосховище не відновилося. Загалом відбулося понад 90% скорочення відкритої водної поверхні, що докорінно змінило гідрологічний ландшафт нижнього Дніпра. Станом на 2025 рік бачимо суцільне заростання Великого угу та відновлення природніх умов.

Вивчення змін процесів руслоформування Дніпра до і після руйнування Каховського водосховища із застосуванням ГІС-технологій дозволило з'ясувати, що усунення греблі докорінно змінило динаміку русла. В умовах існування водосховища течія Дніпра значно сповільнилася, більша частина наносів осідала у затопленій долині, а природне меандрування й утворення рукавів практично припинилися – річка переважно текла одним поглибленим руслом із уповільненим плином. Після ліквідації греблі річковий потік відновив свою силу: різке збільшення витрати води прорізало накопичені намули, спричинило посилену ерозію берегів та переформування річища на вивільненій території. ГІС-аналіз підтвердив, що Дніпро поступово повертається до свого історичного річища і знову взаємодіє з колишньою заплавою. Водночас відбувається переформування русла з утворенням нових островів і мілин, а руслова мережа залишається нестабільною та мінливою. Таким чином, після зникнення водосховища проце-

си руслоформування Дніпра стали значно активнішими, динамічнішими й менш передбачуваними, що вимагає постійного моніторингу й регулювання для запобігання надмірній ерозії та збереження екологічної стійкості прибережних територій.

Список використаних джерел

1. Історик: На дні Каховського водосховища може бути багато артефактів козацької доби. веб-сайт. URL: <https://www.capital.ua/ru/news/169329-istorik-na-dni-kakhovskogo-vodoskhovischa-mozhe-buti-bagato-artefaktiv-kozatskoyi-dobi>
2. М.Г. Демчишин, Т.В. Кріль. Інженерно-геологічні умови долини Дніпра на ділянці Дніпровського водосховища. Геологічний журнал. 2015. № 1. С.57-68
3. Багмет О.Б. Вплив Дніпровського каскаду водосховищ на сучасний геоморфогенез прилеглих територій. Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія», 2017, вип. 17 С.55-62.
4. Географічна енциклопедія України : [у 3 т.] / редкол.: О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. — К., 1989—1993.
5. Каховське водосховище – до, під час і після існування. веб-сайт. URL: <https://undip.org.ua/news/kakhovske-vodoskhovyshche-do-pid-chas-i-pislia-isnuvannia/>
6. Нікопольське управління захисних масивів Дніпровських водосховищ. веб-сайт. URL: <https://www.nik-up.gov.ua/holovna/>
7. Особливості формування, стан каховського водосховища. веб-сайт. URL: <https://vseosvita.ua/library/osoblivosti-formuvanna-stan-kahovskogo-vodoshovisa-179627.html>.
8. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. веб-сайт. URL: https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-vysnovky.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAoeGuBhCBARIsAGfKY7yrMAV8P34VihlEO43PcLxPXpy2J2CWWhjdds0rXpmgJTscN2vdFQoaAorzEALw_wcB
9. У Каховське водосховище повертається вода - на Великому Лузі вперше за півстоліття водопілля. веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3839335-u-kahovske-vodoshovise-povertaetsa-voda.html>
10. Саніна І.В. Регіональна оцінка стану геологічного середовища

басейну р. Дніпро (територія України). К.: ДНВП «Геоінформ», 1999. Кн.1.
191 с

11. Бондарчук В.Г. Геологія України. Київ : Вид-во АН УРСР, 1959.
832 с.

12. EO Browser/веб-сайт. URL: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>

13. Дистанційне зондування землі: Аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах. веб-сайт. URL: api.man.gov.ua/api/assets/man/a3d9cf07-2b9a-4f94-bc44-334fc5ccb1b3/

14. Робочий зошит з основ дистанційного зондування землі. Частина 1. Історія та практичне застосування. веб-сайт. URL: api.man.gov.ua/api/assets/man/d6ff7382-de8a-421a-86a8-b7ed93303deb/

15. Worldview. веб-сайт. URL: [EOSDIS Worldview \(nasa.gov\)](https://worldview.nasa.gov/)

16. Дніпровський каскад водосховищ: проблеми, перспективи / [відп. ред. В. І. Осадчий] ; НАН України, Інститут гідробіології. – Київ: Наук. думка, 2010. – 352 с.

17. Каховське водосховище [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховське_водосховище (дата звернення: 17.06.2025).

18. Каховська зрошувальна система [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховська_зрошувальна_система (дата звернення: 17.06.2025).

19. Каховська гідроелектростанція [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Каховська_гідроелектростанція (дата звернення: 17.06.2025).

20. United Nations Ukraine. Destruction of the Kakhovka Dam: Rapid Needs Assessment. June 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://ukraine.un.org/en/236263-destruction-kakhovka-dam-rapid-needs-assessment> (дата звернення: 17.06.2025).

21. Осадчий В. І., Ляхов Г. М., Жежерін В. М. Вплив руйнування Каховської ГЕС на водно-екологічну ситуацію в нижній течії Дніпра [Електронний ресурс] // ResearchGate. – 2023. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/371187763> (дата звернення: 17.06.2025).

22. Мапи трансформації Каховського водосховища (2023) / Дані з супутників Sentinel-2, обробка – MapECO, 2023 [Цифровий ресурс].

23. Romanenko V. D., Patlatiuk O. R. War crimes against environment in Ukraine: legal qualification and problems of evidence // Environmental Law and Practice Journal. – 2023. – № 2(18). – С. 45–54. – DOI: <https://doi.org/10.37405/elpj.2023.18.4> (дата звернення: 17.06.2025).

24. Чорноморський біосферний заповідник [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Чорноморський_біосферний_заповідник (дата звернення: 17.06.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Програма NASA ESDS (Earth Science Data Systems) контролює життєвий цикл даних NASA про Землю — від збору, обробки та розповсюдження. Основна мета- максимізувати наукову користь NASA для дослідників і науковців та суспільства в цілому.

Цілі програми ESDS полягають в тому, щоб зробити вільні та відкриті дані NASA про Землю , а також інтерактивними , сумісними та доступними для досліджень.

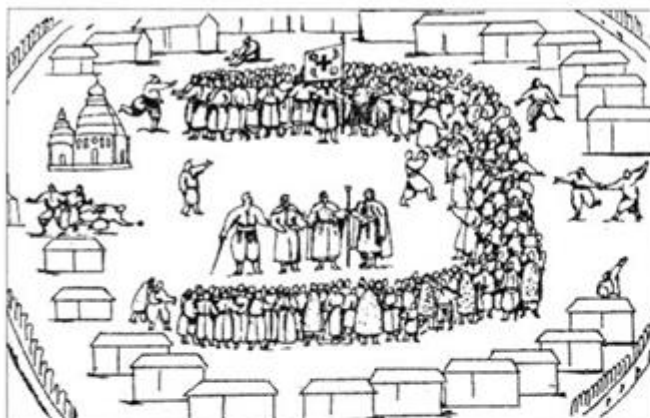
Обов'язки програми:

- Обробка даних спостережень для створення запису про систему Землі.
- Активно управляти даними NASA про Землю як національним надбанням.
- Дотримуватись політики NASA щодо відкритого обміну всіма даними, інструментами та додатковою інформацією з усіма користувачами.
- Залучати членів спільноти науковців про землю до розвитку системних даних.
- Розвивати можливості системи даних, оптимізувати для підтримки наукових досліджень та унікальних потреб різних наукових дисциплін.

Цілі:

- Встановлення стандартів для ефективного виробництва та управління науковими даними.
- Вдосконалення відкритих систем наукових даних для потреб наступного покоління місій, джерел даних та користувачів.
- Керувати дослідженнями та розробкою технологій управління та аналізу складних даних наук про Землю.
- Використовувати різноманіття світової спільноти наук про Землю.

Додаток Б



Чортомлицька Січ. Покровська січова церква (за Рігельманом)



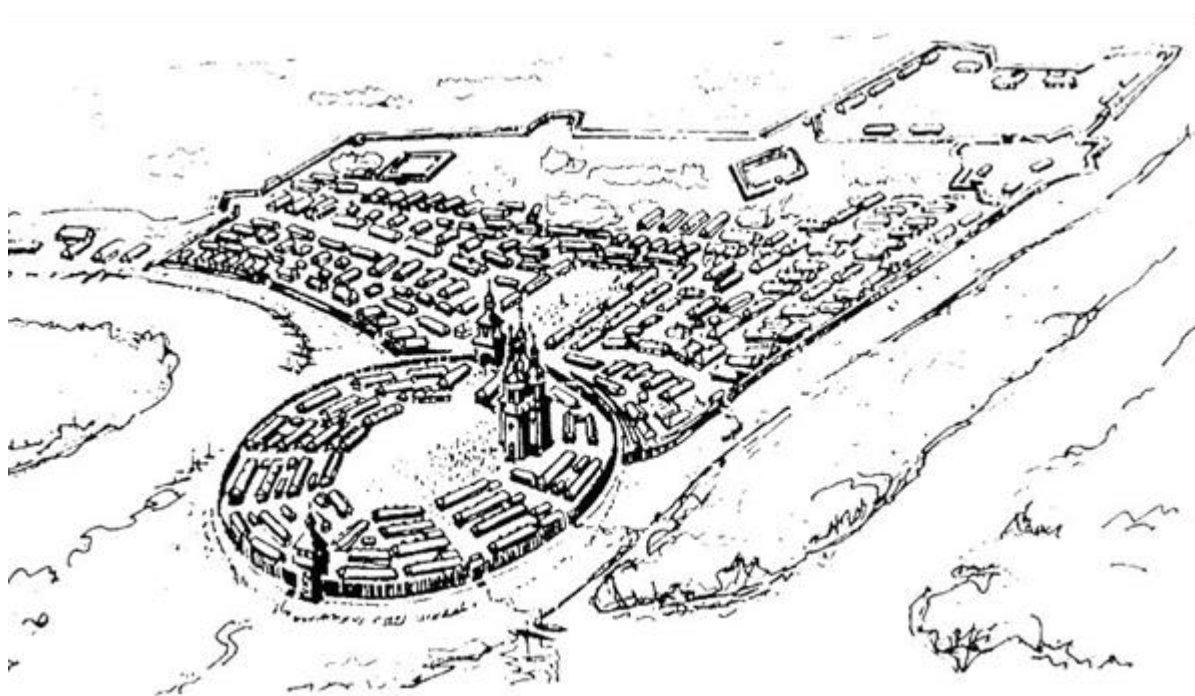
Чортомлицька Січ. Покровська січова церква (за Рігельманом)



Чортомлицька Січ (за В.Ленченка)

Реконструкції Чортомлицької Січі історика Олександра Рігельмана та архітектора Володимира Ленченка

Додаток В



Реконструкція Нової Січі архітектора Володимира Ленченка



Риболовецька бригада. Краєвид із лівого берега Дніпра на село Малі Гирла



Орлів острів до будівництва Каховської ГЕС



Великий Луг поблизу села Новововоронцовка. Колір додано штучним інтелектом, оригінальне фото з 40-50-х років минулого століття.



Будівництво Каховської ГЕС, 20 серпня 1954 року