

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису  
УДК 528.92:502.72:004.9 (477.72)

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ НАСЛІДКІВ  
РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ НА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ  
ФОНД ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)  
Галузь знань 10 – “Природничі науки”  
Спеціальність 103 – “Науки про Землю”  
Освітня програма – “Картографія та географічні інформаційні системи”

Кваліфікаційна робота магістра  
студентки другого курсу  
Коваленко Валерії Ярославівни

Науковий керівник –  
доктор географічних наук, професор  
Бондаренко Едуард Леонідович

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № 10 від 06 травня 2025 року  
Завідувач кафедри проф. Людмила ДАЦЕНКО

Київ – 2025

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра присвячена дослідженню наслідків російської збройної агресії на природно-заповідний фонд (ПЗФ) Херсонської області шляхом геоінформаційного картографування.

Об'єкт дослідження – території ПЗФ Херсонщини, які постраждали від бойових дій, техногенних катастроф, зокрема підриву Каховської ГЕС.

Предмет дослідження – геопросторові та екологічні зміни, виявлені за допомогою сучасних технологій геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

У роботі проведено аналіз структури та функціонального призначення об'єктів ПЗФ, а також їх значення у міжнародних природоохоронних ініціативах, включаючи Смарагдову мережу. Вивчено основні типи ушкоджень екосистем під час збройної агресії.

Для моніторингу змін використано супутникові знімки Sentinel-2, з яких отримано індекси Normalized difference vegetation index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) та Moisture Index. Створено серію індексних карт, порівняльних динамічних карт, розраховано дельта-індекси, проведено зональний аналіз на рівні окремих природоохоронних територій з використанням програмного забезпечення QGIS. Зональний аналіз дозволив кількісно оцінити масштаб змін вегетаційного покриву та вологості ґрунту в межах кожної заповідної території та порівняти ступінь їх деградації.

За результатами аналізу визначено території критичного погіршення екологічних умов та ділянки часткового природного відновлення. Сформульовано рекомендації для подальшого екологічного моніторингу і пріоритетних відновлювальних заходів. Результати роботи можуть бути використані органами влади, екологічними службами та міжнародними організаціями у процесі післявоєнного відновлення довкілля.

**Ключові слова:** природно-заповідний фонд, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, NDVI, NDWI, супутниковий моніторинг.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ .....	8
1.1. Структура, функції та територіальне розміщення об'єктів ПЗФ Херсонщини .....	8
1.2. Вітчизняні та міжнародні природоохоронні ініціативи (ПЗФ і Смарагдова мережа) .....	13
1.3. Вплив збройної агресії РФ на екосистеми та природоохоронні території .....	15
1.4. Підрив Каховської ГЕС: гідрологічні, ландшафтні та екологічні наслідки .....	18
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ГІС-МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЗЗ .....	21
2.1. Підходи до супутникового моніторингу природних територій у контексті воєнних дій .....	21
2.2. Індекси дистанційного зондування: NDVI, NDWI, Moisture Index. ....	24
2.3. ГІС як інструмент просторового та картографічного аналізу .....	26
2.4. Джерела геопросторових даних: Sentinel Hub, SCGIS, DeepStateMap .	30
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗМІН У СТАНІ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	33
3.1. Підготовка вихідних даних та вибір об'єктів дослідження .....	33
3.2. Розроблення базових та індексних карт .....	35
3.3. Розроблення серії порівняльних карт "Було / Стало" (True Color, NDVI, NDWI) .....	41
3.4. Розрахунок дельта-індексів NDVI та NDWI та розроблення карт змін	44

	4
3.5. Зональний аналіз змін у межах природно-заповідного фонду.....	47
РОЗДІЛ 4. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ.....	49
4.1. Типологія екологічних змін за результатами індексного аналізу.....	49
4.2. Просторове виділення зон критичної деградації.....	51
4.3. Висновки щодо необхідності подальшого моніторингу змін стану ПЗФ .....	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	62

## ВСТУП

У сучасних умовах, коли Україна переживає масштабну збройну агресію з боку Російської Федерації, питання збереження природних територій набуває виняткової ваги. Природно-заповідний фонд відіграє ключову роль у підтриманні екологічної рівноваги, збереженні біорізноманіття та регіональній екологічній стабільності. Війна призводить не лише до людських втрат і руйнувань інфраструктури, а й до глибоких трансформацій у природному середовищі: руйнування екосистем, підтоплення, осушення, пожежі, забруднення та втрати унікальних ландшафтів.

Особливо вразливою в цьому контексті є Херсонська область – регіон, який зазнав масштабного впливу бойових дій, тривалих окупацій, а також екологічної катастрофи, спричиненої підривом Каховської гідроелектростанції. У цьому зв'язку постає необхідність оперативного аналізу змін природного середовища, що можуть бути виявлені на основі дистанційного зондування Землі та сучасних геоінформаційних технологій.

Інтеграція супутникових індексів (зокрема Normalized difference vegetation index, Normalized Difference Water Index, Moisture Index) у просторовий аналіз дає можливість виявляти динаміку рослинності, водності та змін у ґрунтовому покриві. Застосування таких методів дозволяє здійснити **моніторинг стану територій природоохоронного значення**, ідентифікувати просторові осередки деградації або навпаки – відновлення екосистем, визначити пріоритети для подальших природоохоронних заходів.

**Актуальність** теми визначається необхідністю комплексного аналізу та оцінки наслідків військових дій і техногенних катастроф, зокрема підриву Каховської ГЕС, що призвів до значних змін у ландшафтах та екосистемах Херсонської області. Використання сучасних ГІС та даних дистанційного зондування Землі дозволяє максимально оперативно та точно фіксувати зміни природного середовища, забезпечуючи належну основу для прийняття управлінських рішень з відновлення територій.

**Метою** даної роботи є картографування, аналіз та оцінка просторових наслідків збройної агресії Російської Федерації для територій природно-заповідного фонду Херсонської області з використанням геоінформаційних технологій та супутникових даних ДЗЗ.

Для досягнення зазначеної мети були сформульовані наступні **завдання**:

- провести аналіз структури, функцій та територіального розміщення об'єктів ПЗФ Херсонської області;
- визначити характер і масштаби впливу військових дій та підриву Каховської ГЕС на екосистеми ПЗФ;
- дослідити методичні засади використання супутникових даних Sentinel-2 для екологічного моніторингу;
- створити серію тематичних карт змін довкілля за допомогою індексів NDVI, NDWI, NDMI, SWIR та інших;
- провести просторовий аналіз результатів, виявити найуразливіші території та сформулювати рекомендації для їх відновлення.

**Об'єкт дослідження** – природно-заповідний фонд Херсонської області.

**Предметом дослідження** є геопросторові та екологічні зміни, виявлені за допомогою сучасних технологій геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Методологія дослідження базується на комплексному використанні геоінформаційних технологій та дистанційного зондування Землі, включаючи методи індексного аналізу (NDVI, NDWI), геопросторового аналізу, методів збору й аналізу відкритих геоданих, картографічного методу та статистичного аналізу отриманих результатів.

Для реалізації завдань роботи було використано такі **матеріали і програмне забезпечення**:

- супутникові знімки Sentinel-2, отримані з платформи Sentinel Hub EO Browser;
- дані про ПЗФ та Смарагдові мережі Херсонської області;

- картографічні матеріали з платформи DeepStateMap щодо перебігу військових подій;
- програмне забезпечення QGIS, що використовується для обробки геопросторових даних, картографування та просторового аналізу.

**Науково-практичне значення** роботи полягає у створенні картографічних продуктів, що можуть бути використані органами влади, екологічними та природоохоронними установами для оцінки екологічних збитків, планування заходів із відновлення довкілля, а також для подальшого екологічного моніторингу територій, які постраждали внаслідок воєнних дій.

## РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

### 1.1. Структура, функції та територіальне розміщення об'єктів ПЗФ Херсонщини

Природно-заповідний фонд України є сукупністю природних територій, що мають особливу наукову, екологічну, рекреаційну та естетичну цінність. До його складу належать національні природні парки (табл 1.1), заказники загальнодержавного значення (табл 1.2), заповідники (табл 1.3), пам'ятки природи (Додаток А), заповідні урочища, (Додаток Б), заказники місцевого значення (Додаток В) та інші об'єкти, передбачені Законом України «Про природно-заповідний фонд України» (1992) [1]. Створення, функціонування та розвиток ПЗФ ґрунтується на засадах сталого природокористування, збереження біорізноманіття, ландшафтного різноманіття та підтримання екологічної рівноваги на загальнодержавному та регіональному рівнях.

*Таблиця 1.1*

#### Національні природні парки Херсонської області [2]

Назва	Площа (га)	Дата створення	Підстава	Район
Азово-Сиваський	52582.7	1993.02.25	Указ Президента України № 62/93	Генічеський
Джарилгацький	10000.0	1993.12.11	Указ Президента України № 1045/2009	Скадовський
Кам'янська Січ	12261.1	2019.04.11	Указ Президента України № 140/2019	Бериславський
Нижньодніпровський	80177.8	2015.11.24	Указ Президента України № 657	Херсонський, Бериславський, Каховський, Скадовський

Олешківські піски	11671.1	2010.02.23	Указ Президента України № 221	Херсонський, Каховський, Скадовський
-------------------	---------	------------	-------------------------------------	--

Таблиця 1.2

## Заказники загальнодержавного значення Херсонської області [2]

Назва	Категорія	Площа (га)	Дата створення	Підстава	Район
Бакайський	Лісовий	420	1974.10.28	Постанова РМ УРСР № 500	Херсонський
Березові колки	Лісовий	1312	1974.10.28	Постанова РМ УРСР № 500	Скадовський
Джарилгацький	Ботанічний	300	1974.10.28	Постанова РМ УРСР № 500	Скадовський
Озеро Соляне	Гідрологіч ний	120	2016.07.27	Указ Президента України № 312/2016	Скадовський
Олександрівсь- кий	Ландшафтн ий	996	2002.02.21	Указ Президента України № 167/2002	Херсонський
Станіславський	Ландшафтн ий	659	2002.02.21	Указ Президента України № 167/2002	Херсонський
Урочище Саги	Ландшафтн ий	500	1977.04.19	Постанова РМ УРСР № 198	Херсонський
Ягорлицький	Орнітологіч ний	30300.0	1974.10.28	Постанова РМ УРСР № 500	Скадовський

**Біосферні заповідники Херсонської області [2]**

Назва	Площа (га)	Дата створення	Підстава	Район
Асканія-Нова імені Ф. Е. Фальц-Фейна	33307.6	1993.11.26	Указ Президента України № 563/93	Каховський
Чорноморський	109254.8	1985.11.25	Постанова Президій АНУ № 538	Скадовський

На території Херсонської області, що охоплює південний степовий регіон України, сформовано одну з найбільш репрезентативних для цієї фізико-географічної зони систем природоохоронних територій. За офіційними даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на 2021 рік у межах Херсонщини налічується 84 об'єкти природно-заповідного фонду, загальною площею понад 201,3 тис. га, що становить близько 9,5 % від загальної площі області [3].

Структура ПЗФ Херсонської області включає майже всі категорії, передбачені законодавством, однак найбільше представлені національні природні парки, заказники та біосферні заповідники. Найбільшу площу займають національні природні парки, біосферні заповідники та заказники (Рис. 1.1) Однак за кількістю найбільше пам'яток природи, заказників місцевого значення та заповідних урочищ (Рис. 1.2).



**Рис. 1.1.** Структура ПЗФ Херсонської області за кількістю (створена автором за даними [2])



**Рис. 2.2.** Структура ПЗФ Херсонської області за площею (створена автором за даними [2])

Найвідомішим і найбільш цінним з екологічної точки зору є Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна, створений ще у 1898 році й визнаний частиною всесвітньої мережі біосферних резерватів ЮНЕСКО. Його територія охоплює понад 33 тисячі гектарів, з яких значна

частина представлена незайманими ковиловими степами – єдиними збереженими у Європі в первісному стані [4].

Іншим ключовим об'єктом є Чорноморський біосферний заповідник, розташований на південному заході області, який включає заплавні, приморські та лиманні екосистеми і має площу понад 70 тис. га. Він охороняє унікальні водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення як осередки гніздування та міграції сотень видів птахів, зокрема тих, що занесені до Червоної книги України та міжнародних природоохоронних списків.

До важливих об'єктів ПЗФ також належать національні природні парки – «Азово-Сиваський», «Нижньодніпровський», «Джарилгацький» та «Олешківські піски». Вони репрезентують степові, лісостепові, піщані, прибережно-морські та болотисті ландшафти, і часто одночасно виконують охоронну, наукову та рекреаційну функцію. Наприклад, НПП «Олешківські піски» охоплює найбільшу в Європі територію сучасної напівпустелі, а НПП «Нижньодніпровський» включає дельту Дніпра з численними плавнями, рукавами, озерами та заплавами [2].

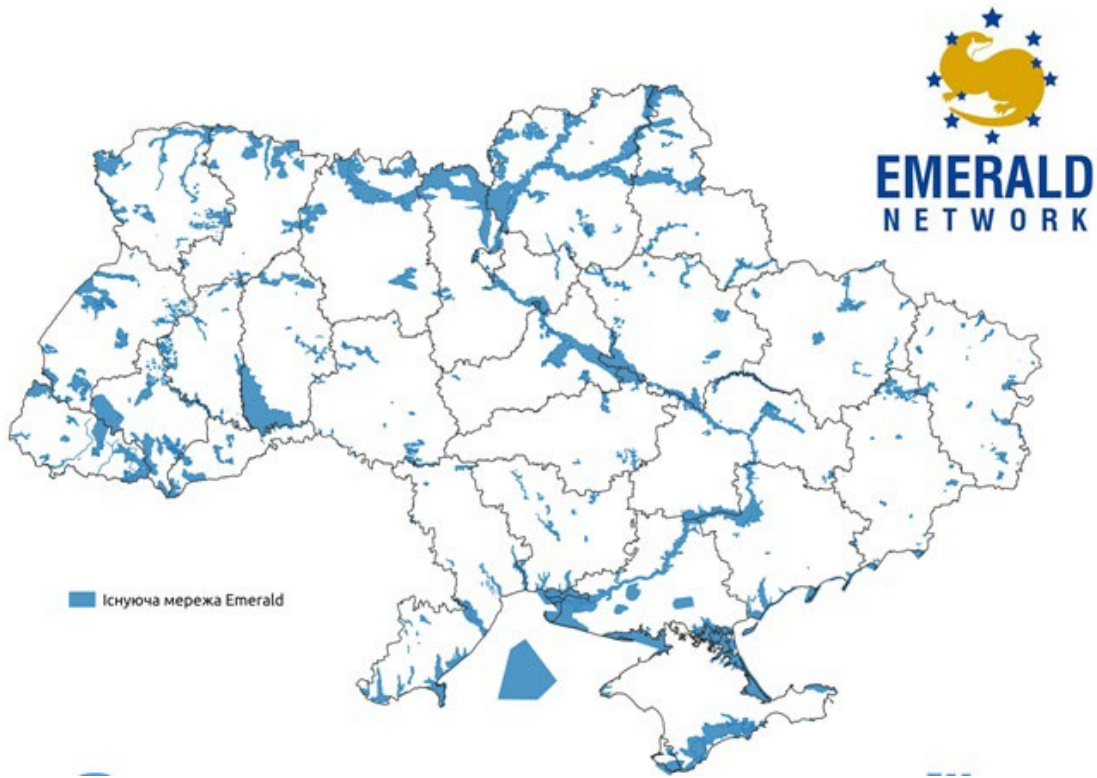
Щодо функціонального призначення, всі об'єкти ПЗФ Херсонщини поділяються за п'ятьма ключовими напрямками: збереження біорізноманіття, охорона природних комплексів, забезпечення екологічного моніторингу, підтримка наукових досліджень та екологічне просвітництво населення. Згідно зі статтею 2 ЗУ «Про ПЗФ», такі території також можуть використовуватись для обмеженого рекреаційного користування та відновлення природних ресурсів за умови дотримання режиму охорони.

У просторовому аспекті об'єкти природно-заповідного фонду розташовані нерівномірно: вони концентруються переважно у нижній частині області – вздовж течії Дніпра, в зоні морських узбереж та лиманів, а також на сході, де розташовані Сиваш та Азовське узбережжя. Саме ця територіальна структура зумовлює високу екологічну значущість ПЗФ Херсонщини як одного з ключових центрів збереження степових, болотних та приморських екосистем України.

## **1.2. Вітчизняні та міжнародні природоохоронні ініціативи (ПЗФ і Смараглова мережа)**

Природно-заповідний фонд України, зокрема об'єкти, розташовані в межах Херсонської області, є складовою не лише національної, а й міжнародної екологічної системи. В умовах глобалізації охорона біорізноманіття, підтримання екологічної рівноваги та захист природних середовищ дедалі частіше набувають транскордонного виміру. Україна є стороною ряду міжнародних конвенцій та бере участь у загальноєвропейських природоохоронних ініціативах, які мають прямий вплив на функціонування природоохоронних територій, зокрема таких як Смараглова мережа, Рамсарська конвенція та ЮНЕСКО-програма «Людина і біосфера».

Однією з найважливіших міжнародних природоохоронних ініціатив, що реалізується на території України, є **Смараглова мережа Європи** (Emerald Network) (Рис. 1.3) – екологічна мережа, створена у межах виконання положень Бернської конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (1979), яку Україна ратифікувала у 1996 році [5]. На відміну від традиційного ПЗФ, об'єкти Смарагдової мережі не завжди мають статус заповідних, проте вони визнаються як території особливого природоохоронного значення, які повинні зберігати види та природні оселища, перелічені в додатках до Конвенції.



**Рис. 3.3. Смарагдова мережа України [6].**

Смарагдова мережа є аналогом системи Natura 2000, що функціонує в країнах Європейського Союзу, і має на меті створення узгодженого просторового каркасу для збереження біорізноманіття на рівні всього континенту. Згідно з останніми даними, в межах Херсонської області сформовано 35 об'єктів Смарагдової мережі, що значною мірою накладаються або межують з територіями ПЗФ. Серед них – такі міжнародно визнані природоохоронні локації, як біосферний заповідник «Асканія-Нова», національні природні парки «Нижньодніпровський», «Азово-Сиваський», а також низка унікальних степових, орнітологічних та ландшафтних заказників [7].

Об'єкти Смарагдової мережі на Херсонщині мають стратегічне значення, оскільки розташовані у прибережних зонах Чорного та Азовського морів, на шляху міграцій птахів, у межах дельт, лиманів і болотистих екосистем. Значна частина цих територій також включена до списку Рамсарських угідь – водно-болотних угідь міжнародного значення, охоронюваних згідно з однойменною Конвенцією, ратифікованою Україною у

1991 році [5]. На території області до Рамсарського списку входять зокрема озеро Сиваш, частина Чорноморського біосферного заповідника, дельта Дніпра та деякі затоки Азовського моря.

Окрему роль відіграє участь України в Програмі ЮНЕСКО «Людина і біосфера», у рамках якої Херсонщина представлена двома біосферними резерватами – «Асканія-Нова» та Чорноморським біосферним заповідником. Їх основною функцією є поєднання природоохоронної діяльності з науковими дослідженнями, екологічною освітою та підтримкою сталого розвитку навколишніх громад [8].

На національному рівні розвиток ПЗФ та імплементація міжнародних зобов'язань координується Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України.

Таким чином, природоохоронна система Херсонщини є складовою як вітчизняної, так і міжнародної екомережі. Це підсилює її статус як території особливої екологічної цінності, сприяє залученню міжнародної уваги до її збереження, особливо в умовах військової агресії та екологічних загроз, які вона спричинила.

### **1.3. Вплив збройної агресії РФ на екосистеми та природоохоронні території**

Російська військова агресія, що розпочалась у 2014 році та перейшла в повномасштабну фазу 24 лютого 2022 року, спричинила безпрецедентні руйнування для природного середовища України. Особливо важкими стали наслідки для біорізноманіття та природно-заповідного фонду, оскільки об'єкти ПЗФ не є ізольованими від антропогенних впливів і не мають фізичного захисту від збройних дій. Херсонська область, яка тривалий час перебувала під частковою або повною окупацією, стала однією з найуразливіших екологічних територій України.

Згідно з аналітичними звітами Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на 2023 рік на тимчасово окупованих

територіях області залишалось понад 30 об'єктів ПЗФ, а ще кілька десятків об'єктів зазнали прямих чи опосередкованих ушкоджень внаслідок бойових дій, мінування, пожеж та забруднення. Військова присутність, обстріли, використання важкої техніки та вибухівки на території заповідних зон зумовили низку негативних екологічних ефектів.

Передусім, відбулася масова деградація природних екосистем, особливо у заплавної зоні Дніпра, на степових ділянках та у прибережних смугах. За даними екологічної ініціативи «Екодія» та експертів Програм ООН з навколишнього середовища, серед найбільш типових руйнувань варто відзначити: – фізичне знищення рослинного покриву внаслідок руху важкої техніки та вибухів; – пошкодження ґрунтів, зокрема їх ущільнення, ерозія, забруднення важкими металами та залишками боєприпасів; – масові пожежі в лісових масивах та степах, що знищили середовища існування багатьох видів (наприклад, в Олешківських пісках та заказнику «Корсунський») [9].

Окремим негативним чинником є мінування територій, що робить неможливим здійснення природоохоронної діяльності, моніторингу та наукових досліджень. За оцінками ДСНС, значна частина ПЗФ у Херсонській області, зокрема Нижньодніпровський національний природний парк та Азово-Сиваський НПП, потенційно заміновані або забруднені боєприпасами, що не розірвались.

Не менш критичним є втручання в гідрологічні режими, особливо в зоні Каховського водосховища. Після його осушення внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС (див. підрозділ 1.4) відбулось масове зневоднення екосистем, що раніше залежали від штучного зрошення – наприклад, частина територій біосферного заповідника «Асканія-Нова», де загинуло багато видів степової флори.

Пошкодження зазнали й смуги міграцій птахів, що проходять через території ПЗФ області. Наприклад, у дельті Дніпра та на острові Джарилгач відбувалась зупинка сотень видів перелітних птахів, і тепер, унаслідок втрати біотопів і водних угідь, ці шляхи частково порушені.

Особливо небезпечним є довгостроковий вплив військової агресії, який включає токсикацію середовища, погіршення якості води та ґрунтів, біоаккумуляцію отруйних речовин у флорі та фауні, а також підрив сталості екосистем. Ці явища не завжди мають миттєвий прояв, однак у перспективі кількох років можуть призвести до втрати унікальних оселищ і зникнення локальних популяцій червонокнижних видів.

Узагальнена інформація про найбільш постраждалі об'єкти природно-заповідного фонду Херсонської області представлена у табл. 1.4. Вона включає офіційно підтвержені джерела, характер руйнувань та класифікацію об'єктів за їх типами. Таблиця слугує прикладом системного картографічного й аналітичного підходу до документування екологічних наслідків воєнних дій.

*Таблиця 1.4*

**Об'єкти ПЗФ Херсонської області, що зазнали руйнувань унаслідок  
воєнної агресії РФ проти України**

(побудована автором за даними [10, 11, 12])

№	Назва об'єкта ПЗФ	Тип об'єкта	Характер пошкоджень
1	Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	Біосферний заповідник	Окупація, переміщення військ, пожежі, обстріли
2	РЛП "Кінбурнська коса"	Регіональний ландшафтний парк	Пожежі, знищення лісів, мінування, бойові позиції
3	Азово-Сиваський НПП	Національний природний парк	Окупація, пожежі, загибель фауни
4	НПП "Кам'янська Січ"	Національний природний парк	Окупація, пожежі (635 га), мінування, знищення інфраструктури
5	НПП "Олешківські піски"	Національний природний парк	Пожежі, затоплення, знищення екосистем
6	Джарилгацький НПП	Національний природний парк	Знищення заповідної зони (1588 га), пожежі
7	НПП "Нижньодніпровський"	Національний природний парк	Пожежі (5462,45 га), обстріли, загибель флори і фауни
8	Чорноморський біосферний заповідник	Біосферний заповідник	Затоплення, знищення лісів, мінування
9	Ландшафтні заказники "Олександрівський" та "Станіславський"	Ландшафтні заказники загальнодержавного значення	Бойові дії, знищення екосистем, мінування

10	Близько 50 інших об'єктів ПЗФ	Різні типи	Затоплення після підриву Каховської ГЕС, загибель флори і фауни
----	-------------------------------	------------	---

Таким чином, збройна агресія РФ спричинила комплексний і багатоаспектний вплив на природоохоронні території Херсонської області. Від фізичного знищення біотопів до порушення гідрологічного балансу – усі ці наслідки мають довготривалу дію та потребують системного моніторингу і картографічного аналізу, що й лягло в основу практичної частини цієї роботи.

#### **1.4. Підрив Каховської ГЕС: гідрологічні, ландшафтні та екологічні наслідки**

У ніч на 6 червня 2023 року світ облетіла новина про підрив дамби Каховської гідроелектростанції, однієї з ключових інфраструктурних гідроспоруд на річці Дніпро. Це техногенно-екологічне лихо, скоєне в умовах збройної агресії Російської Федерації, стало однією з наймасштабніших екологічних катастроф в Україні за останні десятиліття. Наслідки цього акту торкнулися не лише енергетичної безпеки, аграрного сектора та гуманітарної ситуації на півдні України, а й критично вдарили по екосистемах і природно-заповідному фонду, особливо на території Херсонської області.

*Таблиця 1.5*

#### **Вплив підриву Каховської ГЕС у різних сферах**

<b>Сфера</b>	<b>Наслідки</b>
Екологія	Осушення водосховища, знищення водно-болотних угідь, загибель флори і фауни
Агросектор	Втрата систем зрошення, зменшення врожаїв
Соціальна	Нестача питної води, евакуація населення
Безпека	Мінування дна, токсичні залишки
Туризм і рекреація	Знищення природних та рекреаційних ландшафтів

Каховське водосховище, створене у 1956 році, мало площу близько 2155 км<sup>2</sup> і забезпечувало водою не лише промислові та аграрні райони, а й унікальні біотопи, розташовані у нижній течії Дніпра. Після знищення греблі розпочалося неконтрольоване й стрімке скидання води, що призвело до

катастрофічного затоплення нижньодніпровських плавнів, островів, заплавних луків і прибережних територій, включаючи десятки об'єктів ПЗФ – зокрема ділянки національного природного парку «Нижньодніпровський» та заказники у Корсунському екорегіоні.

За даними Державного агентства водних ресурсів, протягом перших 10 діб після руйнування греблі рівень води в пониззі Дніпра піднявся на 5–6 метрів, що спричинило миттєве затоплення понад 600 км<sup>2</sup> територій на правобережжі та частково на лівобережжі Херсонщини [13]. Одночасно відбулося різке обміління у верхній частині водосховища, що призвело до утворення гігантських мілководних зон, замулення колишніх дельтових ділянок та втрати водопостачання в низці екосистем, залежних від штучного зволоження.



**Рис 1.4. Причинно-наслідкова схема екологічних наслідків підриву Каховської ГЕС**

Екологічні наслідки підриву проявились багатогранно. По-перше, були зруйновані цілі біотопи, що формувались десятиліттями: дніпровські плавні, очеретяні зарості, озера та болота, які були ключовими середовищами існування для тисяч видів, у тому числі рідкісних та ендемічних. По-друге, унаслідок стрімкого водопілля загинуло безліч наземних тварин, птахів,

плазунів, особливо тих, що гніздилися у прибережних зонах. По-третє, спостерігались масові зміщення русел дрібних водотоків, обвали берегів і заболочування новоутворених мікродепресій, що змінило ландшафтну структуру цілих екорегіонів.

Окремо варто згадати про екологічне навантаження, спричинене хімічним забрудненням, адже у воді Дніпра потрапили нафтопродукти, пестициди, добрива та інші токсичні речовини з затоплених складів, господарств і приватних домогосподарств. Згідно з даними Держекоінспекції, за перші дні після трагедії у воді зафіксували перевищення норми вмісту нафтопродуктів у 16 разів, зниження рівня розчиненого кисню та підвищення температури води [14].

Суттєвих змін зазнали й об'єкти ПЗФ. У зоні повного або часткового підтоплення опинилися щонайменше 15 об'єктів ПЗФ Херсонської області, включаючи ключові ділянки НПП «Нижньодніпровський» та численні заказники місцевого значення. Водночас, частина ділянок, які раніше знаходилися у воді (наприклад, затоплені луки або дельтові мілководдя), перетворилися на осушені площі з деградованими ґрунтами, що чітко зафіксовано в супутникових знімках за 2025 рік.

Таким чином, підрив Каховської ГЕС має довгострокові ландшафтні, гідрологічні та екологічні наслідки: втрата водно-болотних екосистем, зниження рівня ґрунтових вод, загибель водної фауни, порушення міграцій птахів, руйнування кормових ланцюгів та погіршення загального екологічного балансу регіону. Це також створює нові виклики для моніторингу, відновлення і повторної оцінки охоронних заходів у межах природно-заповідного фонду, що є безпосередньою метою практичної частини цієї кваліфікаційної роботи.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ГІС-МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ЗМІН ДОВКІЛЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЗЗ

### 2.1. Підходи до супутникового моніторингу природних територій у контексті воєнних дій

Супутниковий моніторинг як складова дистанційного зондування Землі є однією з провідних технологій у сучасній екологічній географії. Його поєднання з геоінформаційними системами відкриває широкі можливості для регулярного, детального та об'єктивного спостереження за станом природних ресурсів, біорізноманіття, ландшафтів та екосистем. Основна перевага супутникового моніторингу полягає у здатності охоплювати великі території з високою періодичністю та незалежно від доступності об'єкта для наземного дослідження, що робить цей інструмент особливо цінним у ситуаціях екологічної небезпеки, стихійних лих або збройних конфліктів.

У науковій літературі під супутниковим моніторингом розуміється систематичне отримання, обробка та аналіз інформації з дистанційних сенсорів, розміщених на супутниках, з метою виявлення, картографування та аналізу змін у природному середовищі [15]. Методи дистанційного зондування є пасивними або активними, мультиспектральними або гіперспектральними, оптичними або радарними. Вони дозволяють досліджувати такі параметри, як рослинність, вологість, структура ґрунтів, температурні характеристики, рельєф, гідрографічна мережа та інші складові ландшафту.

Основними супутниковими платформами (табл. 2.1), які використовуються у природоохоронних дослідженнях, є Landsat (NASA), Sentinel (ESA), MODIS (NASA), WorldView (Maxar), а також комерційні та мікросупутникові системи Planet, SPOT та інші. Серед них програма Copernicus з її серією супутників Sentinel є найбільш придатною для відкритого доступу, довгострокового моніторингу та екологічного аналізу завдяки високій періодичності зйомки та вільному поширенню даних [16].

### Основні супутникові платформи

Супутникова платформа	Оператор	Просторова роздільна здатність	Ширина смуги зйомки	Період повторного знімання	Кількість спектральних каналів	Основне призначення	Основні переваги
Landsat 8/9	NASA / USGS	15 м (пан), 30 м (мульти.)	185 км	16 днів	11	Моніторинг земного покриву, зміни ландшафту	Безкоштовний доступ, архів з 1972 року
Sentinel-2A/B	ESA / Copernicus	10 м, 20 м, 60 м	290 км	5 днів	13	Моніторинг рослинності, ґрунтів, водних ресурсів	Висока частота, широке покриття, відкритий доступ
MODIS (Terra/Aqua)	NASA	250 м, 500 м, 1000 м	2330 км	1–2 дні	36	Глобальний моніторинг атмосфери, океанів, суші	Глобальне покриття, зміни клімату та земного покриву
WorldView-3	Maxar	31 см (пан), 1.24 м (мульти.)	13.1 км	1 день	29	Картографія, моніторинг інфраструктури	Надвисока роздільність, деталізація місцевості
PlanetScope (SuperDove)	Planet Labs	3–5 м	~24 км	Щоденно	8	Моніторинг сільського господарства, змін земного покриву	Щоденне оновлення, велике охоплення

Ці платформи широко використовуються в екологічних дослідженнях завдяки своїм технічним характеристикам та доступності даних. Наприклад, програма Copernicus з її серією супутників Sentinel забезпечує відкритий доступ до даних з високою періодичністю зйомки, що робить її особливо корисною для довгострокового моніторингу та екологічного аналізу.

З методологічної точки зору, супутниковий моніторинг природних територій базується на індексному аналізі спектральних характеристик поверхні. Ключовим елементом тут є індекси на основі співвідношень відбивної здатності у різних спектральних діапазонах, які дозволяють стандартизовано вимірювати стан екосистем. Наприклад, індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) використовується для визначення щільності та здоров'я рослинного покриву; NDWI (Normalized Difference Water Index) – для ідентифікації водонасичених ділянок та змін у водних тілах; Moisture Index – для оцінки вологості ґрунтів. Ці індекси є математичними трансформаціями значень пікселів супутникових знімків, що мають просту формулу, але високу чутливість до змін у довкіллі [17].

В контексті воєнних дій супутникові методи набувають не лише аналітичної, а й гуманітарно-прикладної значущості. Саме завдяки дистанційним знімкам можна виявляти пошкоджені ділянки природоохоронних територій, оцінювати площі пожеж, затоплень, забруднення, ерозійних процесів або зневоднення. При цьому зображення візуалізуються у вигляді тематичних карт – індексних, різницевих (дельта-карт), масок ураження або ландшафтних трансформацій. Наприклад, методика порівняння знімків за два часові періоди з обчисленням різниці індексів дозволяє кількісно оцінити динаміку змін (тобто, «до» і «після» конкретного впливу).

Сучасна методологія моніторингу передбачає поєднання індексного аналізу, картографування за допомогою ГІС та зональної статистики, що дозволяє провести просторову оцінку змін у межах конкретних об'єктів. У цьому контексті важливою є інтеграція даних з супутників у середовище ГІС (наприклад, QGIS), де проводиться обрізка за масками, аналіз середніх значень у межах полігонів, створення карт і таблиць змін. Застосування такого підходу дає змогу не лише фіксувати факт змін, а й робити їх порівняльний, структурний і прогнозний аналіз на основі кількісних показників [18].

Таким чином, супутниковий моніторинг природних територій є високоефективним і методично обґрунтованим інструментом у сучасній географічній науці. Його потенціал особливо зростає у періоди природних катастроф або збройних конфліктів, коли він стає єдиною можливою формою спостереження за станом довкілля. У поєднанні з методами ГІС-аналізу супутникові технології формують основу для достовірного, масштабованого та багатоаспектного дослідження екологічних змін, що й було використано як основа для цієї магістерської роботи.

## **2.2. Індекси дистанційного зондування: NDVI, NDWI, Moisture Index.**

У системі дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) індекси є одним із найбільш ефективних інструментів кількісного аналізу стану навколишнього середовища. Вони забезпечують доступну й стандартизовану оцінку біофізичних характеристик земної поверхні на основі спектрального відбиття у певних діапазонах електромагнітного спектра. Індексний підхід дозволяє виділити та класифікувати ландшафтні компоненти за їх фізичними властивостями – зокрема, вологістю, щільністю рослинності, наявністю води, ступенем деградації або антропогенного впливу.

Теоретична основа індексного аналізу базується на спостереженні за відбивною здатністю різних поверхонь у певних спектральних діапазонах. Зокрема, зелена рослинність має низьке відбивання у видимому червоному спектрі (RED), але дуже високе у ближньому інфрачервоному (NIR), що обумовлено особливостями клітинної структури листя і фотосинтетичної активності. Водні об'єкти, навпаки, характеризуються сильним поглинанням як у червоному, так і в інфрачервоному діапазоні. Ці фізичні контрасти дозволяють створювати нормалізовані індекси – математичні співвідношення, які відображають ступінь розвитку того чи іншого природного компонента.

Найпоширенішим і найстарішим індексом у супутниковій екології є NDVI – нормалізований відносний індекс рослинності. Його формула:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2.1),$$

де NIR – значення відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні, а RED – у червоному. Значення NDVI коливається від -1 до +1. Високі значення (0.6–0.9) свідчать про густу здорову рослинність, середні (0.2–0.5) – про рідку або деградовану рослинність, а низькі та від’ємні значення характерні для води, скель, піску та міських. NDVI вважається індикатором загального екологічного стану території, він широко застосовується у моніторингу засух, дефоліації, пожеж, сільськогосподарського потенціалу, а також – як у даному дослідженні – у виявленні змін, спричинених техногенними й воєнними чинниками.

Другим за поширенням є NDWI, який дозволяє виявити поверхневу воду, ступінь зволоження поверхні та наявність підтоплень. У класичній версії, запропонованій McFeeters у 1996 році, формула має вигляд:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (2.2),$$

де GREEN – відбиття у зеленому спектрі. Позитивні значення NDWI (понад 0.1) зазвичай вказують на наявність води або водонасичених ділянок, а від’ємні – на суходіл. Індекс чутливий до змін водного дзеркала, сезонних коливань рівня води, наявності заболочення або обміління, тому широко використовується для аналізу підтоплень, стану заплав, прибережних зон, річкових дельт, зрошуваних систем [19].

Індекс Moisture Index не має єдиної формули, оскільки це узагальнене поняття, що охоплює різні підходи до оцінки вологості поверхні на основі ближнього (NIR) та короткохвильового інфрачервоного (SWIR) діапазонів. У практиці Sentinel-2, наприклад, часто використовується варіант:

$$MoistureIndex = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2.3),$$

Цей індекс виявляє ступінь вологості рослинного покриву та ґрунту, дозволяючи відстежувати періоди засухи, перезволоження, а також опосередковано оцінювати стан ґрунтової структури. Його застосовують у лісовому моніторингу, оцінці вразливості до пожеж, прогнозуванні ерозійних процесів та вивченні змін у водному балансі [20].

Особливістю індексного підходу є його уніфікованість: одні й ті ж формули застосовуються для будь-якої території, забезпечуючи можливість просторового і часово-серійного порівняння. Це дає змогу виконувати різницевий аналіз – тобто обчислювати зміну індексів у часі для виявлення динаміки стану довкілля. Такі «дельта-індекси» ( $\Delta NDVI, \Delta NDWI$ ) особливо інформативні в умовах екстремальних подій – стихійних лих, пожеж, індустриальних аварій, або, як у випадку цього дослідження, воєнних дій і підриву гідротехнічних споруд.

На відміну від візуального порівняння знімків, індекси забезпечують кількісне оцінювання змін, що дозволяє інтегрувати результати в статистичні моделі, системи прийняття рішень або геоінформаційні платформи управління природними ресурсами. Їхнє значення полягає не лише у візуалізації проблем, а й у фіксації екологічних тенденцій – деградації, відновлення, стабільності.

Таким чином, NDVI, NDWI та Moisture Index є методично обґрунтованими й універсальними інструментами екологічного моніторингу, що дозволяють виявляти, картографувати та інтерпретувати зміни в екосистемах незалежно від наявності польових спостережень. Їх поєднання з інструментами ГІС забезпечує повноцінний аналіз стану природних територій, особливо актуальний у ситуаціях, де швидкість отримання інформації та її достовірність мають критичне значення.

### **2.3. ГІС як інструмент просторового та картографічного аналізу**

Геоінформаційні системи (ГІС) є фундаментальним інструментом просторового аналізу в сучасній географії, екології, картографії та суміжних дисциплінах. В основі ГІС лежить концепція інтеграції геопросторових даних

із їх семантичними (атрибутивними) характеристиками з метою виявлення просторових закономірностей, моделювання природних процесів та візуалізації результатів аналізу у вигляді цифрових карт. У системному сенсі ГІС – це поєднання програмного забезпечення, методів обробки даних, баз даних і користувача, що дозволяє проводити комплексне дослідження території у її природному, соціальному або техногенному вимірах [21].

Просторовий аналіз у середовищі ГІС має суттєві переваги порівняно з традиційною картографією або статистичними підходами. Він дозволяє не лише описувати явища, але й виявляти просторові взаємозв'язки, моделювати потенційні ризики, проводити сценарне прогнозування та створювати динамічні геоінформаційні моделі. Саме тому у дослідженнях, пов'язаних з аналізом впливу збройних конфліктів на довкілля, ГІС стає ключовим інструментом – особливо при роботі з великомасштабними супутниковими даними, полігональними межами територій, статистичними таблицями змін тощо.

Традиційна картографія ґрунтується переважно на створенні та використанні карт як завершених графічних продуктів. Такий підхід має обмежені можливості для оперативного оновлення інформації, динамічного аналізу або автоматизованої обробки даних. У традиційній картографії просторовий аналіз, як правило, здійснюється візуально або з використанням обмежених кількісних методів, що знижує ефективність досліджень, особливо у випадках складних екологічних процесів або кризових ситуацій.

У таблиці 2.2 представлено порівняння основних характеристик просторового аналізу у ГІС і традиційної картографії, що демонструє переваги ГІС як інструмента для комплексного дослідження та моніторингу природного середовища.

### Порівняння просторового аналізу у ГІС з традиційними підходами

Критерій	Просторовий аналіз у ГІС	Традиційна картографія
Просторове позиціонування	Точне, координатне, з можливістю геореференції	Обмежене масштабом і точністю карти
Обробка великих обсягів даних	Автоматизована, з можливістю пакетного оброблення	Ручна або частково цифрова
Масштабованість	Висока – від локального до глобального рівня	Середня – залежить від масштабу карти
Візуалізація змін у часі	Динамічна, можлива анімація, шарування у часі	Лише через серію карт
Аналітичні функції	Буферизація, накладання шарів, зональна статистика, інтерполяція	Відсутні або обмежені
Точність та об'єктивність	Висока, залежить від якості вхідних даних	Залежить від суб'єктивної інтерпретації картографа
Можливість моделювання	Так, включаючи геостатистику, моделі ризику, сценарії	Відсутня або дуже базова
Актуальність даних	Висока – можливість інтеграції з супутниковими та польовими даними	Стаціонарна – не оновлюється автоматично

У рамках супутникового моніторингу природно-заповідного фонду ГІС застосовується для низки аналітичних завдань. Серед них – просторове зіставлення об'єктів, відсікання територій за адміністративними або природними межами, створення масок для аналізу змін, розрахунок зональної статистики (середніх індексних значень у межах полігонів), створення тематичних карт, побудова дельта-растрів, векторизація змін тощо. Інтеграція супутникових знімків (у вигляді растрових шарів) із векторними даними (межі ПЗФ, адміністративні кордони, смарагдова мережа, зони бойових дій) є основою геоінформаційного аналізу, який дає змогу перейти від «зображення» до «розуміння» просторових процесів.

Особливу роль у цьому відіграє відкрите програмне забезпечення QGIS, яке є потужною платформою для реалізації більшості задач дослідження. Програма підтримує роботу з великими обсягами як растрових, так і векторних даних, має зручні модулі для геообробки, аналізу індексів, класифікації,

стилізації карт та експортування результатів у різних форматах. Завдяки плагінам (Zonal Statistics, Semi-Automatic Classification Plugin, SCP, QuickMapServices) можна оперативно інтегрувати супутникові знімки, виконати попередню обробку, нормалізацію, та розрахунок індексів. [22].

Серед базових функцій, що реалізуються у середовищі ГІС:

- Geo-referencing (геоприв'язка) – для накладання зображень, які не містять координат (наприклад, скріншотів з військових карт);
- Clipping (обрізання растрів) за маскою досліджуваної території;
- Raster Calculator – для обчислення індексів на основі спектральних каналів;
- Zonal Statistics – для обчислення середніх значень індексів у межах полігонів;
- Symbology & Styling – для побудови тематичних карт з чіткими легендами, діапазонами значень і колірними шкалами.

У науковому контексті ГІС не лише служить технічним інструментом, а й стає методологією дослідження, в основі якої – просторове мислення, категоризація об'єктів за критеріями розміщення, близькості, суміжності або зон впливу. В екологічній географії це дозволяє, наприклад, виявити взаємозв'язок між осередками деградації та лініями фронту, затопленими зонами, щільністю інфраструктури чи навіть типами ґрунтів.

Таким чином, у поєднанні з індексним аналізом, ГІС забезпечує якісний і кількісний вимір змін, фіксує їхній просторовий контекст і дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо охорони, відновлення чи реконструкції природних територій. У рамках даного дослідження ГІС виступає платформою інтеграції всіх джерел даних – супутникових, статистичних, адміністративних і картографічних – та основним інструментом для їх осмислення, систематизації й візуалізації.

## 2.4. Джерела геопросторових даних: Sentinel Hub, SCGIS, DeepStateMap

Для повноцінного здійснення ГІС-моніторингу змін у стані природних територій, зокрема в умовах збройного конфлікту, необхідною передумовою є наявність достовірних, відкритих та багатоформатних джерел геопросторових даних. У даному дослідженні використано три ключові джерела: Sentinel Hub EO Browser, SCGIS Україна та DeepStateMap, кожне з яких забезпечує важливий тип даних – супутникові зображення, межі природоохоронних територій і оперативну інформацію про зону бойових дій.

Найважливішим джерелом супутникових зображень є Sentinel Hub EO Browser – вебплатформа, розроблена компанією Sinergise (Словенія) у межах програми Copernicus Європейського Союзу. Цей сервіс надає безкоштовний доступ до супутникових знімків з місій Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8/9, MODIS та інших, з можливістю візуалізації, обробки й завантаження різних комбінацій спектральних каналів та індексів [23]. Завдяки цьому ресурсу дослідник може швидко знайти необхідні знімки за конкретну дату та територію, застосувати попередньо налаштовані індекси (NDVI, NDWI, Moisture Index, Scene Classification Map) і завантажити оброблені растрові зображення у високій роздільності.

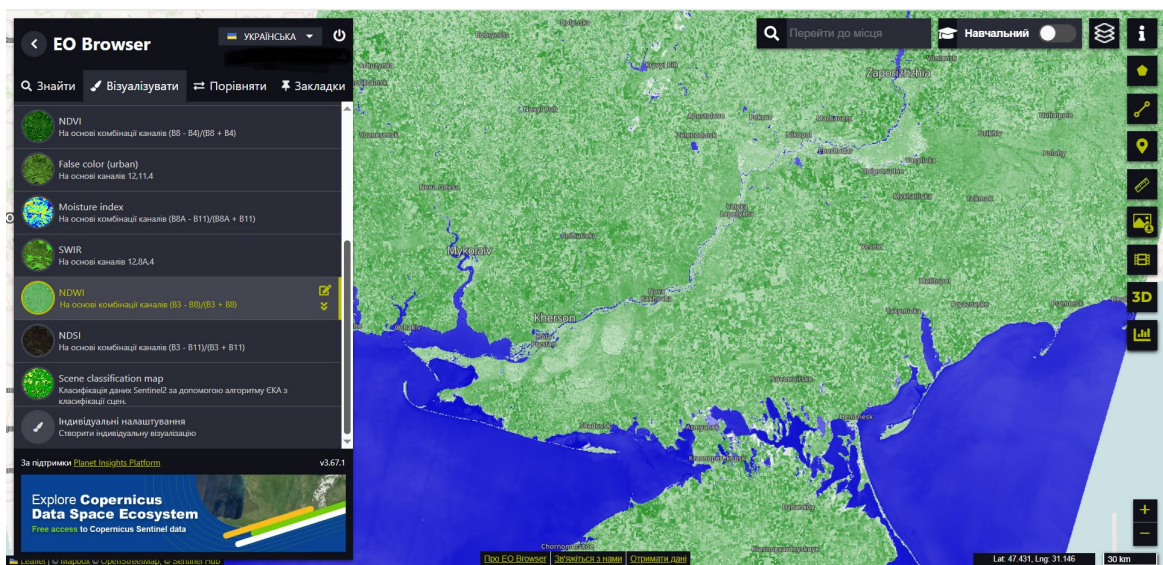


Рис. 2.1. Інтерфейс Sentinel Hub EO Browser (на прикладі візуалізації NDWI за 20.04.2025 р)

Перевагою Sentinel Hub є також доступність історичних даних, що робить його незамінним для динамічного аналізу. Так, у цій роботі використано знімки за квітень 2018 і квітень 2025 року для оцінки змін, пов'язаних із військовими діями та підривом Каховської ГЕС. Платформа підтримує експорт даних у форматах TIFF, JPEG, GeoTIFF, що забезпечує сумісність із програмним середовищем QGIS [23].

Джерелом інформації про природно-заповідний фонд стала платформа SCGIS Україна (Scientific Community for GIS), яка розробляє і підтримує відкриту картографічну базу даних природоохоронних територій. Платформа дає змогу вільно завантажувати шейпфайли меж національних природних парків, заказників та заказників місцевого значення, заповідників, пам'яток природи, заповідних урочищ, денрологічних парків тощо. Кожен об'єкт супроводжується атрибутивною інформацією: назва, тип, площа, охоронний статус, дата створення, джерела формування. База також містить окремий шар об'єктів Смарагдової мережі, що дозволяє аналізувати міжнародні зобов'язання України у сфері охорони довкілля. [7].

Платформа SCGIS ґрунтується на принципах відкритої науки та відтворюваності результатів. Усі дані доступні у форматах GeoJSON, KML, що дозволяє легко інтегрувати їх у ГІС-системи. Завдяки просторовій точності шарів SCGIS було забезпечено коректну векторну маскування супутникових знімків та обчислення середніх індексів у межах кожного ПЗФ-об'єкта.

Третім джерелом стала DeepStateMap – вебплатформа, яка надає інтерактивну карту оперативної обстановки на території України з позначенням ліній фронту, окупованих та деокупованих територій. Ресурс є волонтерською ініціативою, що базується на відкритих даних та верифікованій аналітиці. Вебплатформа DeepStateMap – забезпечує інтеграцію з базовими картами (OpenStreetMap [24], Google), на які накладаються геополітичні шари станом на поточний момент. У дослідженні ця карта була використана для геоприв'язки скріншотів, після чого було виконано

оцифрування зон окупації, деокупації та невизначеного контролю у середовищі QGIS станом на квітень 2025 року [25].

Таке поєднання джерел – Sentinel Hub для спектрального аналізу, SCGIS для меж ПЗФ, DeepStateMap для зони бойових дій – дає змогу виконати повноцінний комплексний ГІС-аналіз стану природно-заповідного фонду у воєнний період. Використання відкритих джерел забезпечує прозорість, наукову верифікацію та можливість відтворення результатів іншими дослідниками, що відповідає принципам відкритої науки.

## РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ ЗМІН У СТАНІ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

### 3.1. Підготовка вихідних даних та вибір об'єктів дослідження

На першому етапі практичного дослідження було визначено ключову територію аналізу – Херсонську область, як одну з найвразливіших екологічних зон в умовах повномасштабної війни. Цей регіон обраний з огляду на масштабний вплив збройної агресії Російської Федерації, зокрема довготривалу окупацію, активні бойові дії, руйнування Каховської ГЕС у червні 2023 року та подальше осушення нижньої течії Дніпра. Усі ці фактори суттєво вплинули на екосистеми, зокрема – об'єкти природно-заповідного фонду області, які й стали основним предметом просторово-екологічного аналізу.

Визначивши територію дослідження, було розпочато формування геоінформаційного проєкту у середовищі QGIS. Першим кроком стало створення структури проєкту, куди послідовно були додані базові векторні шари:

- кордон Херсонської області (Додаток Д),
- межі адміністративних районів (Додаток Е),
- межі об'єднаних територіальних громад (ОТГ) (Додаток Ж).

Наступним важливим етапом було додавання оцифрованого шару меж ПЗФ Херсонщини. Для цього використано геопортал SCGIS Україна [7], де представлена відкрита база даних природоохоронних територій. З бази було завантажено шар з межами всіх природоохоронних об'єктів області (Додаток З), включно з національними парками, заказниками, заповідниками, урочищами та пам'ятками природи.

Окремо також було завантажено та додано до проєкту шар об'єктів Смарагдової мережі (Додаток К), що дозволило розширити аналіз за міжнародно визнаними природоохоронними територіями.

Для врахування впливу військових дій було створено шар зон окупації та бойових дій. Оскільки офіційні векторні дані таких меж відсутні, цей шар був створений вручну: завантажено скріншот інтерактивної карти DeepStateMap [25] і виконано геоприв'язку у середовищі QGIS через модуль Georeferencer. Після цього здійснено оцифрування меж та сформовано три векторні шари: території під контролем ЗСУ, території під окупацією та зони невизначеного контролю (Додаток Л).

Одним із важливих етапів підготовки вихідних даних стало формування бази об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) Херсонської області. Для цього були використані офіційні відомості з ресурсу Природно-заповідний фонд України [7], який містить актуальний перелік об'єктів ПЗФ із зазначенням їхніх назв, категорій, площі, дати створення та адміністративного розташування.

На основі зібраної інформації було виконано інтеграцію характеристик об'єктів до атрибутивної таблиці шейп-файлу меж ПЗФ у середовищі QGIS. Таким чином, кожен об'єкт природно-заповідного фонду отримав пов'язану просторову та описову інформацію, що забезпечило можливість поглибленого індексного та зонального аналізу змін екологічного стану під час дослідження.

Детальний перелік об'єктів природно-заповідного фонду Херсонської області представлений в атрибутивних таблицях шару ПЗФ в додатку (Додаток М).

Важливим етапом дослідження стало створення та наповнення геоінформаційної бази даних, що об'єднала супутникові індекси, статистичні відомості про ПЗФ та векторні шари з просторовою інформацією про об'єкти дослідження. Такий підхід відповідає загальноприйнятим принципам проектування ГІС, зокрема структуризації даних, їх семантичного опису та багаторівневої організації [26].

Усі шари були приведені до єдиної системи координат, атрибутивні таблиці були стандартизовані, дублікати об'єктів видалені для забезпечення коректності подальших розрахунків.

У результаті було створено структурований проєкт у QGIS, що об'єднує:

- базові адміністративні межі,
- межі ПЗФ та Смарагдової мережі,
- просторову інформацію про окуповані території,
- фонові базові карти (OSM, супутникові знімки) для орієнтації.

Ця структура даних стала основою для наступних етапів роботи – завантаження супутникових знімків, розрахунку індексів NDVI, NDWI, Moisture Index, побудови тематичних карт та проведення аналізу просторових змін.

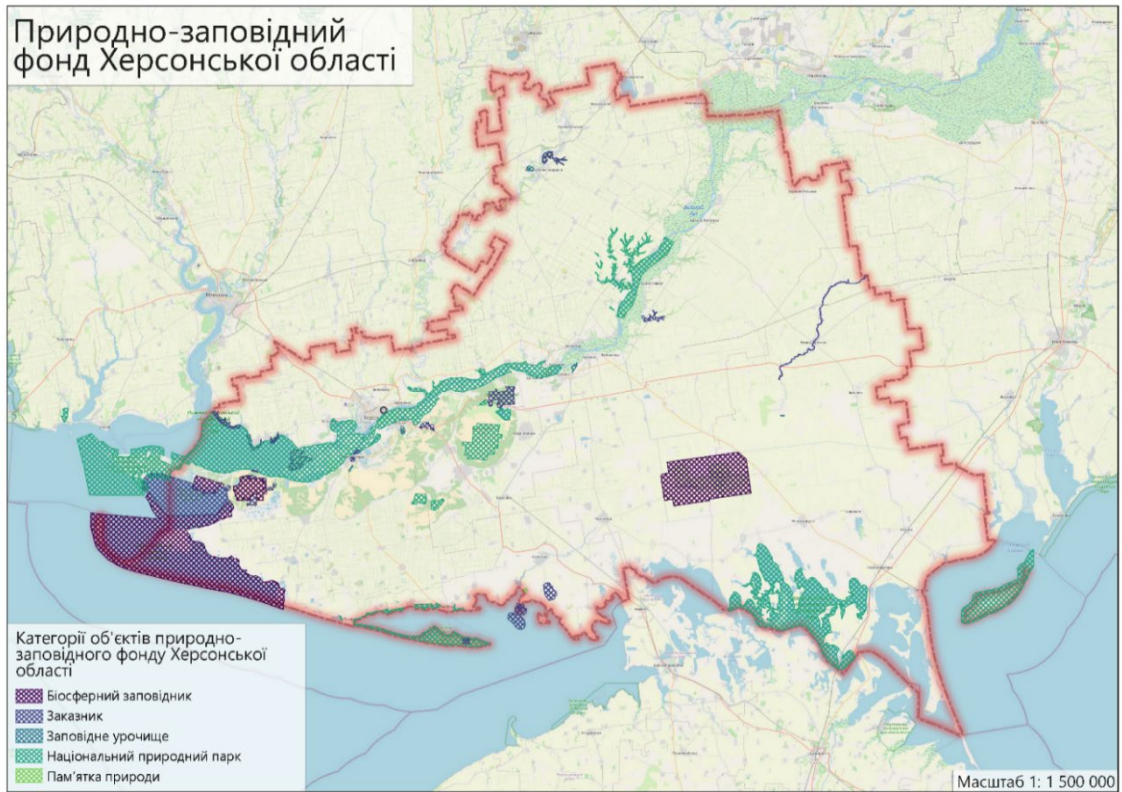
### **3.2. Розроблення базових та індексних карт**

Основи створення тематичних карт, зокрема екологічного та індексного типу, базуються на фундаментальних принципах сучасної картографії. У контексті роботи особливо важливо дотримуватись узагальнених правил картографічної візуалізації, що визначаються масштабом, способом зображення та семантичним наповненням картографічного продукту.

На наступному етапі роботи було зосереджено увагу на створенні базових та індексних карт, необхідних для подальшого аналізу екологічних змін у межах природно-заповідного фонду Херсонської області.

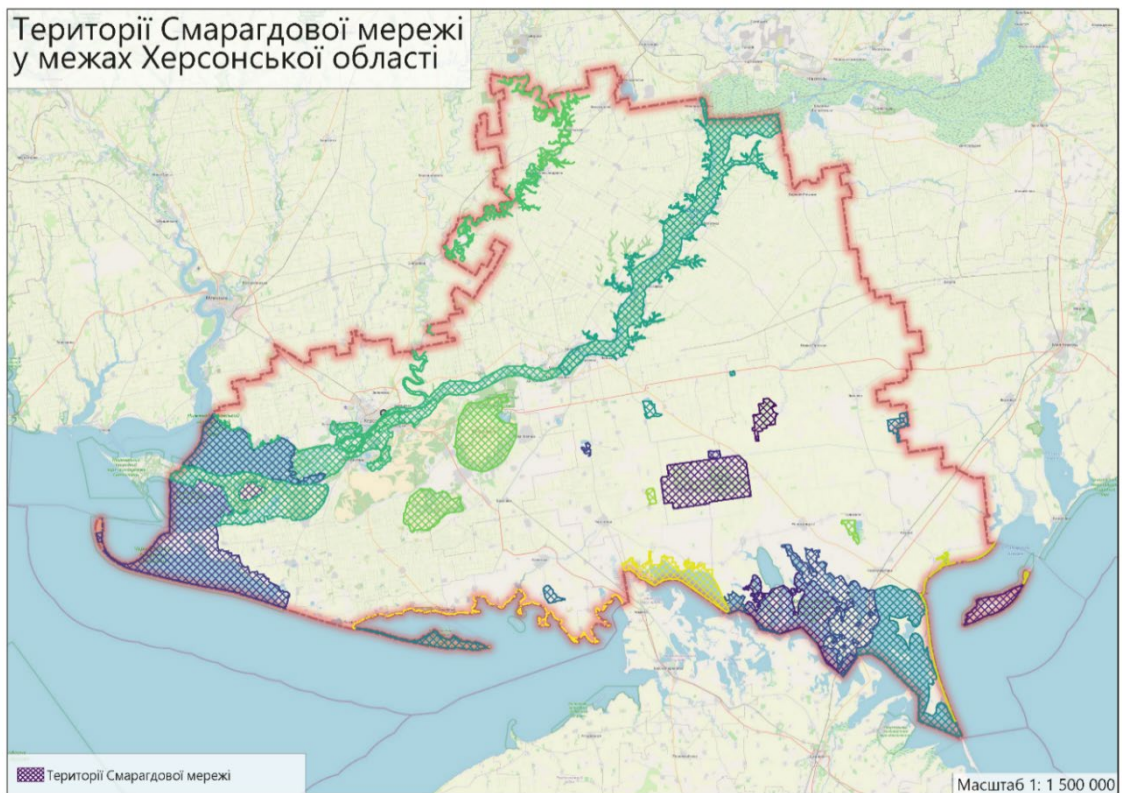
У рамках побудови базових карт у середовищі QGIS були створені наступні тематичні шари:

- Карта об'єктів природно-заповідного фонду Херсонщини, створена за даними SCGIS, де об'єкти класифіковані за категоріями охорони (національні парки, заказники, заповідники тощо).



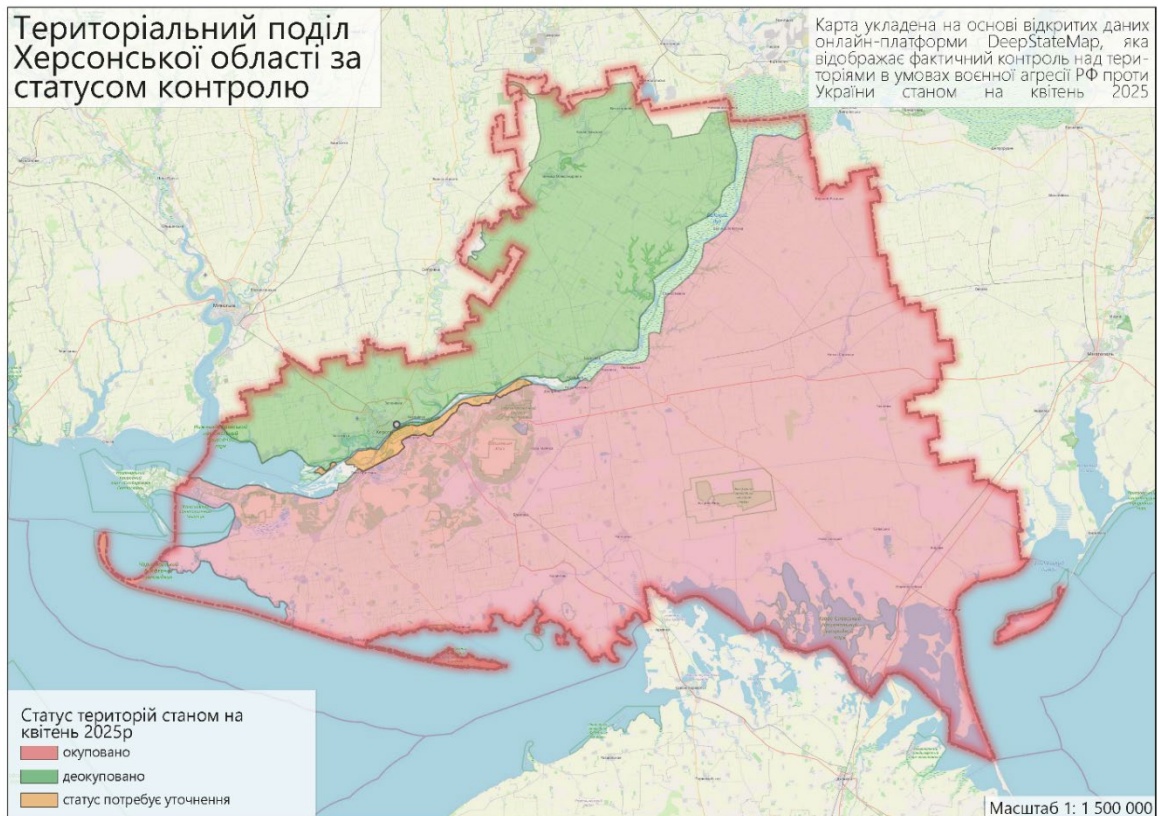
**Рис. 3.1. Природно-заповідний фонд Херсонської області**

– Карта об'єктів Смарагдової мережі, створена на основі окремого шару міжнародних природоохоронних територій.



**Рис. 3.2. Території Смарагдової мережі у межах Херсонської області**

– Карта зон окупації і бойових дій, сформована за результатами оцифрування геоприв’язаного знімка DeepStateMap



**Рис. 3.3. Територіальний поділ Херсонської області за статусом контролю**

Для відображення актуальної ситуації в регіоні на базові карти було також накладено фонові шари OpenStreetMap та супутникових знімків Google Satellite.

Наступним кроком стало завантаження та обробка супутникових знімків Sentinel-2. Через платформу Sentinel Hub EO Browser [23] було отримано супутникові дані за дві часові відмітки:

- 1 квітня 2018 року – як довоєнний період,
- 20 квітня 2025 року – для оцінки змін через рік після руйнування Каховської ГЕС.
- Завантажено наступні індексні продукти:
- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для аналізу стану рослинності,

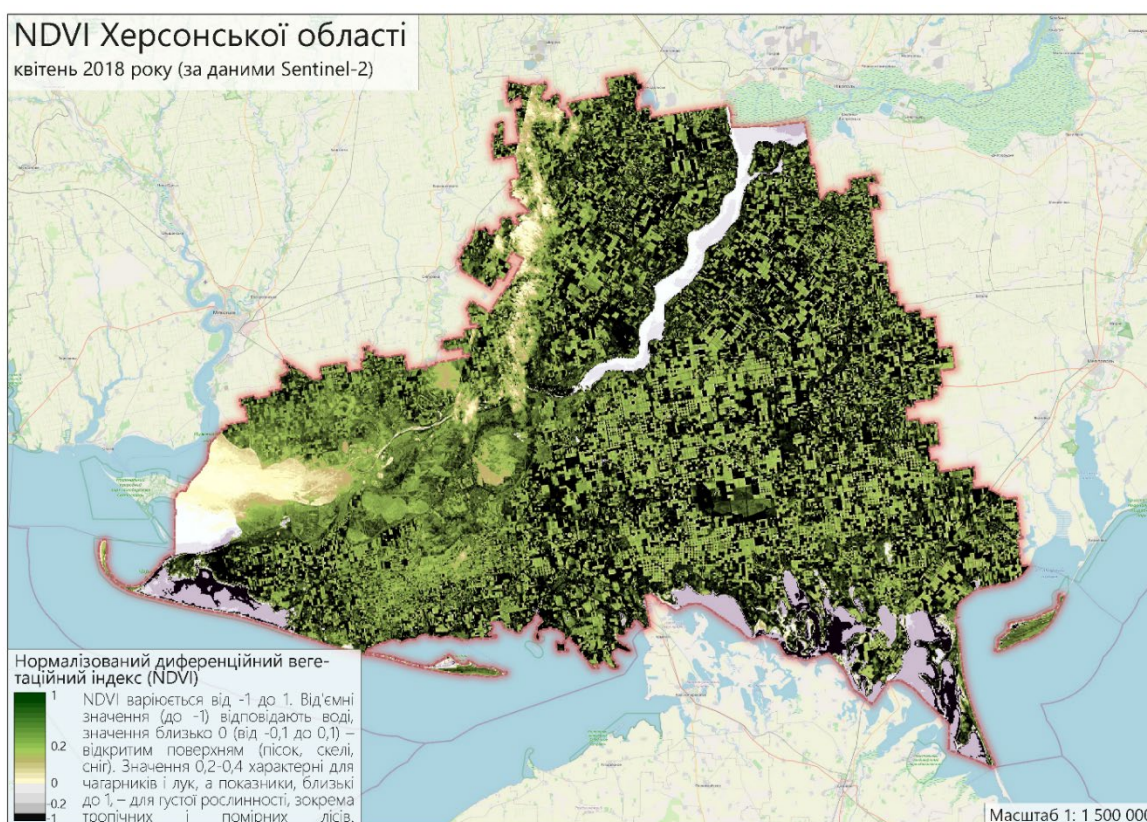
– NDWI (Normalized Difference Water Index) для аналізу водонасичення та підтоплень,

- Moisture Index для оцінки змін вологості середовища,
- True Color (RGB) для загальної візуалізації території,
- Scene Classification Map для визначення типів земного покриття.

Кожен із супутникових шарів був обрізаний за контуром Херсонської області за допомогою інструменту Clip Raster by Mask Layer у QGIS.

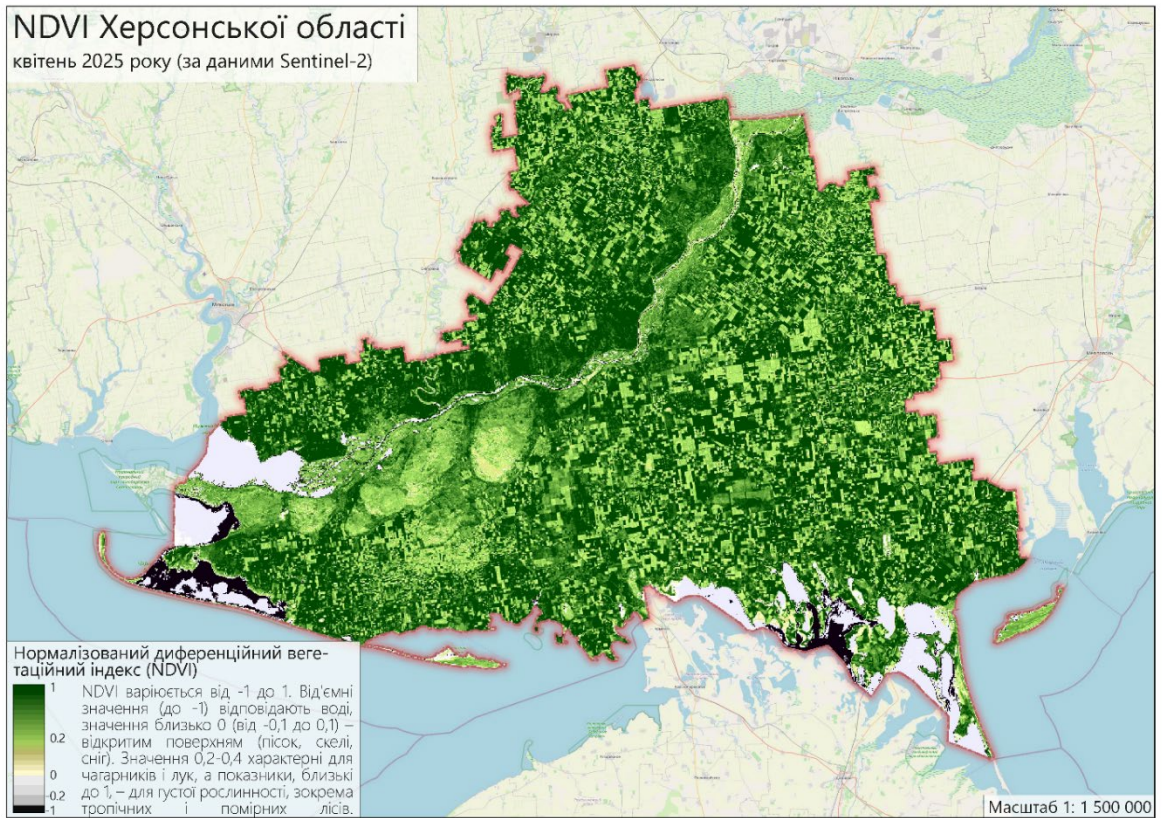
Окремо були створені повноцінні індексні карти:

- Карта NDVI за 2018 рік



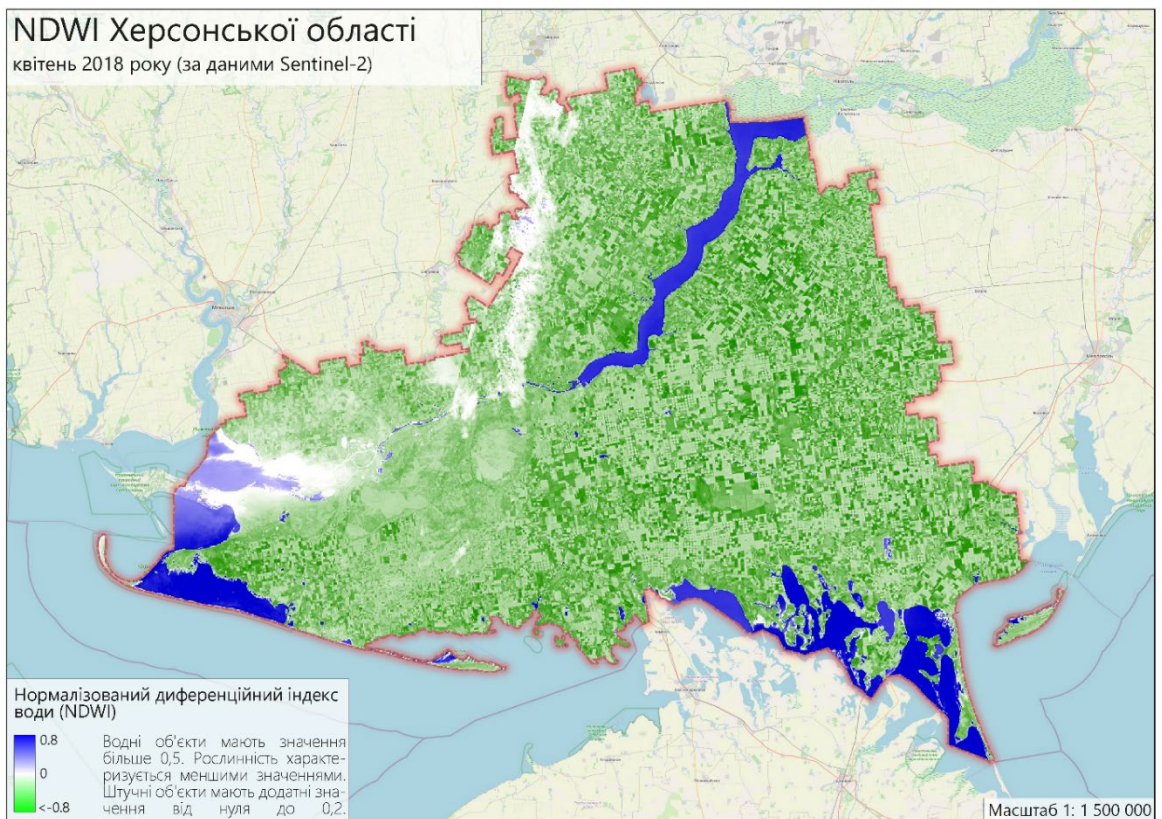
**Рис. 3.4. Карта NDVI Херсонської області за 2018 рік**

- Карта NDVI за 2025 рік



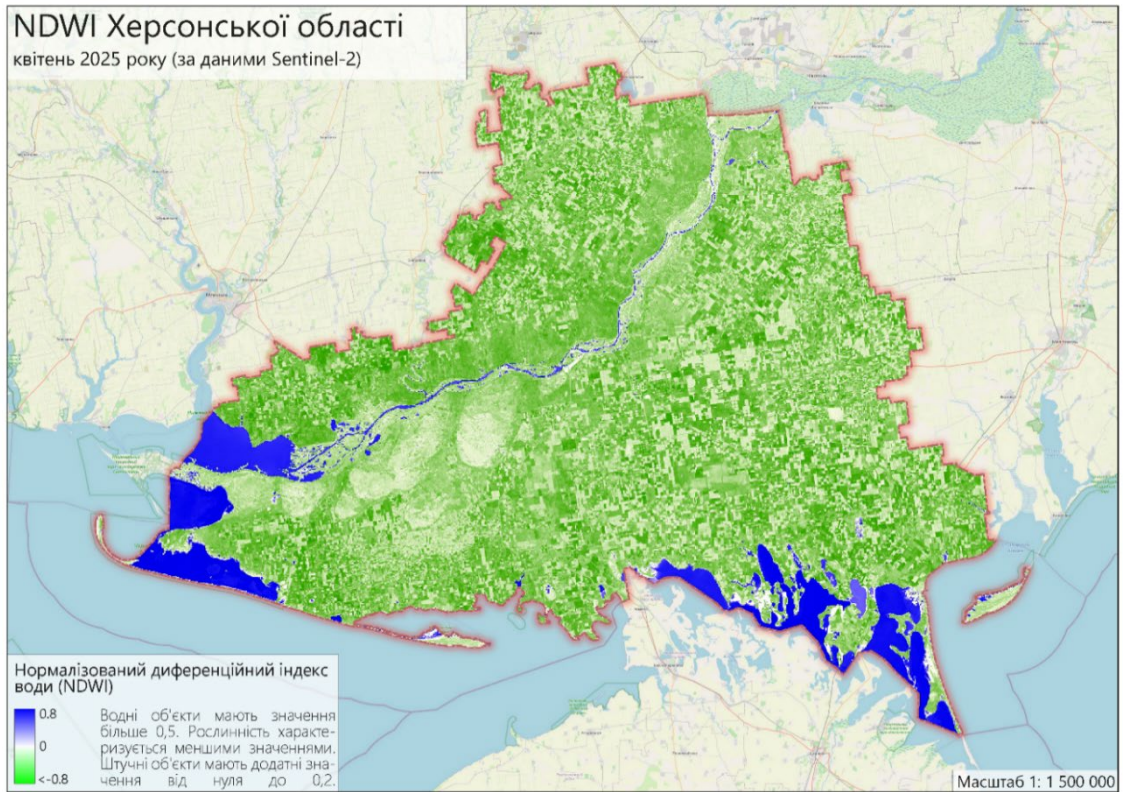
**Рис. 3.5. Карта NDVI Херсонської області за 2025 рік**

– Карта NDWI за 2018 рік



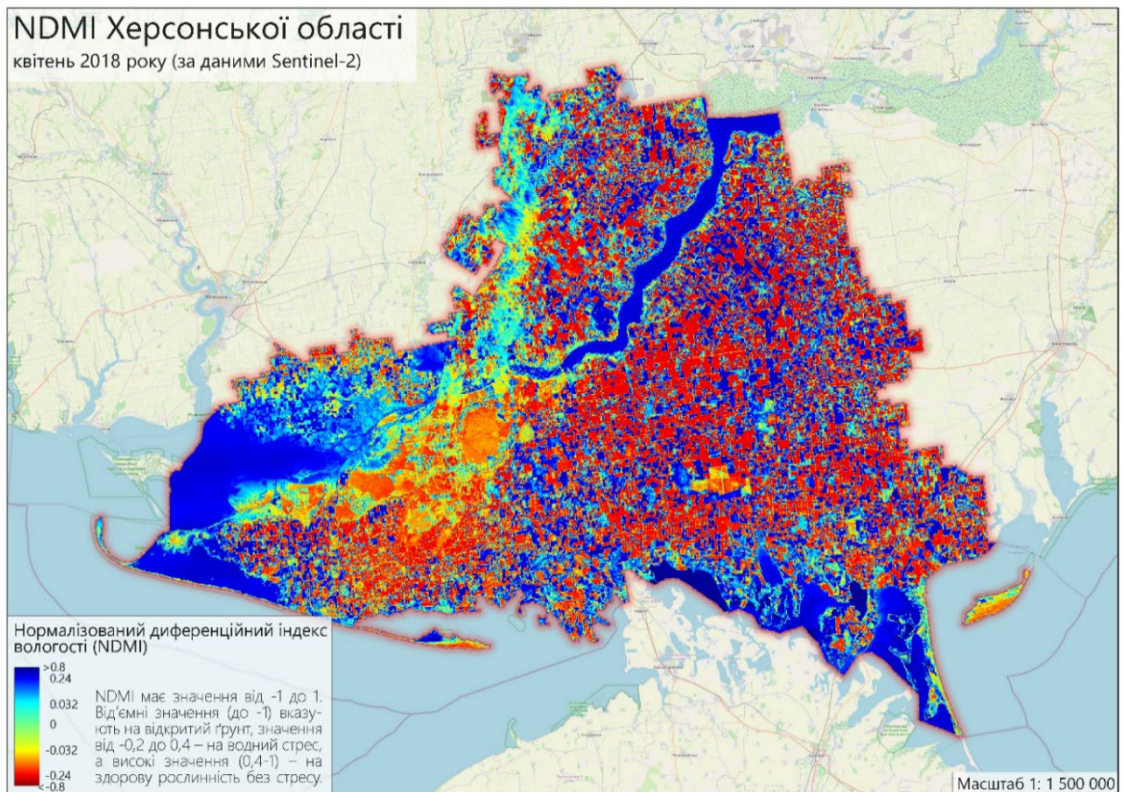
**Рис. 3.6. Карта NDWI Херсонської області за 2018 рік**

– Карта NDWI за 2025 рік



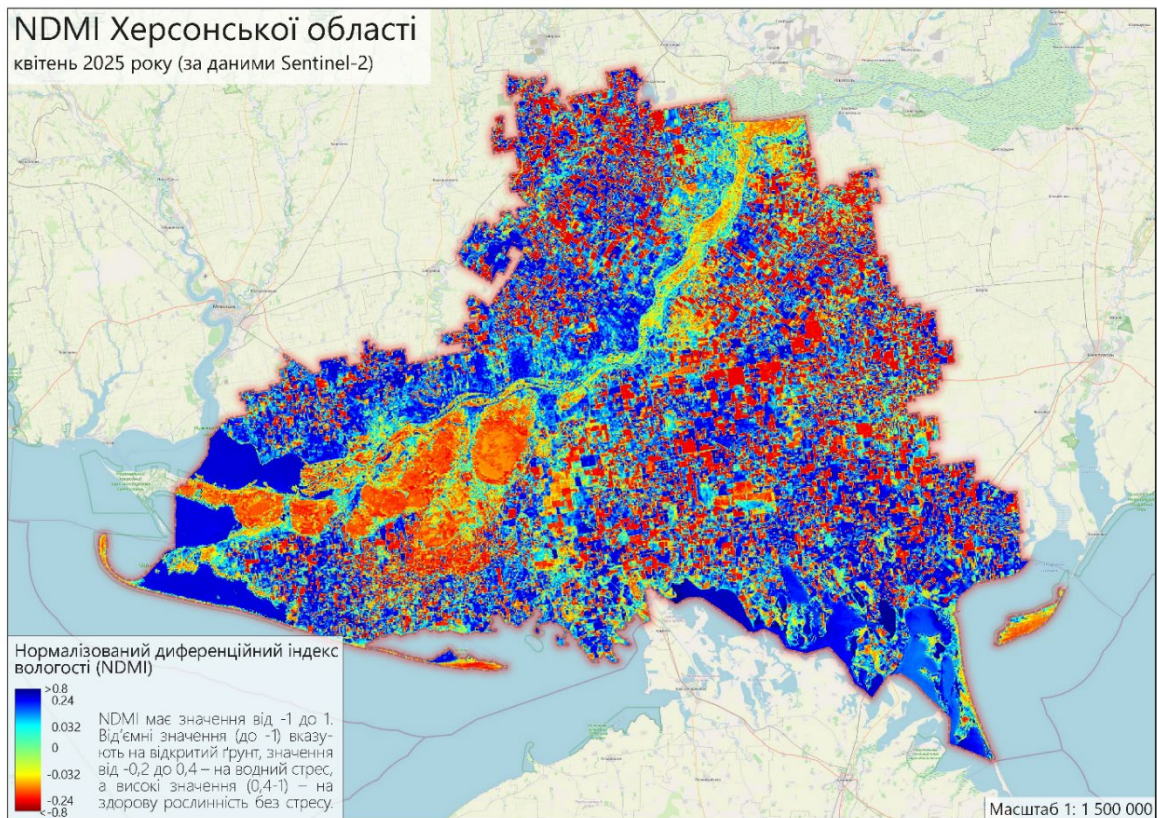
**Рис. 3.7. Карта NDWI Херсонської області за 2025 рік**

– Карта Moisture Index за 2018 рік



**Рис. 3.8. Карта NDMI Херсонської області за 2018 рік**

– Карта Moisture Index за 2025 рік



**Рис. 3.9. Карта NDMI Херсонської області за 2025 рік**

Для візуалізації індексних карт застосовано класифікацію значень за п'ятьма інтервалами для кожного індексу. Це дозволило виділити ділянки з низькими, середніми та високими значеннями відповідних індексів, що полегшує просторову інтерпретацію змін.

Весь цей масив базових і індексних карт створив підґрунтя для наступного етапу – розрахунку дельта-індексів та побудови карт змін, де порівнюватимуться екологічні характеристики територій у динаміці між 2018 та 2025 роками.

### **3.3. Розроблення серії порівняльних карт "Було / Стало" (True Color, NDVI, NDWI)**

Проектування динамічної карти змін екологічного стану природно-заповідного фонду (ПЗФ) базується на інтеграції просторово-часової інформації за допомогою індексів дистанційного зондування Землі, зокрема NDVI та NDWI. Такий підхід дозволяє наочно відстежувати процеси

деградації рослинності, зміни вологості ґрунтів, затоплення або осушення територій у часовому розрізі.

Концептуальна модель динамічної карти поєднує просторову компоненту (географічне розташування природоохоронних об'єктів) та часову компоненту (стан об'єктів у різні періоди – 2018 та 2025 роки).

### **Вибір, збір та обробка даних.**

На першому етапі було здійснено збір супутникових даних Sentinel-2 за квітень 2018 року (до активної фази війни) та квітень 2025 року (після руйнування Каховської ГЕС). Завантаження матеріалів здійснювалося через портал EO Browser (Sentinel Hub) [23].

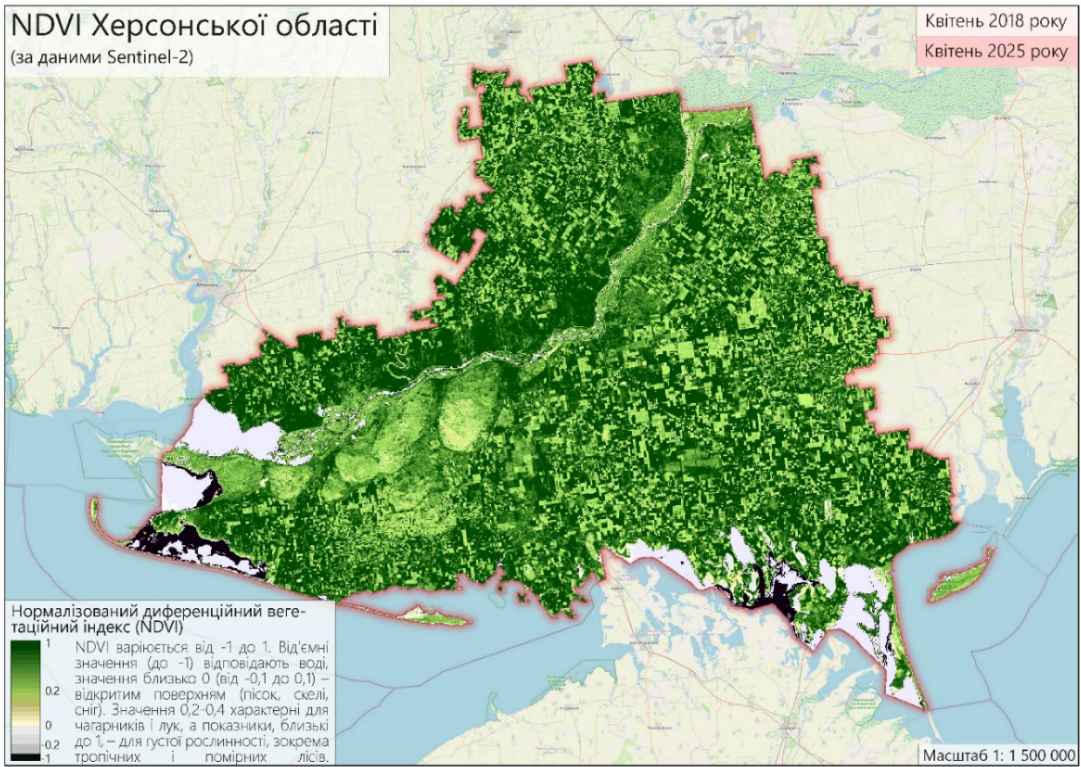
Для підготовки індексних карт використовувалися Normalized Difference Vegetation Index та Normalized Difference Water Index, що дозволяють ідентифікувати зміну стану рослинного покриву і водонасичення територій відповідно.

### **Розробка методів візуалізації та створення динамічної карти.**

Для візуалізації змін обрано формат динамічної гіф-анімації, що забезпечує високу інформативність та зручність сприйняття даних.

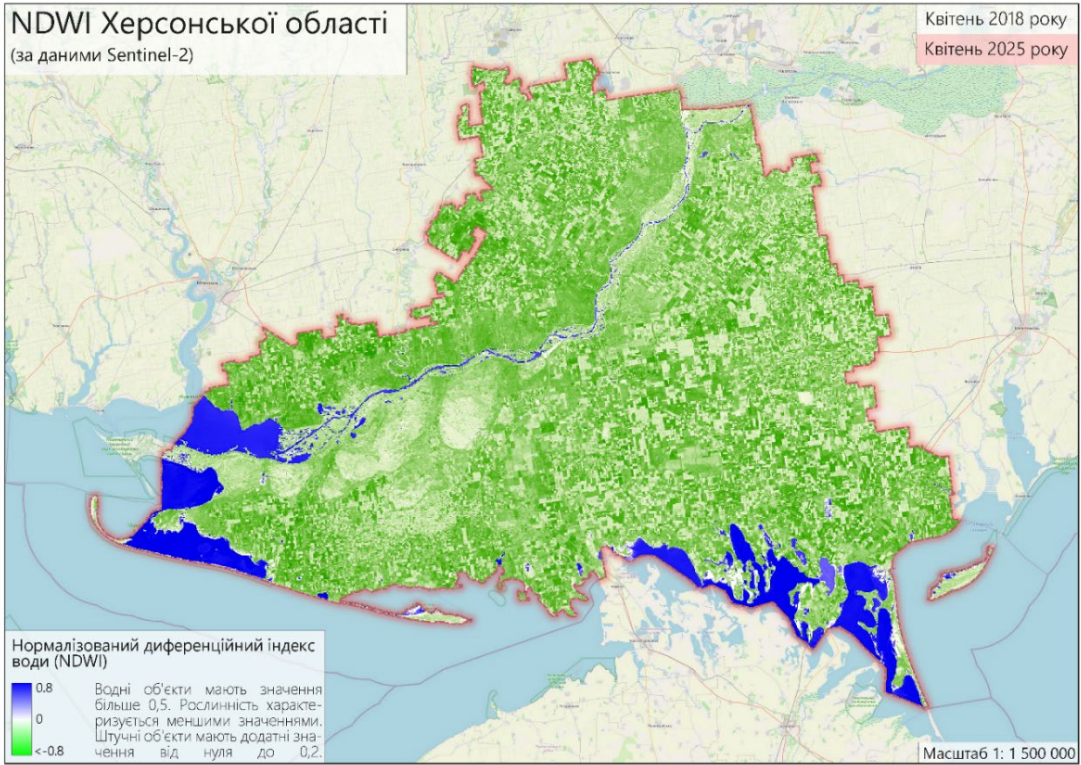
Створення динамічної карти включало наступні етапи:

- створення індексних карт за обраними роками;
- синхронізація проєкцій, масштабів, колірних палітр і легенд;
- експорт карт у формат PNG;
- об'єднання пар знімків у гіф-анімації;
- Динамічна карта змін NDVI 2018–2025 (Рис. 3.10 та Додаток Н)



**Рис. 3.10. Фрагмент динамічної карти зміни NDVI у 2018–2025 рр. (Карта за 2025 рік)**

– Динамічна карта змін NDWI 2018–2025 (Рисунок 3.11 та Додаток П)



**Рис. 3.11. Фрагмент динамічної карти зміни NDWI у 2018–2025 рр. (Карта за 2025 рік)**

Анімації створені з інтервалом 1 секунда між кадрами, що забезпечує комфортне сприйняття візуальних змін. Для генерації гіф-файлів було використано онлайн-інструмент IMGonline.com.ua [27].

### **Особливості побудови динамічної карти.**

При створенні динамічних карт було враховано специфіку екологічного моніторингу:

- для коректного порівняння стану територій забезпечено однакову шкалу значень NDVI та NDWI на всіх картах,
- однакова стилістика підписів, масштабних ліній і легенд,
- Створена динамічна карта дозволяє виявити такі процеси:
  - масове осушення прибережних заплав,
  - деградація рослинного покриву внаслідок військових дій,
  - часткове відновлення природних територій на окремих ділянках.

Таким чином, створення динамічної карти змін стану ПЗФ забезпечило інтеграцію просторової, часової та тематичної інформації, значно підвищивши аналітичний потенціал дослідження.

### **3.4. Розрахунок дельта-індексів NDVI та NDWI та розроблення карт змін**

Одним із ключових завдань дослідження стало виявлення змін стану рослинності та водонасичення території природно-заповідного фонду Херсонської області за період між 2018 та 2025 роками. Для цього було застосовано методикау обчислення дельта-індексів на основі супутникових даних, що дозволяє кількісно оцінити напрям та масштаби просторових змін [28].

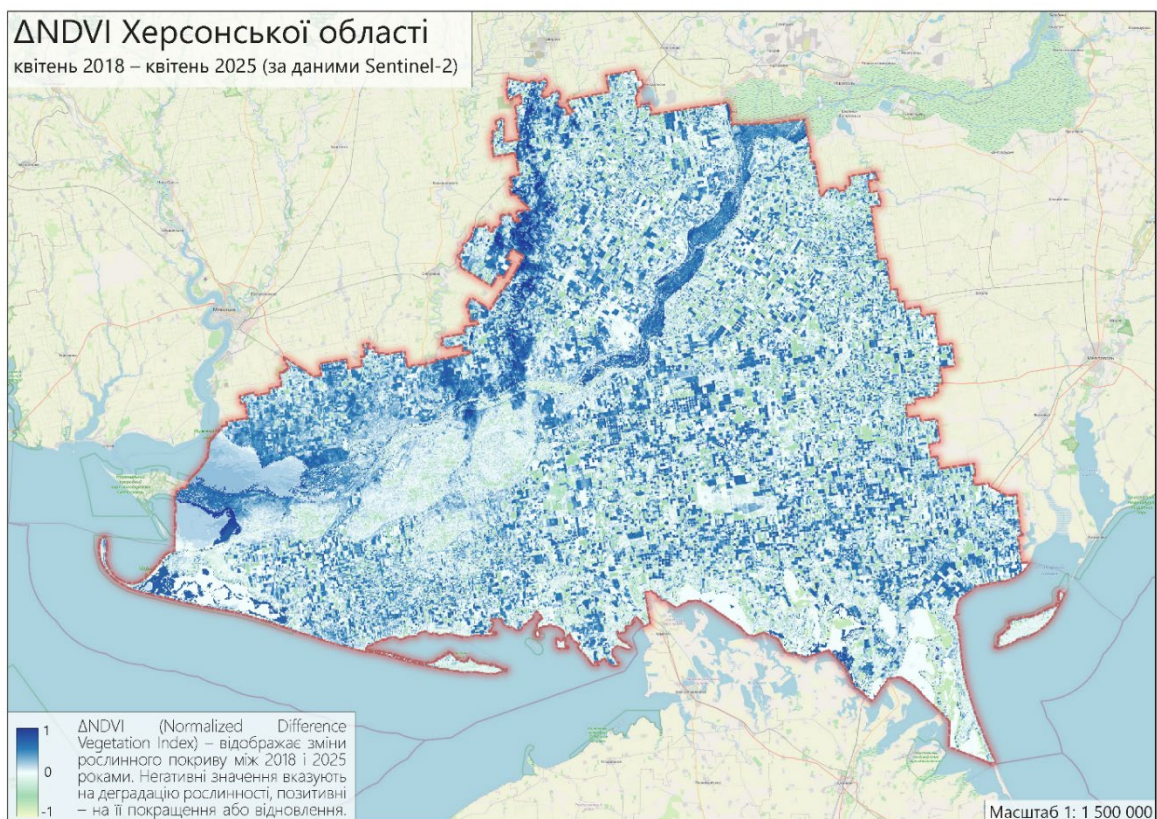
Застосування геоінформаційного аналізу дозволяє не лише виявити осередки змін, а й визначити просторово-часову логіку деградаційних процесів. Саме аналіз просторових даних виступає основою для побудови моделей оцінки змін ландшафтів, зокрема при зіставленні NDVI та NDWI.

Дельта-індекси ( $\Delta$ ) обчислювались як різниця значень певного індексу за два часові зрізи:

- $\Delta\text{NDVI} = \text{NDVI} (2025) - \text{NDVI} (2018)$ ,
- $\Delta\text{NDWI} = \text{NDWI} (2025) - \text{NDWI} (2018)$ .
- Для забезпечення коректності обчислень попередньо було перевірено:
  - однакову систему координат,
  - однакову просторову роздільну здатність (10 метрів на піксель),
  - відсутність розбіжностей у межах обробки знімків Sentinel-2 [29].

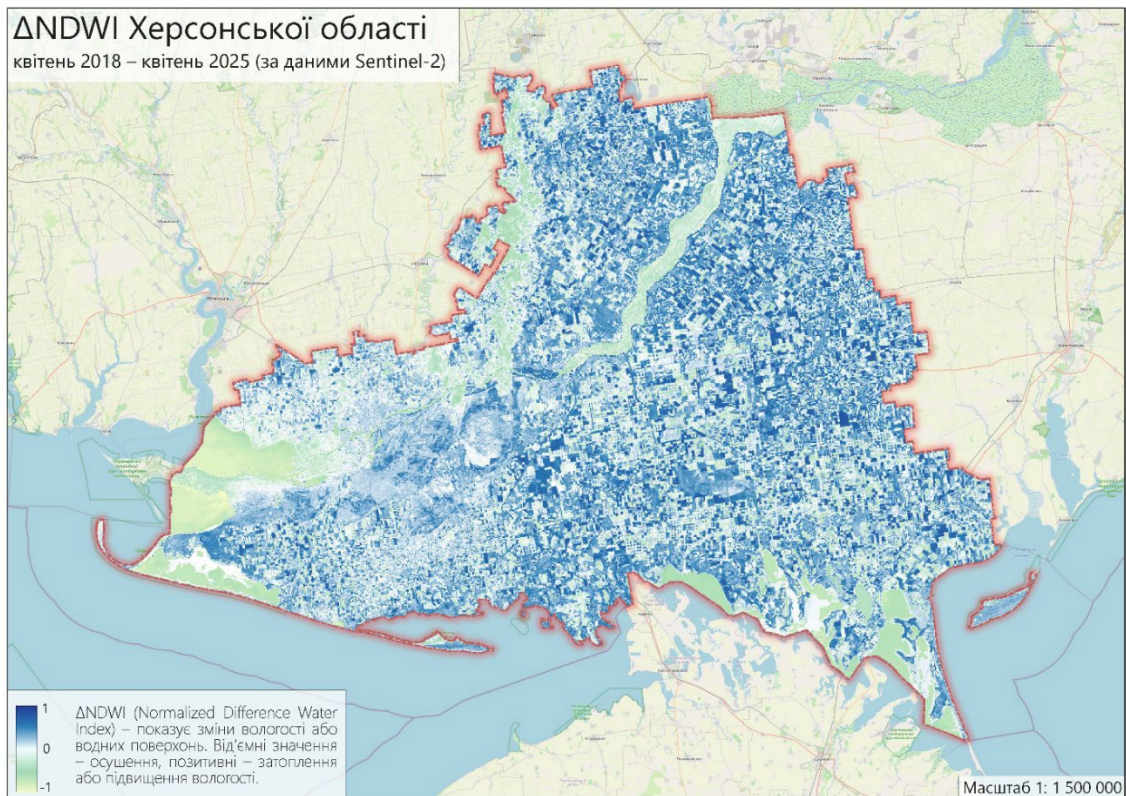
Різницеві обчислення виконувались за допомогою інструменту Raster Calculator у QGIS [30]. Отримані результати представлені у вигляді растрових карт:

- Карта змін індексу NDVI



**Рис. 3.12. Карта змін індексу NDVI між 2018 та 2025 роками**

- Карта змін індексу NDWI



**Рис. 3.13. Карта змін індексу NDWI між 2018 та 2025 роками**

Класифікація результатів була створена за інтервалами:

–  $\Delta > 0.1$  – помітне покращення стану рослинності або зростання вологості;

– від  $-0.1$  до  $+0.1$  – стабільний стан, відсутність істотних змін;

–  $\Delta < -0.1$  – погіршення стану рослинності або осушення середовища.

Для полегшення візуального сприйняття карт змін було застосовано двоколірну шкалу: від синього (збільшення показника) до червоного (зменшення показника) (Додаток Р).

Особлива увага приділялася:

– обробці зон із відсутніми даними ("No Data"), які були виключені із подальшого аналізу,

– обрізанню меж растрів відповідно до меж області та природно-заповідних територій для уникнення хибних інтерпретацій.

Методика побудови різницевих карт широко застосовується у світовій практиці моніторингу змін земного покриття та аналізу екологічних процесів, зокрема у контексті надзвичайних ситуацій [31].

Отримані карти змін стали основою для подальшого:

- розрахунку зональної статистики в межах об'єктів ПЗФ,
- побудови тематичних діаграм змін,
- аналітичного висновку про стан територій під впливом війни.

Таким чином, використання дельта-індексів у цьому дослідженні дозволило перейти від простого картографування стану довкілля до кількісного просторового аналізу змін, що є обов'язковим у сучасних екологічних дослідженнях.

### **3.5. Зональний аналіз змін у межах природно-заповідного фонду**

Для глибшої оцінки екологічних змін у межах конкретних об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) Херсонської області було застосовано метод зонального статистичного аналізу. Його мета – обчислення агрегованих характеристик змін за кожним природоохоронним об'єктом окремо, що дозволяє кількісно визначити ступінь впливу воєнних дій на території ПЗФ.

Зональна статистика (zonal statistics) у ГІС-аналізі передбачає обчислення статистичних показників (середнє, сума, кількість пікселів) індексних значень у межах заданих полігонів [32].

Для виконання зонального аналізу у QGIS було використано плагін Zonal Statistics [30].

Аналіз проводився за наступними даними:

- $\Delta\text{NDVI}$  – карта змін стану рослинності (Див. Рис. 3.12),
- $\Delta\text{NDWI}$  – карта змін водонасичення територій (Див. Рис. 3.13).
- Для кожного об'єкта ПЗФ були розраховані такі показники:
- Кількість пікселів у межах об'єкта, що враховані у розрахунках ( $\text{NDVIcount}$ ,  $\text{NDWIconcount}$ ),
- Сума значень індексу змін ( $\text{NDVIsum}$ ,  $\text{NDWIsun}$ ),
- Середнє значення зміни індексу ( $\text{NDVImean}$ ,  $\text{NDWImean}$ ).

Отримані результати були автоматично збережені в атрибутивну таблицю об'єктів ПЗФ (Додаток С та Додаток Т).

Для прикладу, середнє значення  $\Delta\text{NDVI}$  дозволяє оцінити:

- Позитивні значення (наприклад,  $\Delta\text{NDVI}_{\text{mean}} > 0.1$ ) свідчать про відновлення рослинності;
- Негативні значення ( $\Delta\text{NDVI}_{\text{mean}} < -0.1$ ) – про деградацію або втрачену рослинність.

Аналогічно,  $\Delta\text{NDWI}_{\text{mean}}$  інтерпретується як показник змін водонасиченості ґрунтів та підтоплення територій.

На основі результатів зонального аналізу було складено узагальнюючі таблиці, які дозволяють:

- ранжувати об'єкти за рівнем змін,
- виявити найуразливіші ПЗФ,
- здійснити попередню типологізацію процесів (відновлення, деградація, стабільність).

Результати зонального аналізу також стали основою для побудови діаграм змін (топ-10 об'єктів за деградацією рослинності та осушенням), що дозволяють наочно представити найкритичніші випадки.

Таким чином, застосування зональної статистики дозволило перейти від загальних картографічних спостережень до кількісної оцінки впливу воєнних дій на кожен об'єкт ПЗФ окремо, що суттєво підвищило наукову обґрунтованість результатів дослідження.

## РОЗДІЛ 4. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ

### 4.1. Типологія екологічних змін за результатами індексного аналізу

Індексний аналіз супутникових даних NDVI та NDWI дозволив встановити основні типи екологічних змін на території природно-заповідного фонду (ПЗФ) Херсонської області, спричинені збройною агресією Російської Федерації та руйнуванням Каховської гідроелектростанції. Дані були отримані за допомогою обробки супутникових знімків Sentinel-2 для квітня 2018 та квітня 2025 років у середовищі QGIS [30].

У результаті аналізу дельта-растрів було виявлено чотири основні типи змін:

Перший тип – осушення водно-болотних угідь та зниження водонасичення територій, зафіксоване за негативними значеннями NDWI. Найбільш істотне осушення спостерігається на території Нижньодніпровського національного природного парку, Чорноморського біосферного заповідника та Ягорлицького орнітологічного заказника. Середнє значення зміни NDWI для Нижньодніпровського НПП склало  $-0,375$ , що свідчить про масштабне обміління водойм та зникнення значних площ водойми (Додаток У).

Другий тип – локальне підтоплення та формування нових заболочених ділянок, визначене через позитивні зміни NDWI. Зокрема, у заказнику "Балка Великі Сірогози" та заповідних урочищах "Голопристанський акацієвий ліс" спостерігаються ознаки збільшення вологості ґрунтів (Додаток Ф).

Третій тип – деградація рослинного покриву, зафіксована через негативні зміни NDVI. Прикладами територій зі зниженням продуктивності рослинності є Орнітологічний заказник "Думузла" та окремі частини Азово-Сиваського НПП, де середні від'ємні значення NDVI вказують на деградаційні процеси внаслідок пересихання або пошкодження природних екосистем.

Четвертий тип – відновлення або зростання рослинності, яке виявлене позитивною зміною NDVI. Серед об'єктів, де зафіксовано суттєве покращення стану рослинного покриву, варто відзначити Кам'янську Січ, Чорноморський біосферний заповідник та Ягорлицький орнітологічний заказник. Наприклад, середнє зростання NDVI у Кам'янській Січі склало +0,267, що свідчить про активні процеси сукцесії.

Результати аналізу змін NDVI і NDWI подані у вигляді таблиць (Додаток У та Додаток Ф), а також візуалізовані за допомогою діаграм змін по основних категоріях територій (Рис. 4.1).



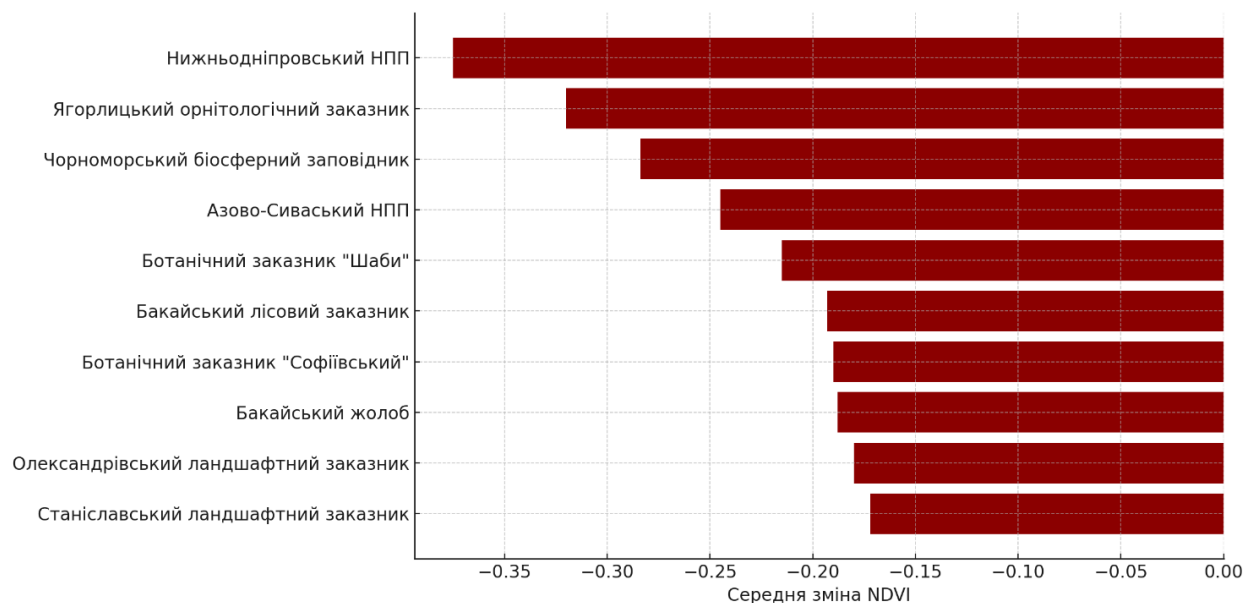
**Рис. 4.1.** Діаграма розподілу ПЗФ за класами змін

Таким чином, типологія екологічних змін дозволила виокремити чіткі просторові зони різного ступеня деградації чи відновлення екосистем ПЗФ Херсонської області, що є важливою основою для подальшого виділення зон критичної деградації та формування пріоритетів для відновлення.

## 4.2. Просторове виділення зон критичної деградації

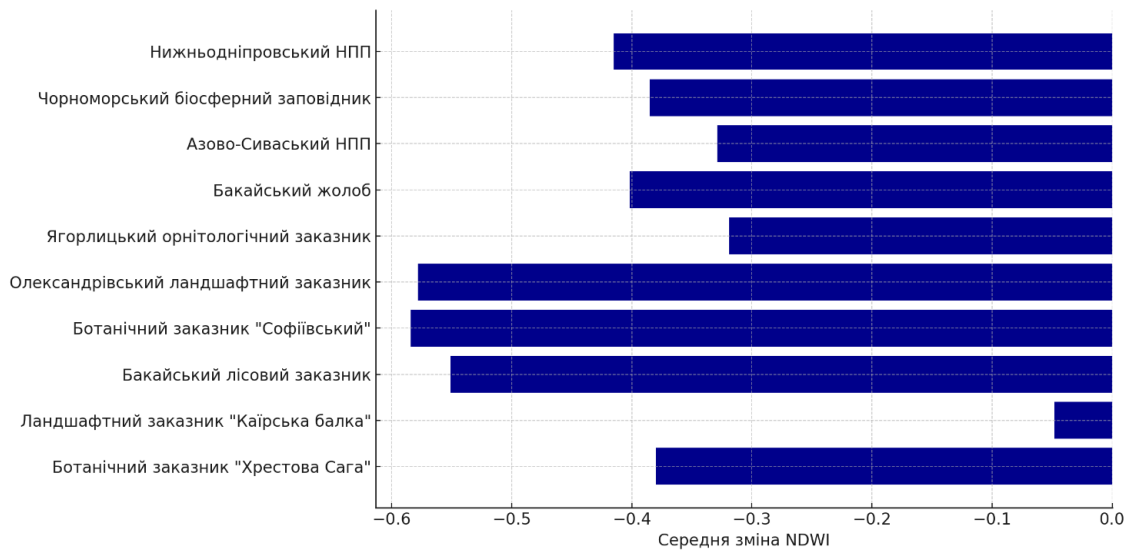
Результати індексного аналізу NDVI та NDWI дозволили виділити території природно-заповідного фонду Херсонської області, що зазнали найбільш істотних екологічних змін у період між 2018 та 2025 роками. На основі обчислення дельта-значень індексів та зональної статистики по об'єктах ПЗФ було сформовано узагальнені критерії для оцінки масштабів деградаційних процесів.

Для оцінки змін рослинного покриву застосовувався індекс NDVI, де негативні дельта-значення вказували на зниження вегетаційної активності. Найбільше зниження NDVI було зафіксоване на території Нижньодніпровського національного природного парку ( $-0,375$ ), Ягорлицького орнітологічного заказника ( $-0,320$ ) та Чорноморського біосферного заповідника ( $-0,284$ ). Ці об'єкти потрапили до групи найбільш вразливих до деградації рослинного покриву (Рис. 4.2).



**Рис. 4.2. Об'єкти з найвищим рівнем деградації NDVI**

Аналогічно для водонасичення територій застосовувався індекс NDWI. Найбільше осушення фіксувалося у Нижньодніпровському НПП ( $-0,415$ ), Чорноморському біосферному заповіднику ( $-0,385$ ) та Азово-Сиваському національному природному парку ( $-0,329$ ). Таким чином, було ідентифіковано ключові об'єкти, які втратили водно-болотні екосистеми (Рис. 4.3.).



**Рис. 4.3. 10 об'єктів із найбільшим зниженням NDWI**

Для комплексної оцінки просторової структури змін було здійснено типологізацію ПЗФ за величиною змін індексів:

*Таблиця 4.1*

**Типологізація ПЗФ за величиною змін індексів**

Клас змін	Діапазон NDVI	дельта- NDVI	Діапазон NDWI	дельта- NDWI
Сильна деградація	< -0,25		< -0,30	
Помірна деградація	-0,25 до -0,10		-0,30 до -0,10	
Мінімальні зміни	-0,10 до +0,10		-0,10 до +0,10	
Покращення екологічного стану	> +0,10		> +0,10	

У результаті типологізації об'єктів природно-заповідного фонду Херсонської області за величиною змін індексів вегетації (NDVI) та вологості (NDWI) було складено зведену класифікацію і проведено візуалізацію її результатів у вигляді кругових діаграм.



**Рис. 4.4. Розподіл об'єктів ПЗФ за класами змін (NDVI)**



**Рис. 4.5. Розподіл об'єктів ПЗФ за класами змін (NDWI)**

За підсумками аналізу встановлено, що понад 60% об'єктів ПЗФ Херсонської області зазнали різного ступеня деградації рослинного покриву або водного режиму. Близько 20% територій залишилися без істотних змін, а позитивні тенденції виявлені лише у 5–10% об'єктів, що вказує на надзвичайно складну екологічну ситуацію в регіоні.

Таким чином, просторове виділення зон критичної деградації дозволило обґрунтувати необхідність подальшого моніторингу та розробки пріоритетних заходів з реабілітації природно-заповідних територій.

#### **4.3. Висновки щодо необхідності подальшого моніторингу змін стану ПЗФ**

Проведений аналіз супутникових індексів NDVI та NDWI на території природно-заповідного фонду Херсонської області за період 2018–2025 років виявив значні просторові зміни, що стали наслідком воєнних дій, порушення гідрологічного режиму та деградаційних процесів. Просторове моделювання дозволило ідентифікувати об'єкти з найбільш істотними екологічними змінами, серед яких Нижньодніпровський національний природний парк, Чорноморський біосферний заповідник, Азово-Сиваський національний природний парк та інші.

Виявлені типи змін (осушення водно-болотних угідь, деградація рослинності, локальне відновлення екосистем) свідчать про складну й неоднорідну динаміку стану природоохоронних територій. Це підкреслює необхідність подальшого супутникового моніторингу з використанням мультиспектральних даних Sentinel-2 та індексного аналізу за NDVI і NDWI.

Доцільним є впровадження регулярного картографічного спостереження зі встановленням фіксованих періодів оцінки – наприклад, навесні та восени кожного року. Такий підхід дозволить вчасно виявляти нові деградаційні процеси, оцінювати ефективність природного відновлення або визначати необхідність залучення реабілітаційних заходів.

Водночас слід зауважити, що в умовах триваючої війни реалізація повноцінних заходів із реабілітації природно-заповідних територій є об'єктивно обмеженою. небезпека мінування, руйнування інфраструктури та відсутність безпечного доступу до низки об'єктів істотно ускладнюють проведення польових робіт і виконання відновлювальних заходів. У цих умовах пріоритет набуває саме супутниковий моніторинг, який дозволяє

дистанційно фіксувати зміни та накопичувати дані для подальшого відновлення після завершення бойових дій.

Особливої уваги заслуговують ті об'єкти ПЗФ, які за результатами аналізу потрапили до категорії сильної деградації за дельта-значеннями індексів. Для них доцільним є не лише супутникове спостереження, але й підготовка окремих планів реабілітаційних заходів, що будуть реалізовані після відновлення стабільності в регіоні.

Таким чином, результати роботи формують підґрунтя для подальших досліджень, спрямованих на постійний моніторинг та планування заходів зі збереження і відновлення природоохоронних територій у майбутньому.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра було здійснено комплексне картографічне дослідження наслідків збройної агресії Російської Федерації для природно-заповідного фонду Херсонської області з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Основним інформаційним джерелом виступили мультиспектральні супутникові знімки Sentinel-2 за період 2018 – 2025 років, а для обробки даних використано інструменти середовища QGIS.

У процесі роботи були виконані наступні завдання:

– Проведено аналіз структури, функцій та просторового розміщення об'єктів природно-заповідного фонду Херсонської області, а також огляд міжнародних природоохоронних ініціатив (зокрема Смарагдової мережі);

– Досліджено вплив збройної агресії РФ на екосистеми ПЗФ, включно з екологічними наслідками підриву Каховської гідроелектростанції;

– Теоретично обґрунтовано підходи до супутникового моніторингу стану довкілля, особливості застосування індексів NDVI та NDWI для оцінки змін рослинності та водного балансу територій;

– Підготовлено та оброблено просторові дані: створено маску кордону області, межі районів, територіальних громад, об'єктів ПЗФ та Смарагдової мережі;

– Виконано створення серії тематичних карт за індексами NDVI і NDWI, карт змін ("було/стало") та розрахунок дельта-індексів, що дозволило просторово оцінити масштаби деградаційних процесів.

– На основі зонального аналізу змін індексів було встановлено, що більшість об'єктів природно-заповідного фонду зазнали суттєвої деградації. Зокрема, найгірша динаміка зафіксована у Нижньодніпровському національному природному парку, Чорноморському біосферному заповіднику та Азово-Сиваському національному природному парку. Водночас на окремих

територіях, таких як НПП "Кам'янська Січ", спостерігалися ознаки часткового природного відновлення.

Важливим висновком є те, що в умовах триваючих бойових дій повноцінне проведення заходів з екологічного відновлення на цих територіях є практично неможливим через небезпеку мінування, руйнування інфраструктури та обмеження доступу. Саме тому ключову роль на сучасному етапі відіграє організація постійного дистанційного моніторингу змін екосистем за допомогою даних ДЗЗ.

Перспективи подальшого застосування результатів роботи:

- Моніторинг стану довкілля в реальному часі із застосуванням індексів NDVI та NDWI;
- Просторове виявлення зон критичної деградації для пріоритетного планування відновлювальних заходів після завершення бойових дій;
- Інтеграція отриманих картографічних даних у регіональні екологічні плани та програми моніторингу;
- Розробка автоматизованих систем спостереження на базі ГІС і супутникових даних, із залученням машинного навчання для підвищення точності оцінок (особливо за NDVI/NDWI-аналітикою);
- Подальший розвиток методик картографування змін довкілля через залучення даних високої просторової роздільної здатності.

Результати виконаної роботи підтвердили ефективність використання супутникових даних та геоінформаційних систем для оцінки екологічних змін на природоохоронних територіях у кризових умовах. Отримані карти, таблиці та просторові моделі змін можуть стати основою для довгострокового планування заходів зі збереження біорізноманіття та сталого розвитку ПЗФ у післявоєнний період.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 № 2456-ХІІ : станом на 4 квіт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 06.05.2025).
2. Атлас об'єктів природно-заповідного фонду України. *Природно-заповідний фонд України*. URL: <https://pzf.land.kiev.ua/> (дата звернення: 06.04.2025).
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році : Нац. доп. Київ : М-ВО ЗАХ. ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОД. РЕСУРСІВ УКРАЇНИ, 2021. 514 с.
4. Головна. *Національна академія аграрних наук України БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК «АСКАНІЯ-НОВА» імені Ф. Е. Фальц-Фейна*. URL: <https://askania-nova-zapovidnik.gov.ua/> (дата звернення: 19.04.2025).
5. Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі: Конвенція Ради Європи від 19.09.1979: станом на 29 жовт. 1996 р. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_032#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_032#Text) (дата звернення: 06.05.2025).
6. Екологи: території "Смарагдової мережі" Закарпаття не можуть бути будівельними майданчиками. *Новини Закарпаття онлайн*. URL: <https://zakarpatya.net.ua/News/181393-Ekologhy:-terytorii-Smarahdovoi-merezhi-Zakarpattia-ne-mozhut-but-y-budivelnymy-maidanchykamy> (дата звернення: 25.04.2025).
7. *SCGIS UA*. URL: <https://scgis.org.ua/app/pzf-osm/> (дата звернення: 30.04.2025).
8. Man and the Biosphere Programme (MAB). *UNESCO*. URL: <https://www.unesco.org/en/mab/wnbr/about> (date of access: 01.05.2025).
9. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/> (дата звернення: 26.04.2025).

10. Понад 20% природоохоронних територій України уражені війною. *Херсонська обласна рада – офіційний веб-сайт*. URL: <https://khor.gov.ua/2023/11/08/36359/> (дата звернення: 06.05.2025).
11. Наслідки російського екоциду для довкілля Херсонщини. *Херсонська обласна державна адміністрація*. URL: <https://khoda.gov.ua/naslidki-rosijskogo-ekocidu-dlja-dovkillja-hersonshhini> (дата звернення: 29.04.2025).
12. Заповіднику на Херсонщині через війну завдано 5 мільярдів гривень збитків. *ЕкоПолітика*. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/zapovidniku-na-hersonshhini-cherez-vijnu-zavdano-5-milyardiv-griven-zbitkiv/> (дата звернення: 06.05.2025).
13. Підрив дамби Каховської ГЕС – це найбільший акт екоциду, який росія вчинила з початку повномасштабного вторгнення в Україну. *Державне агентство водних ресурсів України*. URL: <https://davr.gov.ua/news/pidriv-dambi-кахovskoi-ges--ce-najbilshij-akt-ekocidu-yakij-rosiya-vchinila-z-pochatku-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-v-ukrainu> (дата звернення: 26.04.2025).
14. *Державна екологічна інспекція України*. URL: <https://dei.gov.ua/> (дата звернення: 16.04.2025).
15. Lillesand T. M. Remote sensing and image interpretation. 5th ed. New York, NY : John Wiley & Sons, 2002. 763 p.
16. About Copernicus. *Copernicus*. URL: <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus> (date of access: 01.05.2025).
17. Huete A. R. Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring. *Geography Compass*. 2012. Vol. 6, no. 9. P. 513–532. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2012.00507.x> (date of access: 25.04.2025).
18. Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition. Guilford Publications, 2011. 667 p.
19. McFEETERS S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 1996. Vol. 17, no. 7. P. 1425–1432. URL: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714> (date of access: 25.04.2025).

20. Gao B.-c. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. Vol. 58, no. 3. P. 257–266. URL: [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(96)00067-3) (date of access: 25.04.2025).
21. Principles of geographical information systems / Peter A. Burrough and Rachael A. McDonnell. / ed. by M. R. A. Oxford : Oxford University Press. 333 p.
22. Spatial without Compromise. *QGIS*. URL: <https://qgis.org/> (date of access: 02.05.2025).
23. EO-Browser. *Sentinel-hub EO-Browser*. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (date of access: 06.05.2025).
24. OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=6/47.44/40.32> (date of access: 06.05.2025).
25. DeepStateMAP. *DeepStateMap*. URL: <https://deepstatemap.live/> (date of access: 25.04.2025).
26. Геоінформаційні системи і бази даних. Книга 1 : Монографія / В. І. Зацерковний та ін. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
27. Обробка фотографій. *IMG online*. URL: <https://www.imgonline.com.ua/> (дата звернення: 06.05.2025).
28. Geographic Information Systems and Science / P. A. Longley et al. John Wiley & Sons, 2001. 472 p.
29. SENTINEL-2 User Handbook. ESA Copernicus, 2015. 64 p.
30. QGIS User Guide – QGIS Documentation documentation. *QGIS resources QGIS Web Site*. URL: [https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user\\_manual/](https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/) (date of access: 06.05.2025).
31. SINGH A. Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*. 1989. Vol. 10, no. 6. P. 989–1003. URL: <https://doi.org/10.1080/01431168908903939> (date of access: 27.04.2025).
32. Raveneau J. Burrough, P. A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Ressources Assessment. Oxford, Oxford University Press, 193 p.

*Cahiers de géographie du Québec*. 1988. Vol. 32, no. 85. P. 76. URL:  
<https://doi.org/10.7202/021932ar> (date of access: 27.04.2025).

## ДОДАТКИ

Додаток А

## Перелік пам'яток природи місцевого значення Херсонської області

Назва	Категорія	Площа (га)	Дата створення	Підстава	Район
Бехтерський дубовий гай	Ботанічна	3	1970.06.11	Рішення облради № 257/11	Скадовський
Білозерські джерела	Гідрологічна	0.04	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Херсонський
Віковий дуб	Ботанічна	0.01	1972.03.02	Рішення облради № 100/4	Херсонський
Віковий дуб	Ботанічна	0.01	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Херсонський
Вікові дуби	Ботанічна	0.03	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Вікові платани	Ботанічна	0.10	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Каховський
Вікові сосни	Ботанічна	0.7	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Деревостій акації білої	Ботанічна	3	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Херсонський
Джерело Шилової балки	Гідрологічна	0.01	1983.08.19	Рішення облради № 441/16	Каховський
Дуб на Інтенсивці	Ботанічна	0.02	1970.06.11	Рішення облвиконкому № 257/II	Херсонський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.01	1999.04.08	Рішення облради № 81	Скадовський

Дуб черешчатий	Ботанічна	0.02	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.02	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.03	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.02	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.02	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.01	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Херсонський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.01	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Херсонський
Дуб черешчатий	Ботанічна	0.01	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Херсонський
Дуб черешчатий (подвійний)	Ботанічна	0.01	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Козацьке джерело	Гідрологічна	0.02	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Каховський
Кринківське поселення бобрів	Зоологічна	5	1975.12.04	Рішення облради № 651/24	Херсонський
Куртина вікових дубів	Ботанічна	0.10	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Херсонський

Куртина дубів	Ботанічна	0.5	1975.01.04	Рішення облради № 651/24	Скадовський
Меморіальні дуби	Ботанічна	0.03	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Каховський
Микільське поселення змій	Зоологічна	4	1979.01.11	Рішення облради № 14/1	Херсонський
Понятівське поселення змій	Зоологічна	5	1979.01.11	Рішення облради № 14/1	Херсонський
Тополі	Ботанічна	0.13	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Федорівська печера	Геологічна	0.5	1979.01.11	Рішення облради № 14/1	Херсонський
Частина озера Гопри	Гідрологічна	5	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський

### Перелік заповідних урочищ Херсонської області

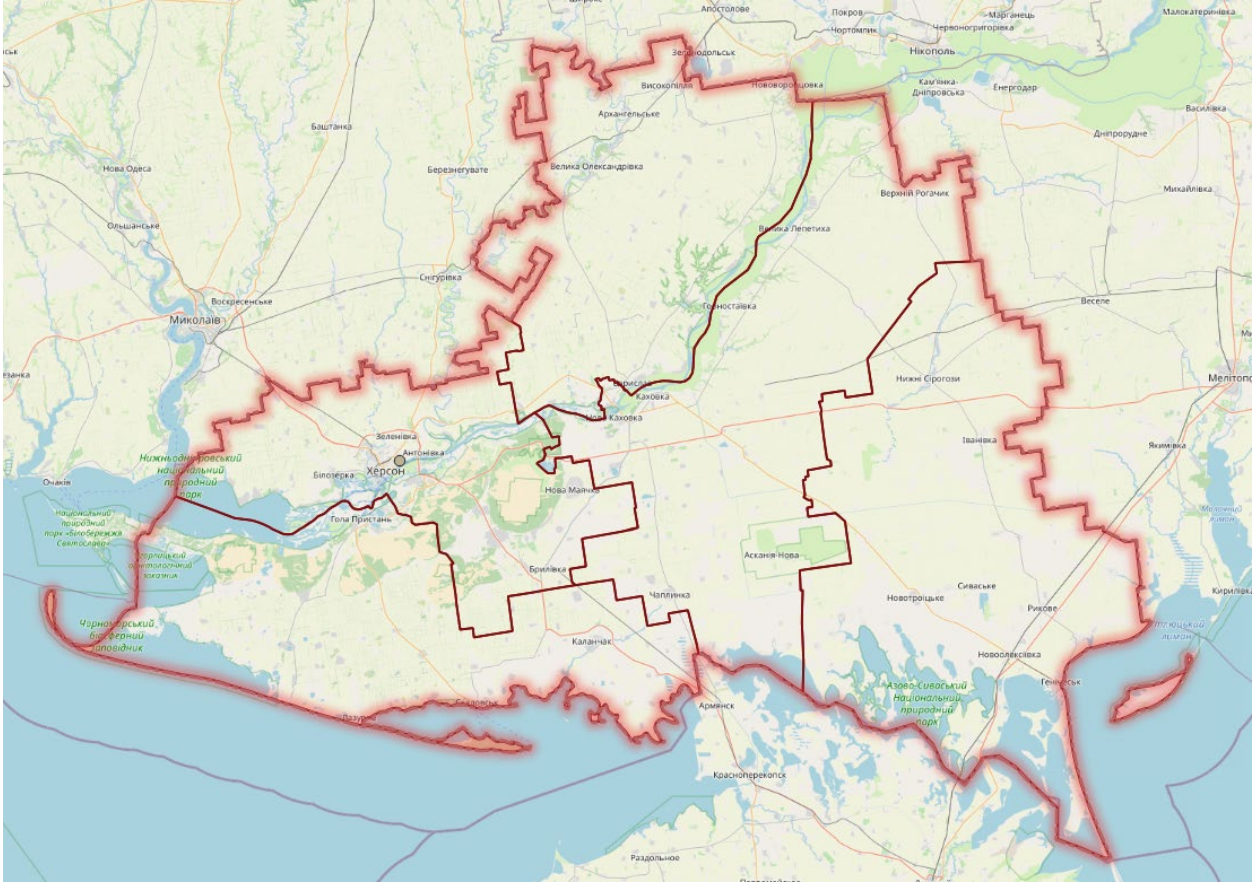
Назва	Площа (га)	Дата створення	Підстава	Район
Агайманське урочище	25	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Генічеський
Архангельський ліс	30	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Бериславський
Голопристанський акацієвий ліс	42	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Ліс Летючі піски	110	1964.04.22	Рішення облради № 238	Бериславський
Малокаховський бір	177	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Каховський
Недогірський ліс	216	1972.03.02	Рішення облради № 100/4	Бериславський
Новодмитрівський ліс	23	1972.03.02	Рішення облради № 100/4	Бериславський
Старозбур'ївський акацієвий ліс	14	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Скадовський
Стояни	15	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16	Бериславський
Цюрупинський сосновий бір	290	1972.03.02	Рішення облради № 100/4	Херсонський

## Перелік заказників місцевого значення Херсонської області

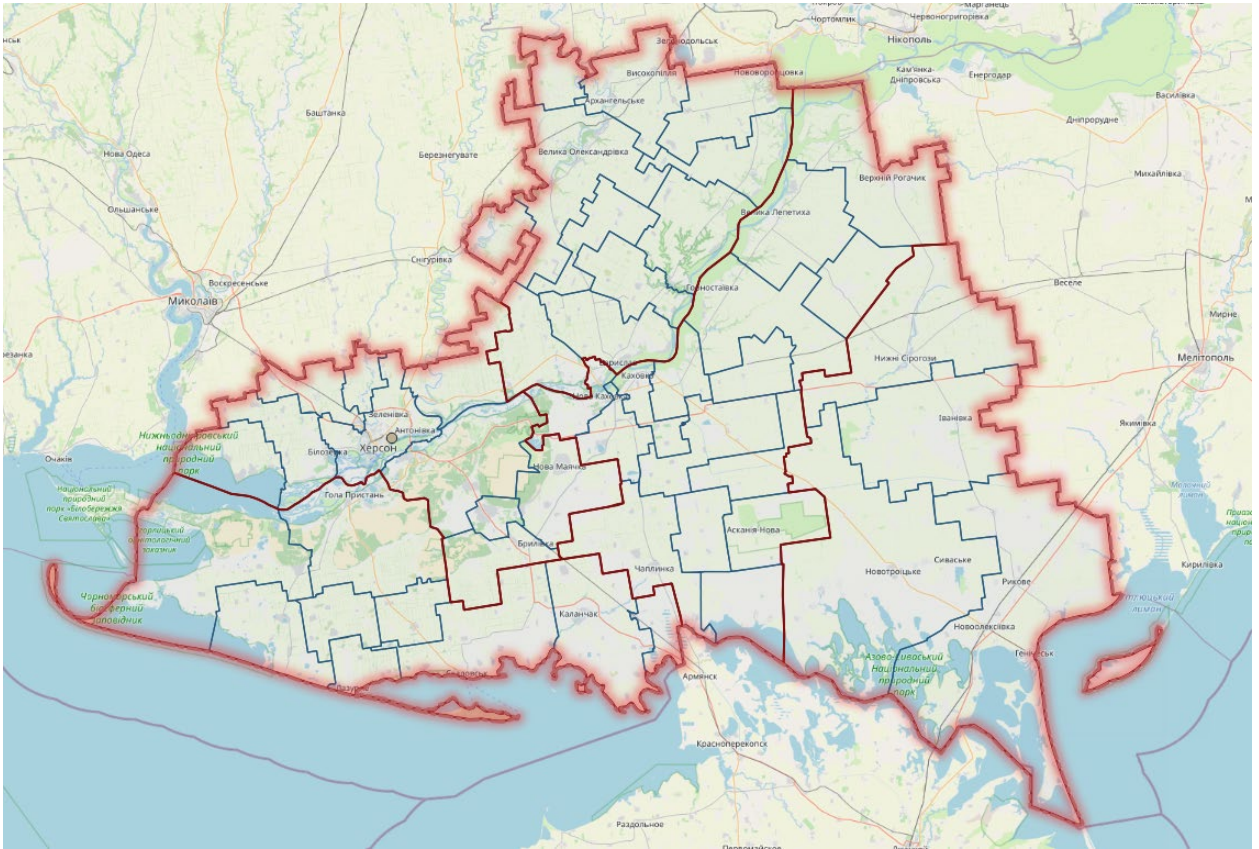
Назва	Категорія	Площа (га)	Дата створення	Підстава
Асканійський	Загальнозоологічний	17746.0	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16
Бакайський жолоб	Загальнозоологічний	1680	1978.03.03	Рішення облвиконкому № 160/5
Балка Великі Сірогози	Ландшафтний	636	2007.10.04	Рішення облради № 412
Боброве Озеро	Ландшафтний	50	2008.03.18	Рішення облради № 557
Думузла	Орнітологічний	1411.9	2000.12.22	Рішення облради № 326
Карадай	Ландшафтний	925.2	2020.10.16	Рішення облради № 1855
Каїрська балка	Ландшафтний	664.9	2001.07.26	Рішення облради № 424
Корсунський	Загальнозоологічний	3357	1978.03.03	Рішення облвиконкому № 160/5
Острів Каланчак	Орнітологічний	1730	2020.10.16	Рішення облради № 1855
Софіївський	Ботанічний	194	1998.06.25	Рішення облради № 27
Хрестова сага	Ботанічний	30	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16
Шаби	Ботанічний	20	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16
Широка балка	Ботанічний	116	1998.06.25	Рішення облради № 27
Інгулець	Ландшафтний	937	1978.03.03	Рішення облвиконкому № 160/5
Інгулецький лиман	Ботанічний	50	1983.08.19	Рішення облвиконкому № 441/16



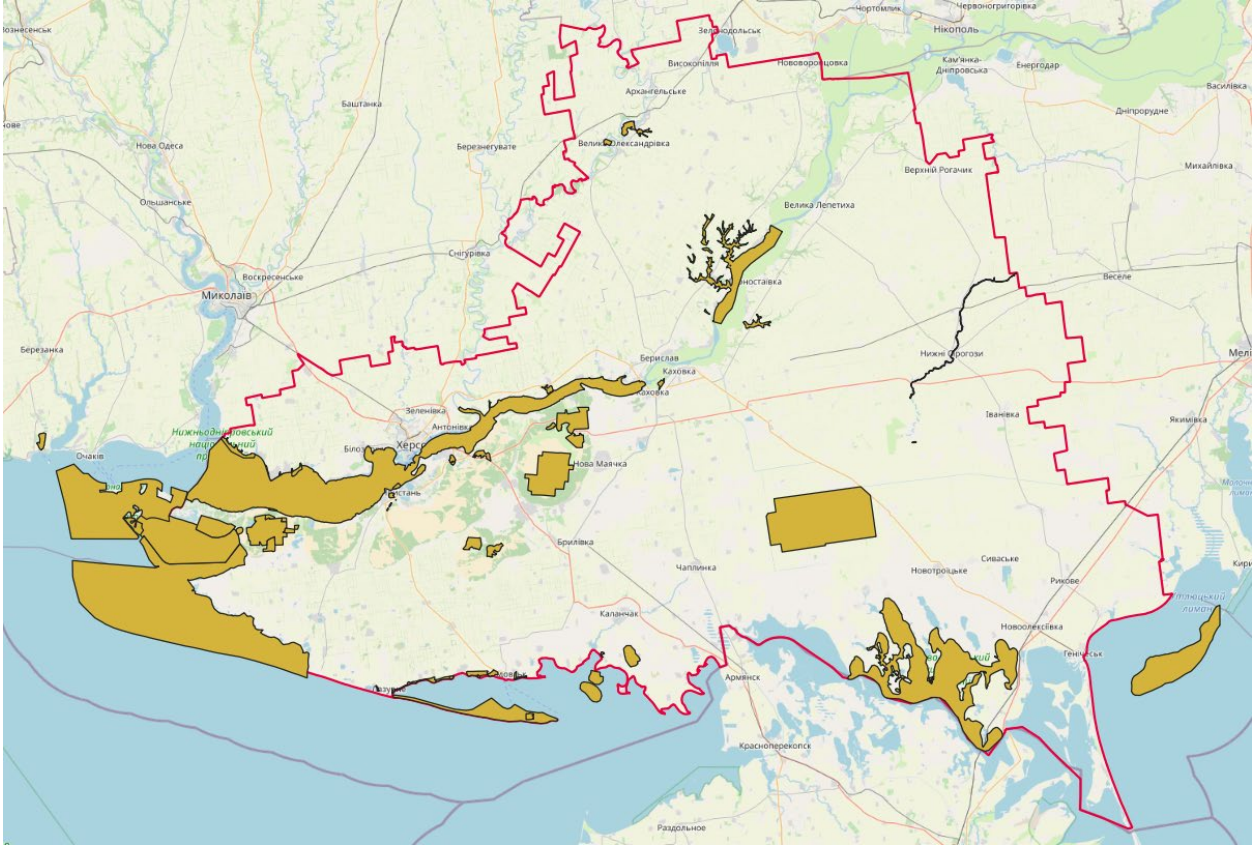
### Векторний шар кордону області та межі районів в QGIS



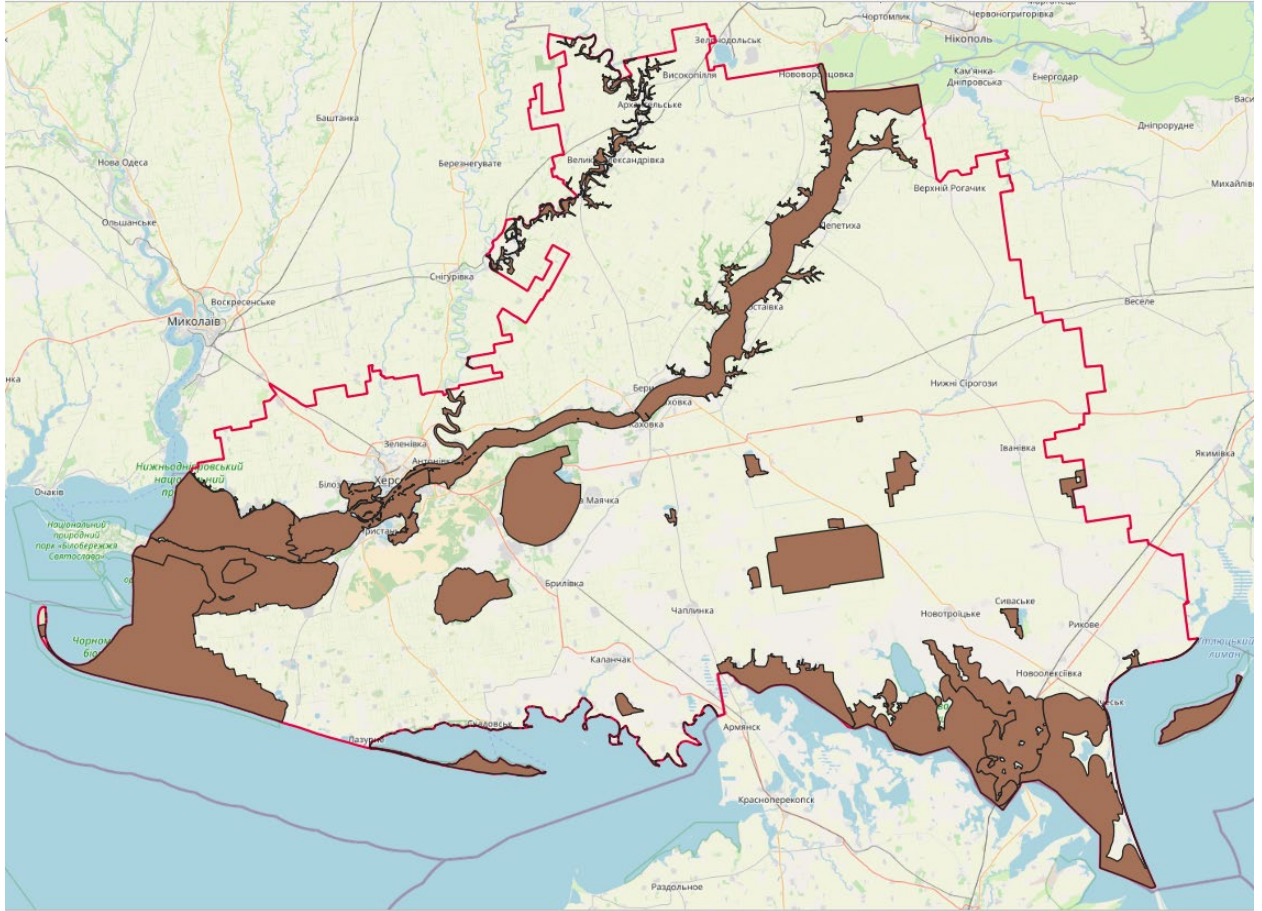
### Векторний шар кордону області, межі районів та межі територіальних громад в QGIS



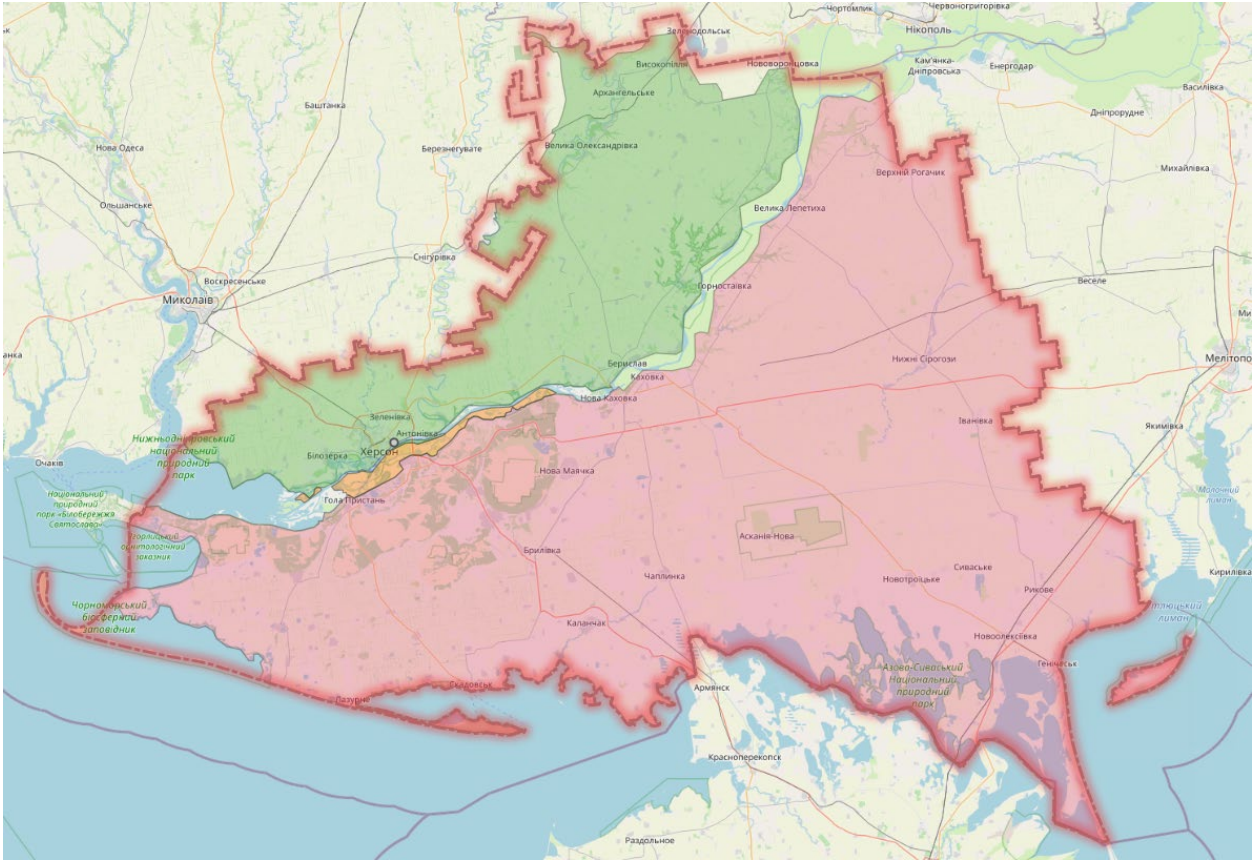
### Векторний шар меж об'єктів ПЗФ Херсонської області



### Векторний шар територій Смарагдової мережі в межах Херсонської області



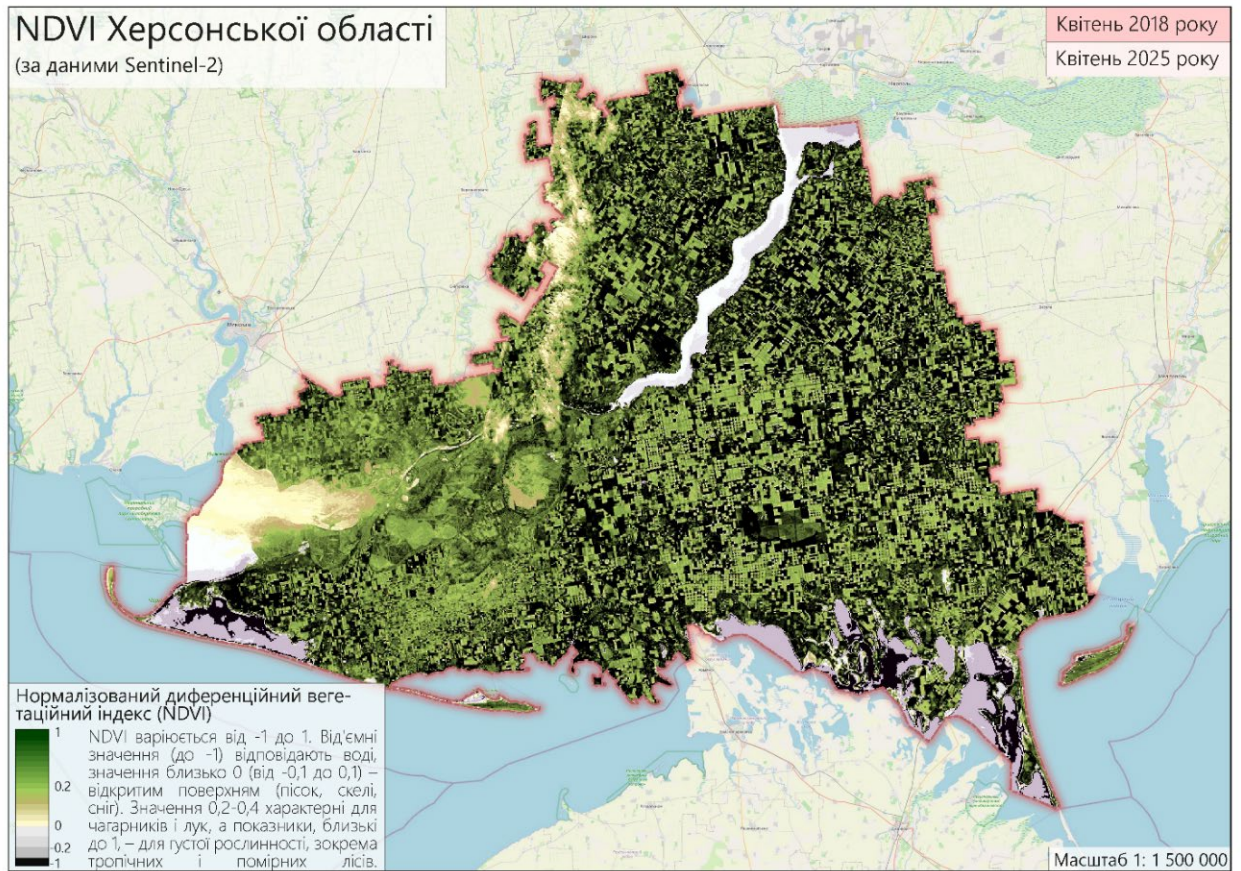
# Оцифровані межі контролю територій за даними DeepStateMap станом на квітень 2025 року



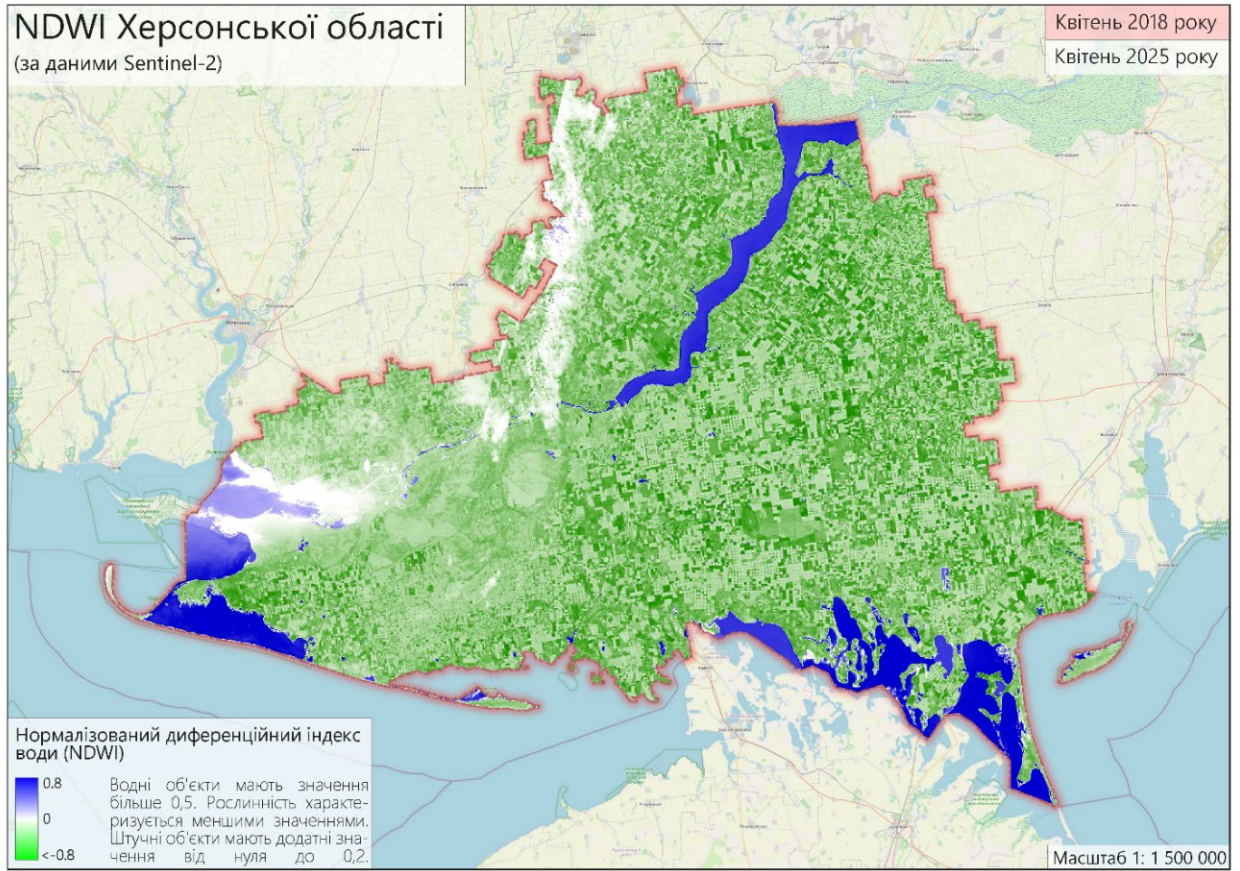
## Фрагмент атрибутивної таблиці векторного шару об'єктів природно-заповідного фонду Херсонської області

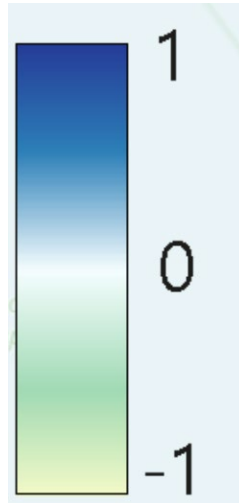
	type	id	tags	Тип П
1	relation	9890402	Чорноморський біосферний заповідник	Біосферний заповідник
2	way	963912474	Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	Біосферний заповідник
3	relation	4856142	Лісовий заказник загальнодержавного значення «Березові колки»	Заказник
4	relation	9733241	Карадай заказник	Заказник
5	relation	9890853	Ягорлицький орнітологічний заказник	Заказник
6	relation	9890866	Ботанічний заказник «Хрестова Сага»	Заказник
7	relation	10016077	Бакайський лісовий заказник	Заказник
8	relation	10016078	Загальнозоологічний заказник «Бакайський жолоб»	Заказник
9	relation	13470277	Станіславський ландшафтний заказник"	Заказник
10	relation	13483446	Ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Великі Сірогози»	Заказник
11	way	342276043	Ботанічний заказник «Джарилгацький»	Заказник
12	way	342276044	Ботанічний заказник «Софіївський»	Заказник
13	way	342276050	Ботанічний заказник «Шаби»	Заказник
14	way	342276054	Ботанічний заказник «Широка балка»	Заказник
15	way	342276061	Загальнозоологічний заказник «Корсунський»	Заказник
16	way	342276062	Ландшафтний заказник «Боброве озеро»	Заказник
17	way	342276064	Олександрівський ландшафтний заказник	Заказник
18	way	956944377	Орнітологічний заказник місцевого значення «Думузла»	Заказник
19	way	961515969	Ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Урочище Саги»	Заказник
20	way	961526837	Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Озеро Соляне»	Заказник
21	way	1006609338	Ландшафтний заказник місцевого значення «Інгулець»	Заказник

**Фрагмент динамічної карти зміни NDVI у 2018–2025 рр. (Карта за 2018 рік)**



**Фрагмент динамічної карти зміни NDWI у 2018–2025 рр. (Карта за 2018 рік)**



**Легенда кольорової шкали для індексних карт змін NDVI / NDWI**

## Атрибутивна таблиця зонального аналізу змін NDVI для об'єктів ПЗФ (фрагмент)

Зональна статистика NDVI — всего объектов: 43, отфильтровано: 43, выделено: 0

	fid	type	id	tags	relation	meta	_NDVIcount	_NDVIsum	_NDVImean
2	24	way	486849592	База ПНДВ "Олешківські піски"	NULL	{}	0,77311925695...	-0,14217943359...	-0,18390362459...
3	7	relation	10016077	Бакайський лісовий заказник	NULL	{}	93	40,4400003552...	0,43483871349...
4	38	way	963912474	Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	NULL	{}	5023	214,1699999089...	0,04263786563...
5	35	way	961526840	Ботанічна пам'ятка природи місцевого зн...	NULL	{}	0,12458590111...	0,03862162964...	0,3100000238...
6	16	way	342276043	Ботанічний заказник «Джарилгацький»	NULL	{}	47	-3,10999995470...	-0,06617021180...
7	17	way	342276044	Ботанічний заказник «Софіївський»	NULL	{}	46	13,3300000429...	0,28978260962...
8	6	relation	9890866	Ботанічний заказник «Хрестова Сага»	NULL	{}	35	16,2200003266...	0,46342858076...
9	18	way	342276050	Ботанічний заказник «Шаби»	NULL	{}	12	7,58000004291...	0,63166667024...
10	19	way	342276054	Ботанічний заказник «Широка балка»	NULL	{}	4	2,13999998569...	0,53499999642...
11	23	way	369637510	Великий Чапельський під	NULL	{}	360	-8,55999994650...	-0,02377777762...
12	32	way	961526837	Гідрологічний заказник загальнодержавн...	NULL	{}	22	3,28999990224...	0,14954545010...
13	8	relation	10016078	Загальнозоологічний заказник «Бакайськ...	NULL	{}	272	118,820001602...	0,43683824118...
14	20	way	342276061	Загальнозоологічний заказник «Корсунсь...	NULL	{}	515	-22,9799998812...	-0,04462135899...
15	40	way	1006607297	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	5	-1,83999997377...	-0,36799999475...
16	33	way	961526838	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	4	1,31999999284...	0,32999999821...
17	34	way	961526839	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	2,49650101439...	0,13082185809...	0,05240208489...
18	28	way	956928580	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	28	-4,21000003814...	-0,15035714421...
19	39	way	964729866	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	34	7,33999991044...	0,21588235030...
20	26	way	956695326	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	10	-0,55000001192...	-0,05500000119...
21	27	way	956880889	Заповідне урочище місцевого значення «...	NULL	{}	30	0,68999999761...	0,02299999992...
22	3	relation	9733241	Карадай заказник	NULL	{}	14	-0,68999999761...	-0,04928571411...

## Атрибутивна таблиця зонального аналізу змін NDWI для об'єктів ПЗФ (фрагмент)

Зональнастат\_NDWI — всего объектов: 43, отфильтровано: 43, выделено: 0

	type	id	tags	lat	meta	_NDWIcount	_NDWIsun	_NDWImean
1	relation	4856140	Азово-Сиваський Національний природний парк	NULL	{}	7917,000000000...	-1481,67355293...	-0,18715088454...
2	way	486849592	База ПНДВ "Олешківські піски"	NULL	{}	0,77311925695...	0,19256527694...	0,24907577352...
3	relation	10016077	Бакайський лісовий заказник	NULL	{}	93,00000000000...	-40,4009035527...	-0,43441831777...
4	way	963912474	Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	NULL	{}	5023,000000000...	1344,37479460...	0,26764379745...
5	way	961526840	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Вікові сосни»	NULL	{}	0,12458590111...	0,00586130517...	0,04704629593...
6	way	342276043	Ботанічний заказник «Джарилгацький»	NULL	{}	47,00000000000...	13,5334281325...	0,28794527941...
7	way	342276044	Ботанічний заказник «Софіївський»	NULL	{}	46,00000000000...	-18,6291154623...	-0,40498077091...
8	relation	9890866	Ботанічний заказник «Хрестова Сага»	NULL	{}	35,00000000000...	-9,74667555093...	-0,27847644431...
9	way	342276050	Ботанічний заказник «Шаби»	NULL	{}	12,00000000000...	-5,82257333397...	-0,48521444449...
10	way	342276054	Ботанічний заказник «Широка балка»	NULL	{}	4,00000000000...	-0,66815420985...	-0,16703855246...
11	way	369637510	Великий Чапельський під	NULL	{}	360,000000000...	138,076077640...	0,38354466011...
12	way	961526837	Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Озеро Соляне»	NULL	{}	22,00000000000...	-4,33180126547...	-0,19690005752...
13	relation	10016078	Загальнозоологічний заказник «Бакайський жолоб»	NULL	{}	272,000000000...	-83,0919175744...	-0,30548499108...
14	way	342276061	Загальнозоологічний заказник «Корсунський»	NULL	{}	515,000000000...	159,271882891...	0,30926579202...
15	way	1006607297	Заповідне урочище місцевого значення «Агайманське урочище»	NULL	{}	5,00000000000...	2,93398666381...	0,58679733276...
16	way	961526838	Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий л...	NULL	{}	4,00000000000...	0,17980051040...	0,04495012760...
17	way	961526839	Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий л...	NULL	{}	2,49650101439...	0,69768180624...	0,27946385850...
18	way	956928580	Заповідне урочище місцевого значення «Малокаховський бір»	NULL	{}	28,00000000000...	11,9123712778...	0,42544183135...
19	way	964729866	Заповідне урочище місцевого значення «Недогірський ліс»	NULL	{}	34,00000000000...	6,04834759235...	0,17789257624...
20	way	956695326	Заповідне урочище місцевого значення «Цюрупинський сосновий бір»	NULL	{}	10,00000000000...	3,21546769142...	0,32154676914...

Таблиця середніх змін NDWI за об'єктами природно-заповідного фонду

Назва ПЗФ	$\overline{NDWI}_{count}$	$\overline{NDWI}_{sum}$	$\overline{NDWI}_{mean}$	Інтерпретація результатів
Азово-Сиваський Національний природний парк	7917	-1481.673	-0.18715088454	Істотне осушення
База ПНДВ "Олешківські піски"	0.773	0.1925652	0.24907577352	Значне затоплення
Бакайський лісовий заказник	93	-40.40090	-0.43441831777	Істотне осушення
Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	5023	1344.374	0.267643797452	Значне затоплення
Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Вікові сосни»	0.124	0.0058613	0.047046295938	Локальне підтоплення
Ботанічний заказник «Джарилгацький»	47	13.533428	0.287945279415	Значне затоплення
Ботанічний заказник «Софіївський»	46	-18.62911	-0.40498077091	Істотне осушення
Ботанічний заказник «Хрестова Сага»	35	-9.746675	-0.27847644431	Істотне осушення
Ботанічний заказник «Шаби»	12	-5.822573	-0.48521444449	Істотне осушення
Ботанічний заказник «Широка балка»	4	-0.668154	-0.16703855246	Істотне осушення
Великий Чапельський під	360	138.07607	0.38354466011	Значне затоплення
Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Озеро Соляне»	22	-4.331801	-0.19690005752	Істотне осушення
Загальнозоологічний заказник «Бакайський жолоб»	272	-83.09191	-0.30548499108	Істотне осушення
Загальнозоологічний заказник «Корсунський»	515	159.27188	0.30926579202	Значне затоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Агайманське урочище»	5	2.9339866	0.586797332763	Значне затоплення

Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий ліс»	4	0.1798005	0.04495012760	Локальне підтоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий ліс»	2.496	0.6976818	0.279463858506	Значне затоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Малокаховський бір»	28	11.912371	0.425441831350	Значне затоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Недогірський ліс»	34	6.0483475	0.177892576245	Значне затоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Цюрупинський сосновий бір»	10	3.2154676	0.321546769142	Значне затоплення
Заповідне урочище місцевого значення «Цюрупинський сосновий бір»	30	9.3105225	0.310350751876	Значне затоплення
Карадай заказник	14	6.0685519	0.433467996971	Значне затоплення
Ландшафтний заказник «Боброве озеро»	22	1.0750719	0.048866907303	Локальне підтоплення
Ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Урочище Саги»	77	15.968929	0.207388699828	Значне затоплення
Ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Великі Сірогози»	103	36.059463	0.350091877926	Значне затоплення
Ландшафтний заказник місцевого значення «Інгулець»	143	58.901702	0.411900014310	Значне затоплення
Ландшафтний заказник місцевого значення «Каїрська балка»	105	32.017760	0.304931054796	Значне затоплення
Ландшафтний заказник місцевого значення «Карадай»	14	6.0685519	0.433467996971	Значне затоплення
Лісовий заказник загальнодержавного	215	18.951394	0.088146022447	Локальне підтоплення

значення «Березові колки»				
Національний природний парк «Білобережжя Святослава»	0.961	-0.459519	-0.47815668865	Істотне осушення
Національний природний парк «Олешківські піски»	1637	237.94207	0.145352520826	Значне затоплення
Національний природний парк «Олешківські піски»"	160	13.795989	0.086224934086	Локальне підтоплення
Національний природний парк загальнодержавного значення «Джарилгацький»	1061	176.78214	0.166618420016	Значне затоплення
Національний природний парк загальнодержавного значення «Джарилгацький»	9	2.3008616	0.255651295185	Значне затоплення
Національний природний парк загальнодержавного значення «Кам'янська Січ»	1855	-33.56605	-0.01809491068	Легке осушення
Нижньодніпровський національний природний парк	12331	-4630.205	-0.37549311895	Істотне осушення
Олександрівський ландшафтний заказник	153	-63.59237	-0.41563642005	Істотне осушення
Орнітологічний заказник місцевого значення «Думузла»	210	48.73677	0.23207985936	Значне затоплення
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Парк Софіївський»	10	4.914483	0.491448330879	Значне затоплення
Станіславський ландшафтний заказник"	98	-58.35480	-0.59545718893	Істотне осушення
Херсонський ботанічний сад	2	0.6638878	0.331943929195	Значне затоплення

Чорноморський біосферний заповідник	8882	-2816.022	-0.31704825407	Істотне осушення
Ягорлицький орнітологічний заказник	2135	-1751.132	-0.82020241075	Істотне осушення

Таблиця середніх змін NDVI за об'єктами природно-заповідного фонду

Назва ПЗФ	$\overline{NDVI}_{count}$	$\overline{NDVI}_{sum}$	$\overline{NDVI}_{mean}$	Інтерпретація результату
Азово-Сиваський Національний природний парк	7917	-2.6899976	-0.0003397748	Без істотних змін
База ПНДВ "Олешківські піски"	0.773	-0.1421794	-0.1839036245	Легка деградація рослинності
Бакайський лісовий заказник	93	40.4400003	0.43483871349	Покращення рослинного покриву
Біосферний заповідник "Асканія-Нова"	5023	214.169999	0.04263786563	Без істотних змін
Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Вікові сосни»	0.124	0.03862162	0.31000000238	Покращення рослинного покриву
Ботанічний заказник «Джарилгацький»	47	-3.1099999	-0.0661702118	Легка деградація рослинності
Ботанічний заказник «Софіївський»	46	13.3300000	0.28978260962	Покращення рослинного покриву
Ботанічний заказник «Хрестова Сага»	35	16.2200003	0.46342858076	Покращення рослинного покриву
Ботанічний заказник «Шаби»	12	7.58000004	0.63166667024	Покращення рослинного покриву
Ботанічний заказник «Широка балка»	4	2.13999998	0.53499999642	Покращення рослинного покриву
Великий Чапельський під	360	-8.5599999	-0.0237777776	Без істотних змін
Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Озеро Соляне»	22	3.28999990	0.14954545010	Локальне озеленення
Загальнозоологічний заказник «Бакайський жолоб»	272	118.820001	0.43683824118	Покращення рослинного покриву

Загальнозоологічний заказник «Корсунський»	515	-22.979999	-0.0446213589	Без істотних змін
Заповідне урочище місцевого значення «Агайманське урочище»	5	-1.8399999	-0.3679999947	Значна деградація рослинності
Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий ліс»	4	1.31999999	0.32999999821	Покращення рослинного покриву
Заповідне урочище місцевого значення «Голопристанський акацієвий ліс»	2.496	0.13082185	0.05240208489	Локальне озеленення
Заповідне урочище місцевого значення «Малокаховський бір»	28	-4.2100000	-0.1503571442	Легка деградація рослинності
Заповідне урочище місцевого значення «Недогірський ліс»	34	7.33999991	0.21588235030	Покращення рослинного покриву
Заповідне урочище місцевого значення «Цюрупинський сосновий бір»	10	-0.5500000	-0.0550000011	Легка деградація рослинності
Заповідне урочище місцевого значення «Цюрупинський сосновий бір»	30	0.68999999	0.02299999992	Без істотних змін
Карадай заказник	14	-0.6899999	-0.0492857141	Без істотних змін
Ландшафтний заказник «Боброве озеро»	22	1.37999993	0.06272726980	Локальне озеленення
Ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Урочище Саги»	77	-1.6799998	-0.0218181803	Без істотних змін
Ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Великі Сірогози»	103	-0.7899999	-0.0076699025	Без істотних змін
Ландшафтний заказник місцевого значення «Інгулець»	143	-7.0799998	-0.0495104885	Без істотних змін

Ландшафтний заказник місцевого значення «Каїрська балка»	105	0.25000007	0.00238095312	Без істотних змін
Ландшафтний заказник місцевого значення «Карадай»	14	-0.6899999	-0.0492857141	Без істотних змін
Лісовий заказник загальнодержавного значення «Березові колки»	215	32.9000002	0.15302325681	Локальне озеленення
Національний природний парк «Білобережжя Святослава»	0.961	0.47421223	0.49344579033	Покращення рослинного покриву
Національний природний парк «Олешківські піски»	1637	-21.580000	-0.0131826517	Без істотних змін
Національний природний парк «Олешківські піски»	160	18.0500002	0.11281250156	Локальне озеленення
Національний природний парк загальнодержавного значення «Джарилгацький»	1061	-40.479999	-0.0381526858	Без істотних змін
Національний природний парк загальнодержавного значення «Джарилгацький»	9	0.81000000	0.09000000026	Локальне озеленення
Національний природний парк загальнодержавного значення «Кам'янська Січ»	1855	496.510016	0.26766038622	Покращення рослинного покриву
Нижньодніпровський національний природний парк	1233	2378.25002	0.19286757151	Локальне озеленення
Олександрівський ландшафтний заказник	153	38.1400002	0.24928104760	Покращення рослинного покриву
Орнітологічний заказник місцевого	210	-25.139999	-0.1197142847	Легка деградація рослинності

значення «Думузла»				
Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Парк Софіївський»	10	-1.5199999	-0.1519999980	Легка деградація рослинності
Станіславський ландшафтний заказник"	98	33.7300001	0.34418367488	Покращення рослинного покриву
Херсонський ботанічний сад	2	-0.1800000	-0.0900000035	Легка деградація рослинності
Чорноморський біосферний заповідник	8882	1828.25999	0.20583877413	Покращення рослинного покриву
Ягорлицький орнітологічний заказник	2135	614.770025	0.28794848960	Покращення рослинного покриву