

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В.Н. КАРАЗІНА**

**Факультет геології, географії, рекреації і туризму**

***Кафедра фізичної географії та картографії***

До захисту допустити  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ЛАНДШАФТІВ ДЛЯ ПОТРЕБ  
КАРТОГРАФУВАННЯ (НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ)  
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

Виконала: студентка 4-го курсу д.ф.н,  
групи ГК- 41  
спеціальність: 106 Географія  
освітня програма: Картографія, геоінформатика і  
кадастр

**Віолетта Миколаївна ВІЧЕВА**

Науковий керівник:

**доцент, к.пед.н. Катерина БОРИСЕНКО**

*Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою*

\_\_\_\_\_ Голова ЕК **Валентина РЕДІНА**

\_\_\_\_\_ Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Харків – 2025**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	4
<b>РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b>	6
1.1. Географічне положення та природно-кліматичні умови регіону	6
1.2. Основні типи ландшафтів Херсонської області	13
1.3. Вплив антропогенних факторів на формування ландшафтів	22
1.4. Екологічні проблеми та деградація природного середовища	24
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ НА ПРИКЛАДІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНДШАФТІВ</b>	27
2.1. Поняття та методи дистанційного зондування Землі	27
2.2. Використання геоінформаційних систем у дослідженні ландшафтів	31
2.3. Алгоритм обробки супутникових знімків для ландшафтного аналізу	35
2.4. Приклади виявлення змін у ландшафтах за допомогою дистанційного зондування Землі	39
<b>РОЗДІЛ 3. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ SENTINEL-2</b>	45
3.1. Огляд можливостей супутникової системи Sentinel-2	45
3.2. Спектральні характеристики знімків та їх значення для аналізу ландшафтів	48
3.3. Практичне застосування Sentinel-2 для моніторингу Херсонської області	50
3.4. Аналіз динаміки змін ландшафтів за даними Sentinel-2 (2015–2024 рр.)	55
3.5. Перспективи використання супутникових даних для потреб картографування ландшафтів	58
<b>ВИСНОВКИ</b>	65
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	67



## ВСТУП

Дистанційні методи дослідження надають дедалі більшого значення у вивченні поверхні Землі. Вони охоплюють широкий спектр галузей та сферу застосування, яка постійно розширюється. Перевагою аерокосмічних знімків є здатність одночасно відобразити всі потрібні компоненти географічної структури. Це робить їх незамінним інструментом для комплексних географічних досліджень.

Використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дає змогу оцінювати динаміку змін ландшафтів, виявляти проблемні зони, аналізувати екологічний стан території та прогнозувати можливості спостереження за змінами в природних системах. Особливістю дистанційних методів є можливість інтеграції отриманих даних у геоінформаційні системи (ГІС), що відкриває додаткові можливості для просторового моделювання та прийняття управлінських рішень.

Актуальність дослідження полягає в необхідності ефективного моніторингу ландшафтів у сучасних умовах, зокрема на територіях, що постраждали внаслідок воєнних дій. Херсонська область є одним із таких регіонів. Частина її території залишається тимчасово окупованою, що ускладнює проведення польових географічних обстежень. У цьому контексті дистанційні методи аналізу є найбезпечнішим, доступним і надійним способом дослідження ландшафтної ситуації в регіоні. Крім того, супутникові знімки, зокрема дані Sentinel-2, доступні у відкритому доступі, що робить дослідження малозатратним та придатним для оперативного оновлення.

Метою дипломної роботи є дослідження стану та змін ландшафтів Херсонської області з використанням методів дистанційного зондування Землі для створення актуальних картографічних матеріалів.

Об'єктом дослідження виступають ландшафти Херсонської області.

Предметом дослідження є дистанційний моніторинг і картографування ландшафтів.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати фізико-географічні особливості ландшафтів

Херсонської області.

2. Визначити теоретичні та технічні засади дистанційного зондування Землі.
3. Розробити алгоритм обробки супутникових знімків Sentinel-2 для аналізу ландшафтів.
4. Провести класифікацію ландшафтів за супутниковими даними.
5. Оцінити зміни в ландшафтній структурі регіону протягом останніх років.
6. Побудувати тематичні картографічні матеріали на основі отриманих результатів.

Методи дослідження: у роботі використано методи геоінформаційного аналізу, дешифрування супутникових знімків Sentinel-2, класифікації спектральних даних, картографічного моделювання, а також статистичні методи для аналізу зміни ландшафтів. Усі обчислення й візуалізація виконані з використанням програмного забезпечення QGIS, SNAP, ArcGIS та Google Earth Engine.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні актуальної схеми ландшафтного зонування території Херсонської області на основі супутникових даних, виявленні просторових змін, пов'язаних з антропогенними та природними факторами, а також у застосуванні сучасного алгоритму обробки даних Sentinel-2 для регіонального ландшафтного аналізу.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання результатів дослідження для цілей регіонального управління, природоохоронного планування, оновлення ландшафтних карт, ведення моніторингу стану довкілля, а також у системах територіального планування. Розроблені картографічні матеріали можуть бути корисними як для науковців, так і для державних структур та громадських організацій.

Обсяг та структура роботи: викладена українською мовою на 71 сторінці комп'ютерного друку і складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Список використаних джерел нараховує 44 найменувань з них 10 іноземною мовою. Наукова робота містить 1 таблицю та 12 рисунків.

# РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1. Географічне положення та природно-кліматичні умови регіону

Херсонська область розташована на півдні України в межах Причорноморської низовини та Причорноморської западини. Південна частина регіону омивається водами Чорного й Азовського морів. Ландшафтна структура області представлена переважно низинними комплексами межиріч та прибережних рівнин. Відповідно до фізико-географічного районування, вони належать до середньостепової та південностепової (сухостепової) природних зон. Ці комплекси доповнюються надзаплавними терасами, а також азональними утвореннями – річковими заплавами, яружно-балковими системами та подовими ландшафтами.

Західна частина області межує з Миколаївською, на півночі – з Дніпропетровською, на сході – із Запорізькою областями, а на півдні – з тимчасово окупованою Автономною Республікою Крим.

Херсонська область була утворена 30 березня 1944 року. Її площа становить 28 461 км<sup>2</sup>, що становить 4,71 % території України. За площею вона посідає сьоме місце серед усіх областей країни [3].

По території Херсонщини проходить державний кордон загальною протяжністю 458 км, з яких 350 км припадає на Чорне море, а 108 км – на Азовське. У прикордонній зоні функціонують чотири пункти пропуску, включаючи авіаційний, річковий та морські порти в Херсоні та Скадовську.

30 вересня 2022 року Російська Федерація, яка на той момент окупувала більшу частину області, заявила про її анексію на підставі псевдореферендуму. Унаслідок контрнаступу Збройних сил України, що тривав з 29 серпня до 11 листопада 2022 року, правобережну частину області, включно з Херсоном, було звільнено. Наразі російські війська продовжують контролювати лівобережну частину області та заявляють претензії на всю її територію.

Відповідно до оцінки Світового банку (станом на кінець 2024 року), саме

Херсонщина серед південних регіонів України потребує найбільше коштів на відновлення – орієнтовно 35,2 мільярда доларів США.

Клімат області належить до помірно континентального: з теплими, малосніжними зимами та спекотним, посушливим літом. Середній безморозний період триває 179 днів. Через сильні вітри навіть узимку можуть виникати пилові бурі [6].

Географічно область розташована в межах помірного поясу освітленості (приблизно на 46° північної широти), що зумовлює зміну кута падіння сонячного проміння: від 22° у дні зимового сонцестояння до 67° в період літнього. Сумарна сонячна радіація на території області становить 4700-4900 МДж/м<sup>2</sup>, змінюючись із півночі на південь. Річний радіаційний баланс складає близько 2000 МДж/м<sup>2</sup> на півночі області, 2200 МДж/м<sup>2</sup> – у центрі та 2250 МДж/м<sup>2</sup> – на півдні [7].

Із настанням березня повітря починає прогріватися – спочатку повільно, а в квітні з більшою інтенсивністю. Максимальних температур досягають у липні, після чого в осінній період поступово знижуються. Середні температури: влітку – +22,4 °С, узимку – (-2,1 °С). Максимальна зареєстрована температура – +40 °С, мінімальна – (-31,5 °С). Найхолодніший місяць – січень: середньомісячна температура складає -4,5 °С на півночі області, -3,5...-4 °С у центрі та близько -3 °С на півдні (табл 1.1).

*Таблиця 1.1.*

Середня місячна і річна температура [8]

Місяці	Херсон	Асканія Нова	Генічеськ
1	1,9	- 3,1	3,1
2	4,1	- 2	3,9
3	9,2	2,2	7,4
4	16	9,6	12,8
5	22,2	15,6	18,9
6	27,5	20	24,9
7	30,8	22,3	28
8	31,1	21,6	27,9

9	24,7	16,5	22
10	16,6	9,7	15,6
11	9,3	4,4	9,5
12	5	0,3	5,7
Річна	16,5	9,8	14,9

Херсонська область характеризується відносно невеликою кількістю атмосферних опадів, яка в середньому становить від 355 до 440 мм на рік. Їх просторовий розподіл є нерівномірним: найбільша кількість випадає на півночі правобережної частини області (400-430 мм), а найменша – у прибережній зоні, де річна сума опадів часто не перевищує 300-325 мм. Загалом середньорічна кількість опадів у регіоні варіюється в межах 300-420 мм.

Вологозабезпечення тут низьке: коефіцієнт зволоження дорівнює приблизно 0,3, що свідчить про те, що випаровуваність значно перевищує кількість опадів. Більша частина опадів спостерігається влітку( здебільшого у формі злив Сніговий покрив нестійкий, не має суттєвого впливу на поповнення вологи в ґрунтах. У регіоні щороку фіксуються тривалі посушливі періоди, що часто призводять до посух.

Вітровий режим на Херсонщині змінюється протягом року. В холодний сезон (осінь, зима, початок весни) переважають вітри північного, північно-східного та східного напрямків. Улітку ж домінують західні вітри. Середня річна швидкість вітру становить 3,5–5 м/с, що вище середнього показника по Україні (3–4 м/с). У літній період нерідко спостерігаються явища суховіїв, які поєднують високу температуру повітря (понад +25 °С), низьку вологість і сильний вітер, що сприяє інтенсивному висушуванню ґрунту [9].

На південному сході області, поблизу села Раденськ, розташована унікальна природна пам'ятка – найбільша в Європі піщана пустеля Олешківські піски.

Херсонська область розміщується в межах степової природної зони Східноєвропейської рівнини, у нижній течії Дніпра. Відстань із заходу на схід

становить близько 258 км, а з півдня на північ – до 180 км. Крайні географічні точки області такі:

- на півночі – село Федорівка (Високопільський район);
- на півдні – залізнична станція Сиваш на півострові Чонгар (Генічеський район);
- на заході – мис Середній на Ягорлицькому півострові (Голопристанський район);
- на сході – село Новий Азов (Генічеський район).

Область омивається водами Чорного та Азовського морів, а також лагуноподібною затокою Сиваш, яку іноді називають Гнилим морем.

Гідрографічна мережа Херсонщини налічує 19 річок. Найбільші з них – це Дніпро, що протікає на 178 км у межах області, та Інгулець, з довжиною 180 км. Максимальна точка над рівнем моря – 101 м, поблизу села Ушкалка (Верхньорогачицький район), а найнижча – мінус 0,4 м – зафіксована на узбережжі Сиваша.

Північна частина Арабатської стрілки, що належить до Херсонської області, географічно є частиною Кримського півострова.

Грунтовий покрив області досить строкатий: у північних районах переважають південні чорноземи з лесовим підґрунтям (приблизно 45 % від усіх ґрунтів). На південь вони поступово переходять у темно-каштанові та каштанові ґрунти, часто з домішками солонців. Узбережжя Чорного й Азовського морів відзначається наявністю солонців і солончаків, що значною мірою впливає на придатність земель для сільського господарства.

Клімат Херсонської області помірно континентальний, для такого типу характерна тепла малосніжна зима, а літо жарке та посушливе

Основні типи зональних ґрунтів представлені малогумусними південними чорноземами. У напрямку до південних районів ці ґрунти поступово змінюються на солонцюваті чорноземи та каштанові ґрунти, часто в комплексі з солонцями. Серед інтразональних типів ґрунтів переважають лучно-чорноземні та дерново-глейові.

Природна степова рослинність збереглася лише фрагментарно –

переважно на схилах балок, у річкових долинах та в межах територій природно-заповідного фонду.

У фізико-географічному плані Херсонщина охоплює дві підзони степової зони – середньостепову (Причорноморський край) і південностепову (Причорноморсько-Приазовський край).

Ландшафтна структура області вирізняється складністю та різноманітністю. Територія включає як суходільні (зокрема прибережно-морські), так і водні ландшафтні комплекси. Домінують низовинні комплекси, розташовані між річками й уздовж морських узбереж. Вони належать до середньостепових і сухостепових типів. Їх доповнюють ландшафтні комплекси надзаплавних терас, річкових заплав, яружно-балкових і подових форм рельєфу, густота й поширення яких залежать від умов зволоження та характеру геологічної основи території.

До важливих азональних компонентів ландшафтної структури належать комплекси лиманів, морських узбереж, кіс, островів і відмілин.

Північна частина області входить до Причорноморського середньостепового краю, який охоплює північну частину Причорноморської низовини та геоструктурно відповідає північному схилу Причорноморської западини. Сукупність кліматичних умов, рельєфу й водного режиму визначає особливості ландшафтної структури регіону.

У межах Херсонщини виділяються дві фізико-географічні області:

- Бузько-Дніпровська низовинна,
- Дніпровсько-Молочанська низовинна.

Головним ландшафтним типом у цих регіонах є межирічні низовини, які поділяються на:

- Пластово-аккумулятивні низовини – поширені переважно в південній частині Дніпровсько-Молочанської області. Вони сформувалися на осадових відкладах Причорноморської низовини та мають плоску, майже горизонтальну поверхню з незначною розчленованістю, яка поступово збільшується у напрямку до долини Дніпра. У рельєфі переважають просадкові форми.

- Пластово-денудаційні низовини, характерні для Бузько-Дніпровської

області, відзначаються більш різноманітною розчленованістю – від слаборозчленованих ділянок до сильно еродованих схилів з похилом у бік Дніпра. Тут поширені водно-ерозійні форми рельєфу – долини річок, яри, балки – а також просадкові – поди, степові блюдця.

Ґрунтовий покрив тут представлений південними чорноземами та темно-каштановими ґрунтами, переважно з солонцюватими властивостями. У знижених формах рельєфу вони залягають у комплексі з азональними ґрунтами – лучно-чорноземними, осолоділими та глейовими солонцювато-осолоділими.

Фрагменти природної рослинності збереглися переважно на балкових схилах і представлені степовими угрупованнями типчаково-ковилового типу та подовими луками.

На території Херсонської області переважають ґрунти, що формуються відповідно до кліматичних і зональних умов – це чорноземи звичайні й південні з низьким вмістом гумусу, а також темно-каштанові солонцюваті ґрунти. Ці типи ґрунтів характерні для відкритих рівнин і надзаплавних терас. У знижених формах рельєфу – балках, подах, долинах річок – поширені ґрунти, формування яких зумовлене місцевими умовами зволоження та дренажу: лучно-чорноземні осолоділі, глейові, солонцювато-осолоділі та дернові.

Середньостепова частина Причорноморської низовини зазнала інтенсивного сільськогосподарського освоєння. Ця територія характеризується значною часткою орних земель, ділянок з багаторічними насадженнями та пасовищ, значна частина яких має ознаки деградації. Тут активно проявляються різні природно-антропогенні процеси, зокрема водна та вітрова ерозія, формування ярів, зсувні явища, просідання ґрунтів і вторинне засолення. Внаслідок тривалого антропогенного навантаження природна рослинність значною мірою знищена й збереглася лише на окремих ділянках з ускладненим рельєфом – на крутосхилах, у балках, подах.

У південній частині області, що охоплює центральну та приморську зони Причорноморської низовини, виділяють кілька природних регіонів, кожен з яких має свої особливості рельєфу, ґрунтів і рослинного покриву. Це зокрема області з рівнинними формаціями: пластово-аккумулятивними, западинно-подовими,

приморськими акумулятивними й дельтовими.

Пластово-акумулятивні низовини займають значну частину північного і південного степу, формуючись на осадових відкладах у межах повільно опускаючихся ділянок земної кори. Поверхня їх переважно рівна, подекуди ускладнена замкненими зниженнями – подами. Основу ґрунтового покриву становлять південні чорноземи з низьким вмістом гумусу, темно-каштанові солонцюваті ґрунти, осолоділі лучно-чорноземні та глейові. Природна степова рослинність збереглася лише в умовах обмеженого сільськогосподарського використання.

Приморські акумулятивні низовини сформовані під впливом морських і річкових процесів. Вони мають плоску поверхню з окремими замкненими зниженнями, солончаками та озерами. Тут поширені ґрунти з підвищеним вмістом солей – темно-каштанові, лучні солонці й солончаки. Рослинний покрив представлений солончаковими й піщаними луками, залишками степів і деградованими пасовищами.

Дельтові низовини, зокрема у пониззі Дніпра, характеризуються плоским, слабохвилястим рельєфом і великою кількістю алювіальних і еолових відкладів. Тут зустрічаються піщані арени – природні комплекси з дюнним рельєфом, а також пониження – поди, озера, блюдця. Основні ґрунти – піщані чорноземи, темно-каштанові, лучні, дернові та засолені. Рослинність – степова, псамофітна, лучна, солончакова, а також штучні лісові насадження, переважно соснові.

Балкові ландшафти сформовані внаслідок водної ерозії на схилах, складених лесоподібними суглинками. Тут характерні ґрунти з ознаками деградації, включаючи солонцюваті й лучні різновиди. На схилах збереглися залишки природної степової рослинності, що пристосувалася до сухих і кам'янистих умов.

У межах долин річок, морських кіс і пересипів сформувалися інтразональні ландшафти з підвищеною зволоженістю та специфічною рослинністю. Долини Дніпра, Інгульця та Каланчака мають асиметричну будову з крутішими правими схилами. На південь річкові долини розширюються і переходять у лимани. Надзаплавні тераси часто мають складну

мікроморфологію з подами, балками та ярами. Рослинність цих ділянок включає різні типи лук, чагарникові зарості, залишки степів і гідрофільні угруповання.

## 1.2. Основні типи ландшафтів Херсонської області.

Суттєвими складовими ландшафтної структури регіону є комплекси, формування яких не пов'язане із зональністю, зокрема узбережні морські ділянки, лимани, острови, піщані коси та мілководдя. У північній частині домінують ландшафти, характерні для середньостепової підзони, тоді як південну частину охоплюють більш посушливі сухостепові утворення. Ландшафтна організація території вирізняється складністю та включає поєднання компонентів із різною природною генезою, що формує мозаїчну просторову структуру.

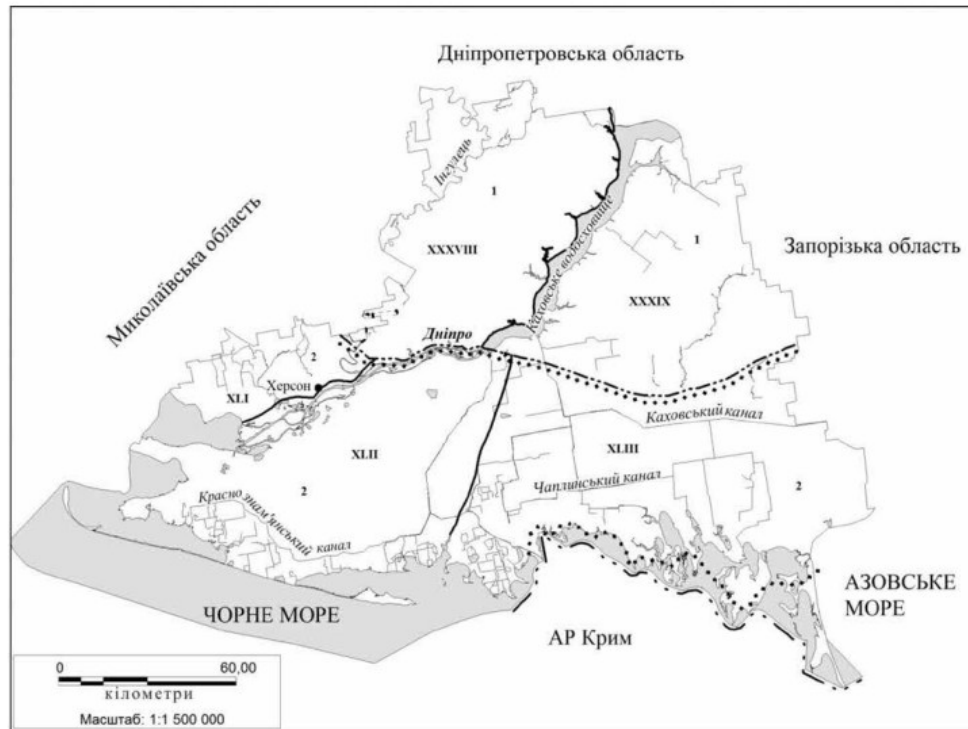
Херсонщина розташована на півдні України, в межах Причорноморської низовини, з виходом до акваторій Чорного й Азовського морів. Місцевість характеризується майже рівнинною поверхнею з незначним загальним похилом у південному напрямку. У межах області трапляються різнотипні низинні форми – лесові акумулятивні, денудаційні та алювіальні. Рельєф урізноманітнюють окремі балки, витягнуті коси, а також наявність островів, лагун, лиманів і солончакових озер.

Клімат району відзначається з м'якою, малосніжною зимою та тривалим, жарким і переважно посушливим літом.

Грунтовий покрив представлений переважно південними чорноземами з низьким вмістом гумусу. У південному напрямку зростає частка ґрунтів із ознаками солонцюватості та поширюються каштанові ґрунти, нерідко в поєднанні з солонцями. В умовах підвищеної зволоженості зустрічаються також місцеві ґрунти – дерново-глейові та лучно-чорноземні, пов'язані з пониженнями рельєфу.

Залишки природного степового рослинного покриву переважно збереглися на крутих схилах, у балкових системах, долинах річок, а також у межах заповідних територій, де антропогенний вплив був обмежений.

У межах досліджуваної території простежується приналежність до двох підзон степової зони: північні території відносяться до середньостепових, а південні – до сухостепових. Відповідно до цього територія охоплює два фізико-географічні краї — північний Причорноморський і південний Причорноморсько-Приазовський, кожен із яких має власні особливості природного середовища. (рис. 1.1.).



- СТЕПОВА ЗОНА**
- |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Середньостепова підзона</p> <p><b>1. Причорноморський край</b></p> <p>XXXVIII Бузько-Дніпровська низовинна область</p> <p>XXXIX Дніпровсько-Молочанська низовинна область</p> | <p>Південностепова (сухостепова) підзона</p> <p><b>2. Причорноморсько-Приазовський край</b></p> <p>XLI Нижньобузько-Дніпровська низовинна область</p> <p>XLII Нижньодніпровська терасово-дельтова низовинна область</p> <p>XLIII Присивасько-Приазовська низовинна область</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
- Межі одиниць фізико-географічного районування
- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| -----                        | —                              |
| .....                        | —                              |
| - фізико-географічних підзон | - фізико-географічних областей |
| - фізико-географічних країв  |                                |

Рис. 1.1. Фізико-географічного районування території Херсонської області [4]

Територія Херсонщини вирізняється багатогранністю ландшафтів, які включають як суходіл, так і водні комплекси, зокрема прибережні морські зони. Основними тут є низовинні простори між річками та прибережні рівнини, які, згідно з фізико-географічним поділом, належать до середньостепової та південностепової (сухостепової) зон.

Ці території доповнюються ландшафтами надзаплавних терас, а також

різними аональними утвореннями, серед яких заплави річок, ерозійні балки та підвищення, які змінюються за характером залежно від особливостей рельєфу і водного режиму, що змінюються від північного сходу до південного заходу області.

Окрему роль у формуванні природної структури відіграють аональні комплекси, що включають лимани, морські узбережжя, коси, острови та відмілини – вони створюють унікальні умови в прибережній зоні регіону (рис. 1.2.).

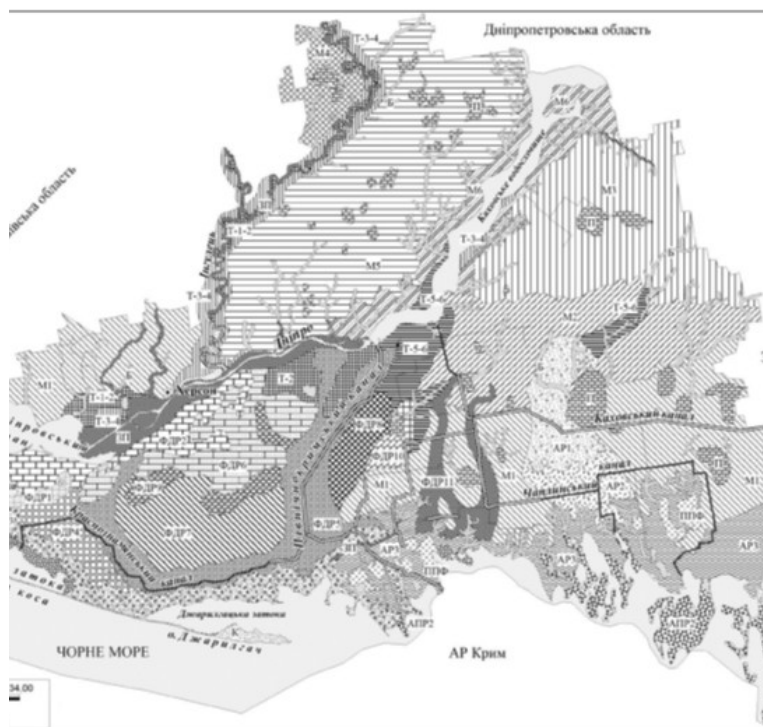


Рис.1.2 Ландшафтні комплекси Херсонської області [2]

Причорноморський середньостеповий регіон розташований у північній частині Причорноморської низовини і геологічно відповідає північній зоні Причорноморської западини. Саме ця будова, разом із кліматичними особливостями, такими як температурний режим і рівень зволоження,

сформувала унікальну структуру ландшафтів цієї території [2].

В межах цього регіону розрізняють дві фізико-географічні зони: Бузько-Дніпровську та Дніпровсько-Молочанську низовини. Основу ландшафтної структури Причорноморського середньостепового краю складають низовинні території між річками, які мають дві типові форми – пластово-аккумулятивні та пластово-денудаційні низовини.

Пластово-аккумулятивні низовинні території, вкриті степовою рослинністю з переважанням типчака та ковили, характерні для південної частини Дніпровсько-Молочанської низовинної області. Ці низовини сформувалися на осадових породах, які поширені в центральній зоні Причорноморської низовини. Їхня поверхня здебільшого рівна з невеликою кількістю рельєфних форм, які посилюються ближче до долини Дніпра. У ландшафті присутні місцеві просадкові ділянки [6].

Основні типи представлені південними чорноземами з низьким вмістом гумусу та темно-каштанові ґрунти, у тому числі солонцюваті різновиди. У пониженнях рельєфу – балках та подах – зональні ґрунти змінюються азональними, такими як лучно-чорноземні осолоділі і глейові солонцювато-осолоділі.

Природна рослинність частково збереглася переважно на схилах балок і представлена степовими травами типчака і ковили, а також луговими угрупованнями, що формуються на подах.

Пластово-денудаційні низовини, покриті типовою для північних степів типчаково-ковиловою рослинністю та луками на подах, характерні для Бузько-Дніпровської низовинної області. Вони сформувалися на осадових породах, розташованих у північній частині Причорноморської низовини. Поверхня цих низовин здебільшого рівнинна, проте ступінь розчленування рельєфу коливається від слабо вираженого до дуже вираженого, особливо на схилах, що спускаються до Дніпра. У рельєфі представлені різні форми, зокрема ерозійні (водна ерозія) – річкові долини з їх аккумулятивними заплавами та терасами, яри і балки, а також просадкові форми – поди і степові блюдця.

Звичайні та південні малогумусні чорноземи, а також темно-каштанові

грунти з ознаками засолення є типовими для низовин і надзаплавних терас. Азональні ґрунти – лучно-чорноземні з ознаками осолодіння і глейові, а також солонцюваті – найчастіше зустрічаються в річкових долинах, балках і подах. У цьому регіоні активно ведеться сільське господарство, тому більша частина земель використовується під поля, сади та пасовища, серед яких є як здорові, так і знищені через експлуатацію.

Основні прояви природно-антропогенних процесів включають площинну та яружну ерозію, зсуви, просідання ґрунтів і засолення. Через вплив людини природний рослинний покрив значно постраждав і зараз зберігся лише на важкодоступних ділянках – на крутих схилах долин, терасах, ярах, балках і частково на подах. Причорноморсько-Приазовський південний степовий край охоплює центральну та південну частини Причорноморської низовини і пов'язаний з центральною зоною Причорноморської западини з геологічної точки зору [6].

У Херсонській області в межах цього регіону можна виділити такі фізико-географічні зони: Нижньобузько-Дніпровську низовину, Нижньодніпровську терасово-дельтову низовину і Присивасько-Приазовську низовину. Тут головними є ландшафти межирічних низовин, які поділяються на пластово-аккумулятивні з яскраво вираженим рельєфом, безстічні западини і аккумулятивні рівнини, зокрема прибережні.

Пластово-аккумулятивні низовини, характерні для північних і південних степових регіонів, охоплюють території Нижньобузько-Дніпровської та Присивасько-Приазовської частин області. Вони сформувалися на осадових відкладах у процесі поступового занурення Причорноморської западини. Рельєф цих ділянок переважно рівнинний, із розвиненою мережею балок і річкових долин. У південному напрямку розчленованість зменшується, поверхня вирівнюється, утворюючи зони із замкнутими пониженнями.

Ґрунтовий покрив у цих умовах представлений південними чорноземами з низьким вмістом гумусу, подекуди з ознаками солонцюватості або осолодіння. Також поширені темно-каштанові ґрунти з залишковими солонцями. Серед азональних ґрунтів зустрічаються лучно-чорноземні та лучно-темно-каштанові

грунти в поєднанні з солонцями, солончаками, оглеєними та глеєсолонцюватими грунтами подів.

Через розораність значної частини території та інтенсивне використання пасовищ, природна рослинність степів (типчаково-ковилова) і подів (лучна) збереглася лише фрагментарно – у малоприсадатних для сільськогосподарського використання місцях [4].

Акумулятивні низовини сформувалися в центральній частині Причорноморської низовини внаслідок спільного впливу річкових і морських процесів. Виділяються приморські, зокрема лиманні, а також флювіально-дельтові форми рельєфу, поширені в межах Нижньодніпровської терасово-дельтової та Присивасько-Приазовської ландшафтних областей.

На цих ділянках, які мають субгоризонтальну поверхню, рельєф переважно слаборозчленований, з локальними зниженнями у вигляді блюдць і подів. Тут переважають еолово-делювіальні й елювіальні відклади. У ґрунтовому покриві переважають південні малогумусні чорноземи, глибокосолонцюваті, у поєднанні з темно-каштановими солонцюватими грунтами. Також трапляються лучно-чорноземні, лучно-каштанові та глейові грунта з ознаками осолодіння й солонцюватості.

Природна рослинність на таких територіях частково збереглася завдяки менш інтенсивному антропогенному впливу. Тут зростають типчаково-ковилові асоціації сухих степів, полиново-злакова ксерофітна флора, а також лучна та болотна рослинність солонців, піщаних кіс і прибережних зон Азовського моря.

Приморські акумулятивні низовини, включаючи лиманні, сформувалися на відкладах морського походження й відзначаються плоским рельєфом. Відсутність розвиненої яружно-балкової сітки зумовлена незначною ерозією, натомість тут проявляються заболочення, підтоплення, осідання ґрунтів, що утворює поди, блюдця, невеликі озера та болота, часто з солоним водним режимом.

Ґрунти тут глинисто-піщані чорноземи південні, супіщані каштанові солонцюваті, дернові оглеєні грунта, лучні солонці й солончаки. Рослинність прибережної зони представлена псамофітно-галофітними видами, галофітно-

лучними угрупованнями, а на місці колишніх степових формацій утворилися пасовища.

Флювіально-дельтові низовини характеризуються слабохвилястим або майже рівним рельєфом, утвореним на алювіальних, еолово-делювіальних і елювіальних відкладах. Через дію еолових процесів та осідання порід, тут формуються еолові пагорби – кучугури. Помітними елементами є великі піщані арени: Каховська, Казачо-Лагерська, Виноградівська, Збур'ївська, Олешківська, Іванівська та Кінбурнська коса. Вони простягаються на лівому березі нижньої течії Дніпра [2, 6].

У рельєфі поширені поди, блюдця, невеликі озера, утворені через підтоплення та просідання лесів. Ґрунтовий покрив складається з чорноземів південних та осолоділих, темно-каштанових, залишково-солонцюватих, піщаних чорноземів, а також лучних, дернових і солончакових ґрунтів.

Рослинність цих ділянок охоплює типчаково-ковилові степи з домішками деревних порід (дуб, береза, сосна), полиново-злакові угруповання сухих степів, галофітну рослинність приморських ділянок, а також флору солонців і подових лук.

Балкові ландшафти мають незначну розчленованість, представлені похилими й покатыми схилами, сформованими у відкладах плейстоценового віку. У ґрунтовому покриві тут трапляються південні малогумусні чорноземи, темно-каштанові солонцюваті ґрунти, частково розорані, а також лучно-каштанові ґрунти з солонцями.

Флора балкових систем включає ковилоу, полиново-злакову та типчаково-ковилову рослинність південних степів, що частково збереглася на малодоступних схилах. Тут також трапляються угруповання, характерні для солонців і лучно-солонцюватих ділянок.

Річково-долинні комплекси поширені вздовж нижніх течій Дніпра, Інгульця та в долині річки Каланчак. Поперечна будова долин асиметрична: праві схили зазвичай крутіші. Ширина долин поступово збільшується з півночі на південь, де заплави переходять у лимани – Інгулецький та Дніпровський.

У межах цих територій трапляються перші–другі, треті–четверті та п'яті–

шості надзаплавні тераси з переважно рівною або слабохвилястою поверхнею. У рельєфі присутні елементи яружно-балкових та подових комплексів. Рослинність тут представлена типчаково-ковилковими степовими фрагментами, засоленими й солонцюватими луками, плавнево-болотяними екосистемами, вербняками та флорою солончаків.

До категорії ландшафтів приморського типу в межах Херсонської області належать коса Бирючий Острів, Тендрівська коса та острів Джарилгач. Вони формують окрему підгрупу в структурі прибережних територій із характерними геоморфологічними й ґрунтово-рослинними ознаками.

Бирючий Острів витягнутий у північно-східному напрямку, має протяжність приблизно 24 км, а ширина в середньому досягає 5 км. Його поверхня сформована переважно пісками з окремими ділянками черепашникових валів висотою до одного метра. У північно-західній частині рельєф знижується, а на заході острів порізаний мілкими бухтами, вздовж яких розташовані незначні озера.

Східна частина острова більш рівнинна. Рослинність збереглася у природному стані: тут переважають чагарники (тамарикс, маслинка срібляста, шипшина) та прибережно-літоральні угруповання, що ростуть на оглеєних дернових піщано-глинистих ґрунтах та солончаках.

Тендрівська коса має напрям простягання із заходу на південний захід. Загальна довжина досягає 65 км, ширина – не перевищує 1,8 км. Вона сформована морськими наносами, переважно піском і черепашником. Західна частина характеризується розширенням із формуванням валоподібного рельєфу, між якими розміщені дрібні водойми. У центрі коси переважають знижені площини з озерцями, а на півдні – еолові форми: кучугури й горби. Рослинність – переважно розріджені трав'янисті галофітні угруповання та поодинокі чагарники, що зростають на слабозакріплених піщаних і супіщаних ґрунтах.

Острів Джарилгач орієнтований із заходу на південний захід, має довжину близько 42 км, а максимальна ширина становить приблизно 4,8 км. Поверхня вирівняна, низовинна, з незначними морськими пересипами. Південну частину займає піщана смуга. Основними ґрунтами є дернові оглеєні піщані, глинисто-

піщані й супіщані ґрунти, а також солонцюваті каштанові та темно-каштанові, які поєднуються з малогумусними пісками та солончаками.

Рослинний покрив включає болотні, лучні та солончакові угруповання, найбільше поширені на півночі острова навколо прісноводних водойм. Центральна частина зайнята сухостеповою і лучною рослинністю. У центральних і східних районах острова трапляються штучні насадження, що складаються переважно з маслинки сріблястої та тамариксу.

Загалом для кос і пересипів узбережжя характерна сухостепова та лучно-солончакова рослинність, у комплексі з піщаними формаціями та чагарниковими угрупованнями. Деякі ділянки, особливо на острові Джарилгач, мають штучно створені деревно-чагарникові насадження.

Підвищений вміст солей у землі, зокрема наявність солонців і солончаків, значно знижує придатність для сільськогосподарського використання. Через це значна частина прибережних територій залишилася майже без значних змін.

Рівень господарського освоєння прибережної зони оцінюється як помірний. Тут трапляються орні землі, пасовища, сади та виноградники. Унаслідок тривалого антропогенного впливу спостерігається розвиток негативних геодинамічних процесів – ерозії (площинної та яружної), зсувів, осідання лесових порід, а також вторинного засолення ґрунтів. Окремі ділянки мають схильність до підтоплення й заболочування, що додатково обмежує можливість їх інтенсивного сільськогосподарського використання, сприяючи збереженню природних ландшафтів.

Результатом ландшафтного дослідження стала картографічна модель території області рис. 1.2. та рис. 1.3. що ілюструє структуру та межі окремих природних комплексів.

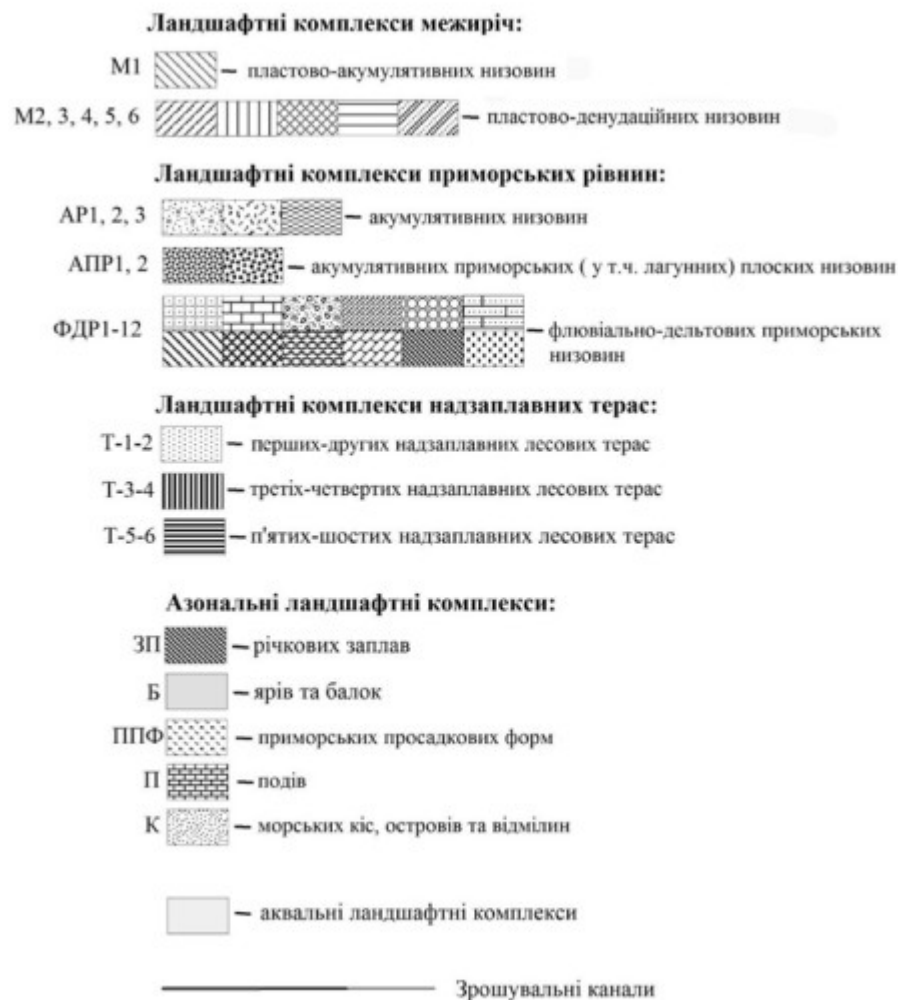


Рис. 1.3. Ландшафтні комплекси Херсонської області [2]

Робочим масштабом картосхеми обрано 1:500 000, для наочності представлено також варіант у масштабі 1:850 000.

Розмаїття природних комплексів узбережжя Чорного моря в межах Херсонщини потребує подальшого аналізу з урахуванням супутникових знімків, натурних обстежень та застосування сучасних геоінформаційних технологій.

### 1.3. Вплив антропогенних факторів на формування ландшафтів

Причорноморська западина має складну геологічну структуру, що включає породи різного віку – від найдавніших (докембрійських) до відносно молодих (мезозойських і кайнозойських). В основі залягають кристалічні гірські породи, зокрема гнейси та граніти, що сформувались ще в пізньому протерозої. Вище них нашаровані осадові товщі, до складу яких входять відклади мезозою і кайнозою. Серед них виділяються карбонатні утворення палеоцену та еоцену, а

також глини, піски, вапняки, пісковики та мергелі міоценового й пліоценового періодів. Четвертинні відклади поширені майже повсюдно на території Херсона.

У рельєфному плані місто розташоване в межах Причорноморської низовини, в районі пониззя Дніпра. Територія включає дві геоморфологічні одиниці: на правому березі – Бузько-Дніпровську лесову рівнину, на лівому – Нижньодніпровську терасово-дельтову. Більша частина міста знаходиться на правобережній частині, де поверхня має хвилястий характер з системою ярів і балок, що формують перепади висот до 50 метрів. На цій території розміщується подовга западина площею близько 4 км<sup>2</sup>. Лівобережжя, навпаки, має переважно рівнинну структуру з незначними перепадами висоти (до 1-2 м) і густа мережа дельтових проток і рукавів.

Підземні води Херсона належать до Причорноморського артезіанського басейну, що забезпечує водопостачання міста. Ґрунтовий покрив досить різноманітний: на правобережжі переважають темно-каштанові ґрунти, які в багатьох місцях зазнали ерозії або частково змиті. У западинах переважають оглеєні лучно-каштанові ґрунти з елементами засолення. У заплавах ділянках трапляються лучні та болотні ґрунти.

Наразі природні ґрунти суттєво змінені під впливом людської діяльності. Однак у деяких частинах, зокрема в заповідних ділянках, таких як урочище «Віршовчина балка» або Дніпровські плавні, ще можна спостерігати збережені ділянки природного ґрунтового покриву.

Історично природна рослинність міста включала типчакково-ковиліві степи та луки на правобережжі, а також болота і заплавні луки – на лівобережжі. Сьогодні рослинність значною мірою трансформована, хоча окремі фрагменти збереглися в заповідних територіях та зелених зонах міста.

Територія Херсонщини зазнала значного антропогенного навантаження. Урбанізація, сільське господарство, зміни гідрологічного режиму, видобуток природних ресурсів та інші чинники суттєво змінили природне середовище. Такі процеси, як засипання ярів, будівництво дамб, намив ґрунту, порушили природну структуру рельєфу. Особливо зміненими стали райони, де відбувалося інтенсивне інженерне втручання.

Водні об'єкти, зокрема озера і річки, що використовуються для відпочинку та господарських потреб, також піддаються екологічному навантаженню. Забруднення, підтоплення та зменшення площ природних заплав стають все більш помітними проблемами.

Ґрунти, які раніше були характерними для різних частин міста, нині мають іншу структуру та властивості внаслідок людської діяльності. Особливо це помітно в районах забудови та інтенсивного землекористування.

Вплив людської діяльності на ландшафти регіону має вирішальне значення для екологічного стану всієї області. Тому надзвичайно важливо впроваджувати заходи з охорони природи, відновлення екосистем, раціонального використання ресурсів і постійного моніторингу змін довкілля для забезпечення сталого розвитку Херсонського регіону.

#### 1.4. Екологічні проблеми та деградація природного середовища

Херсонська область, як і багато інших регіонів України, зазнає значного впливу антропогенних факторів, які призводять до деградації природного середовища. Екологічні проблеми, що виникають внаслідок господарської діяльності, мають серйозні наслідки для стану навколишнього середовища, здоров'я населення та загального економічного розвитку регіону.

Однією з основних екологічних проблем регіону є забруднення водних ресурсів. Велика кількість сторонніх домішок потрапляє в річки та озера через сільськогосподарську діяльність, промислові підприємства та побутові відходи. Протікання пестицидів та хімічних добрив, що використовуються на полях, значно погіршує якість води, знижуючи її придатність для питних і господарських потреб. Річки, такі як Дніпро, Вільовчина, Кошова, Конка та інші, вже багато років страждають від цього забруднення. Вода у цих річках також піддається забрудненню важкими металами та токсичними речовинами, що потрапляють від підприємств, що розташовані в регіоні.

Забруднення водних ресурсів веде до змін в екосистемах водойм. Погіршення якості води має негативний вплив на біоту, в першу чергу на рибні

ресурси. Порушення екологічного балансу у водних системах, зменшення чисельності водних видів, зокрема риб, впливає на біорізноманіття регіону.

Ґрунти є основним ресурсом для сільського господарства, але їх деградація є головною проблемою, з якою стикається Херсонська область. Інтенсивне землеробство без належного відновлення ґрунтів призводить до їх ерозії, змивання верхнього родючого шару, а також до засолення та забруднення ґрунтів. Однією з основних причин ерозії ґрунтів є надмірне використання хімічних добрив та пестицидів, що знижує природну родючість і сприяє зниженню врожайності.

Проблеми деградації ґрунтів особливо актуальні на правобережжі р. Дніпро, де через інтенсивну сільськогосподарську діяльність і відсутність належних заходів з управління водними та ґрунтовими ресурсами відбуваються значні процеси змивання ґрунтів, що впливає на сільськогосподарську продуктивність. Крім того, зміни у водному режимі, такі як осушення земель для сільського господарства, впливають на стан ґрунтів і сприяють їх деградації.

Зниження біорізноманіття є ще однією важливою екологічною проблемою на Херсонщині. Інтенсивна господарська діяльність, зокрема землеробство, промисловість і забудова, руйнує природні екосистеми, що призводить до зниження чисельності місцевих видів флори і фауни. Серед основних факторів, що спричиняють зменшення біорізноманіття, можна виокремити:

- втрату природних середовищ через забудову земель та осушення водно-болотних угідь;
- забруднення води та ґрунтів, що негативно впливає на виживання видів;
- зміну клімату, що веде до зміщення природних зон та екосистем.

Особливо страждають природні степи, луки та болота, які є важливими середовищами існування для багатьох видів рослин і тварин. Суттєвого скорочення зазнали популяції рідкісних видів, таких як види птахів, риб, комах, що є характерними для цієї території.

Зміни в природних ландшафтах через інтенсивну людську діяльність також є серйозною проблемою. Розширення забудови, зміни в аграрному

ландшафті та осушення земель для сільського господарства призводять до втрати природних екосистем, таких як степи, болота, луки, які виконують важливі екологічні функції.

Зокрема, перетворення природних ландшафтів на штучно створені (наприклад, будівництво водосховищ, дамб, каналів, доріг і населених пунктів) вимагає серйозної уваги. Це не лише зменшує площі природних екосистем, але й змінює водний та ґрунтовий баланс в регіоні.

Зміна клімату є важливим чинником, який впливає на екологічні процеси в Херсонській області. Підвищення температури, зміна режимів опадів і підвищення рівня води в річках можуть призвести до зміни типів ландшафтів та змінити екосистеми, що існують у регіоні. Тепліші температури можуть сприяти поширенню нових видів рослин і тварин, тоді як традиційні види можуть зникати.

Зміни клімату також можуть погіршити екологічний стан водних ресурсів, призводячи до підвищення рівня забруднення вод та зменшення якості води. Це знижує здатність екосистем підтримувати здоров'я людей та живих організмів.

Ще однією значною екологічною проблемою є забруднення повітря та накопичення відходів. Промислові підприємства, автотранспорт та інші джерела забруднення викидають у повітря великі кількості шкідливих речовин, що негативно позначається на здоров'ї населення, а також на екосистемах, де забруднення впливає на флору і фауну.

Проблема утилізації відходів є актуальною, оскільки недостатня кількість полігонів для їх обробки та захоронення призводить до забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Неналежне управління відходами є однією з причин забруднення навколишнього середовища в Херсоні та області.

Екологічні проблеми Херсонської області потребують термінових заходів з відновлення та збереження природного середовища. Важливою частиною вирішення цих проблем є інтеграція природоохоронних заходів у господарську діяльність, застосування стійких технологій, моніторинг змін екосистем і активне залучення громади до процесів збереження природи. Тільки через сталий розвиток можна уникнути подальшого погіршення екологічної ситуації

та забезпечити збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

## **РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ НА ПРИКЛАДІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНДШАФТІВ**

### **2.1. Поняття та методи дистанційного зондування Землі**

Дистанційне зондування Землі – це технологія збору та аналізу інформації про об'єкти та процеси на поверхні Землі без прямого контакту з ними, за допомогою спеціальних датчиків, встановлених на супутниках, літаках, безпілотних літальних апаратах (БПЛА) або радіолокаційних станціях. Дистанційне зондування дозволяє отримувати дані на великій площі, що є важливим для моніторингу та управління природними ресурсами, екологічним станом територій, прогнозування природних катастроф та багато інших задач.

Дистанційне зондування Землі у сучасному його розумінні це аналіз одержаної інформації про будь-який об'єкт чи процес без прямого контакту з

ними. Цей метод дослідження використовують у різноманітних сферах, але ми з моїм науковим керівником розглянули саме на прикладі дослідження ландшафтів.

Ландшафтно-дистанційні дослідження – це методика, що поєднує аналіз природного середовища з використанням зображень, отриманих із літальних апаратів або супутників, для вивчення особливостей земної поверхні.

Обробка матеріалів мультиспектральної космічної зйомки місцевості дозволяє проводити екологічні дослідження в багатьох масштабах. При дослідженні динаміки особливостей розміщення ландшафтнофункціональних зон, напрямків впливу техногенних факторів а також динаміки розвитку міських агломерацій використовують дрібномасштабні знімки з низькою розпізнавальною здатністю( приблизно в сотні метрів). Для вивчення об'єктів які певною мірою несуть за собою значні негативні екологічні наслідки використовують знімки більш точного масштабу ( з роздільною здатністю до кількох сантиметрів) [6].

Інформація, отримана з аерокосмічних джерел, забезпечує високий рівень оперативності та об'єктивності під час дослідження великих територіальних систем. Вона сприяє виокремленню цілісних природних чи техногенних структур, уточненню їхніх фактичних меж, вивченню просторової організації, умов формування, функціональних проявів і антропогенних змін.

З точки зору ландшафтознавства, однією з найважливіших властивостей є здатність узагальнювати електромагнітний сигнал і відобразити інформацію не лише про окрему точку, а про просторову цілісність, яка є визначальною характеристикою як географічних об'єктів загалом, так і ландшафтних систем [7].

Основні аспекти дистанційного зондування Землі:

- Відсутність прямого контакту: дані отримуються з дистанції, що дозволяє збирати інформацію без порушення природних об'єктів і процесів, що є важливим для екологічних досліджень.
- Широке охоплення території: супутникові знімки та аерофотозйомка дозволяють охоплювати великі площі, що робить ДЗЗ незамінним для вивчення

регіонів, де неможливо здійснити безпосереднє спостереження.

- Оперативність та доступність: ДЗЗ дозволяє отримувати актуальні дані практично в реальному часі, що особливо важливо для моніторингу змін навколишнього середовища.

Для отримання та обробки даних ДЗЗ використовуються різноманітні методи, кожен з яких має своє призначення в залежності від об'єкта дослідження та типу необхідної інформації.

Мультиспектральне зондування Землі використовується для отримання зображень у кількох спектральних діапазонах, таких як видимий, інфрачервоний та ультрафіолетовий. Цей метод є дуже корисним для вивчення стану рослинності, водних об'єктів, ґрунтів, а також для визначення різних екологічних процесів.

У Херсонській області цей метод може використовуватися для:

- Виявлення змін у покритті територій (стеги, луки, сільськогосподарські угіддя).
- Моніторинг стану водних ресурсів та забруднення вод.
- Оцінка стану рослинності, наприклад, визначення ступеня засухи чи змін в екосистемах через сільськогосподарську діяльність.

Радіолокаційне зондування використовує радіохвилі для створення зображень поверхні Землі. Цей метод є особливо корисним для зон з поганими умовами видимості (наприклад, в умовах хмарності або вночі) і дозволяє отримувати інформацію про поверхню незалежно від погодних умов.

Для Херсонської області РЛС може використовуватись для:

- Оцінки стану рельєфу, особливо в болотистих або важкодоступних районах.
- Вивчення змін у водних ресурсах, таких як рівень води в річках, озерах або підтоплених територіях.
- Виявлення ерозійних процесів на поверхні ґрунтів.

Лідарне зондування використовує лазерне випромінювання для вимірювання відстані до об'єктів на земній поверхні. Це дає змогу створювати точні тривимірні моделі місцевості, що дуже важливо для вивчення

геоморфологічних особливостей території.

В Херсонській області цей метод застосовується для:

- Створення тривимірних моделей рельєфу для аналізу змін у поверхні ґрунтів.
- Виявлення змін у ландшафтних структурах, таких як ерозія або підтоплення територій.
- Оцінка топографічних змін після природних катастроф (паводків, лісових пожеж).

Метод теплового зондування використовується для вимірювання температурних змін на поверхні Землі. За допомогою теплових знімків можна виявити температурні аномалії, що дозволяє моніторити такі процеси як:

Визначення змін у температурі водних ресурсів, що можуть свідчити про забруднення або зміни в екосистемах.

Оцінка температурних коливань у сільськогосподарських угіддях, що може вказувати на ступінь засухи або зміни в аграрних ландшафтах.

Спектральна декодування та аналіз – це використання алгоритмів для аналізу спектральних характеристик зображень. Наприклад, можна розпізнавати різні типи рослинності або визначати забруднення води за допомогою певних спектральних відмінностей.

В Херсонській області цей метод застосовується для:

- Ідентифікації типів рослинності та моніторингу зміни екосистем.
- Виявлення забруднень в ґрунтах та водних ресурсах за допомогою спектральних аномалій.
- Переваги та застосування ДЗЗ для досліджень ландшафтів Херсонської області

Широке охоплення та оперативність: Супутникові знімки дають змогу охопити великі площі за короткий час, що дуже важливо для моніторингу великих територій, таких як Херсонська область.

Безпека і відсутність впливу на екосистеми: Дистанційне зондування дозволяє отримувати дані без безпосереднього втручання в природне середовище, що важливо для збереження екологічної рівноваги.

Інтеграція з іншими технологіями: Дані ДЗЗ можуть бути поєднані з іншими методами, такими як геоінформаційні системи, що дозволяє проводити детальний аналіз і візуалізацію результатів.

Аналіз та прогнозування змін: ДЗЗ дозволяє не лише відслідковувати зміни, але й прогнозувати можливі майбутні зміни в ландшафтах, що є важливим для планування природоохоронних заходів та сталого розвитку територій.

Таким чином, дистанційне зондування Землі є незамінним інструментом для ефективного моніторингу та дослідження ландшафтних змін в Херсонській області, дозволяючи отримувати точні, актуальні дані та оцінювати екологічний стан території на різних етапах розвитку.

Наслідком взаємодії технологій ДЗЗ та ландшафтознавства стала велика різноманітність створених карт, вдосконалені тематичні твори такі як геологічні, ґрунтові, гідрологічні та картографування багатьох інших явищ.

Значну увагу приділено виявленню характерних ознак об'єктів на зображеннях, аналізу їхніх аналогових можливостей і обмежень, розробленню способів опису зображуваних структур, створенню спеціалізованих дешифрувальних каталогів, побудові моделей ландшафтних процесів, а також методикам перевірки їхньої достовірності та ефективності. Важливе місце займає теоретичне обґрунтування і практичне застосування методів комп'ютерної обробки ландшафтних зображень

## 2.2. Використання геоінформаційних систем у дослідженні ландшафтів Херсонської області

Геоінформаційні системи є важливим інструментом для дослідження ландшафтів у Херсонській області, де спостерігаються різноманітні екологічні та соціальні проблеми. ГІС дозволяють інтегрувати, обробляти, аналізувати та візуалізувати географічні дані з різних джерел, таких як супутникові знімки, карти, аерофотозйомка, та створювати детальні моделі ландшафтів, що є важливими для моніторингу змін у природних ресурсах та плануванні сталого розвитку території.

Одним із основних застосувань ГІС у Херсонській області є аналіз землекористування та змін у покритті території. В області спостерігається значний вплив сільськогосподарської діяльності, урбанізації та інших антропогенних факторів. ГІС дозволяють відслідковувати перетворення природних ландшафтів у сільськогосподарські угіддя, зміни в лісових масивах, а також розширення урбанізованих територій.

За допомогою ГІС можна створити карту, яка показує зміни в типах покриття землі, такі як перехід степових територій у зрошувані поля або розширення міських територій.

Для Херсонської області, де важливими природними ресурсами є ґрунти та води, ГІС використовуються для аналізу їх стану. Моніторинг деградації ґрунтів (наприклад, ерозії або засолення) та забруднення водних ресурсів є важливим для прогнозування та попередження екологічних катастроф.

Використовуючи дані з супутникових знімків та географічну інформацію про рівень води в річках та озерах, можна створювати моделі поширення забруднення вод та аналізувати ефективність заходів з очищення.

Зміна клімату є серйозною проблемою для Херсонської області, яка може призвести до збільшення посухи, зменшення родючості ґрунтів та зміни в водному балансі. ГІС дозволяють створювати моделі прогнозування кліматичних змін і оцінювати їхній вплив на екосистеми регіону.

За допомогою ГІС можна створювати карти зміни температури та опадів, а також аналізувати, як ці зміни можуть вплинути на сільське господарство та природні екосистеми, зокрема на степи та болотисті території.

ГІС-технології використовуються для створення точних цифрових моделей рельєфу, які важливі для вивчення геоморфології та змін у рельєфі території. У Херсонській області ЦМР дозволяють оцінювати зміни, спричинені ерозією, будівництвом дамб, осушенням земель або іншими антропогенними процесами.

Створення 3D моделей рельєфу, що дозволяє виявити зони, найбільш вразливі до ерозії ґрунтів чи підтоплення. Це важливо для планування заходів з водозбереження та охорони земель.

ГІС дозволяють створювати бази даних, що містять інформацію про види

рослин і тварин, які зустрічаються на території, а також про природоохоронні території, такі як національні парки або заповідники. Це важливо для моніторингу змін у біорізноманітті і забезпечення охорони рідкісних видів та екосистем.

Аналіз поширення рідкісних видів рослин та тварин у Херсонській області за допомогою ГІС допомагає визначити зони, які потребують особливого захисту від антропогенного впливу.

Переваги використання ГІС у дослідженні ландшафтів:

- Висока точність і детальність даних: ГІС дозволяють отримувати точні та детальні просторові дані, що є необхідними для комплексного аналізу територій.
- Інтеграція з іншими джерелами даних: Дані з супутникових знімків, сенсорів, аерофотозйомки та інших джерел можуть бути легко інтегровані в ГІС для більш глибокого аналізу.
- Моніторинг та прогнозування: ГІС дають можливість не тільки аналізувати поточний стан територій, а й прогнозувати майбутні зміни, що дозволяє вчасно вжити необхідних заходів для збереження природних ресурсів.
- Ефективне планування: Завдяки використанню ГІС можна створювати плани сталого розвитку, оптимізувати використання земельних ресурсів, оцінювати екологічні ризики та забезпечувати ефективне управління природоохоронними територіями.
- Використання геоінформаційних систем у дослідженні ландшафтів Херсонської області є важливим кроком до покращення ефективності управління природними ресурсами, забезпечення сталого розвитку території та збереження її екологічної рівноваги. ГІС дозволяють здійснювати комплексний аналіз територій, що є критично важливим для регіону, де спостерігається активна антропогенна діяльність, включаючи сільськогосподарське освоєння земель, урбанізацію та забруднення водних ресурсів.

Перш за все, ГІС забезпечують високу точність і детальність у зборі, обробці та аналізі просторових даних. За допомогою ГІС можна не лише моніторити стан ландшафтів, а й оцінювати їх зміни, що є важливим для

виявлення наслідків антропогенного впливу, таких як деградація ґрунтів, забруднення вод, або зміни в рослинності. Наприклад, зміни в землекористуванні, такі як перехід природних територій у сільськогосподарські угіддя або розширення урбанізованих зон, можна відстежувати за допомогою супутникових знімків та картографічних даних, що дозволяє оперативно реагувати на зміни.

Крім того, ГІС є потужним інструментом для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР), що дозволяють точно оцінювати геоморфологічні особливості території. Створення тривимірних моделей рельєфу є важливим для вивчення змін у рельєфі, таких як ерозія ґрунтів, підтоплення територій або зміщення ґрунтів, що можуть бути наслідками інтенсивної сільськогосподарської діяльності або зміни водного режиму. Важливим аспектом є також застосування ГІС для створення карт, що допомагають виявити зони, найбільш вразливі до змін клімату, ерозії або інших природних катастроф, таких як повені.

Один із найважливіших аспектів використання ГІС у Херсонській області – це моніторинг водних ресурсів, що має величезне значення для регіону, оскільки багато територій залежать від води для сільськогосподарської діяльності. За допомогою ГІС можна відстежувати рівень води в річках, озерах і водосховищах, що дозволяє прогнозувати паводки, засухи та інші екологічні проблеми, пов'язані з водними ресурсами. Такий моніторинг є важливим не тільки для забезпечення водними ресурсами, а й для прогнозування забруднення водних об'єктів та вжиття заходів для їх очищення.

Важливим є і використання ГІС для дослідження біорізноманіття та природоохоронних територій. Херсонська область має різноманітні екосистеми, серед яких степи, болота та водно-болотні угіддя, що потребують особливої охорони. ГІС дозволяють створювати карти поширення рідкісних видів рослин та тварин, що є основою для формування природоохоронних територій і підтримки їх екологічного стану. Оцінка стану біорізноманіття за допомогою ГІС дозволяє визначати пріоритетні зони для охорони та моніторити зміни в екосистемах.

Окрім того, ГІС значно покращують процес ландшафтного планування,

дозволяючи не тільки оцінювати існуючий стан ландшафтів, але й створювати моделі для прогнозування майбутніх змін. Це дає можливість для більш ефективного управління територіями, прийняття обґрунтованих рішень щодо їх використання, охорони і розвитку. Завдяки інтеграції даних з різних джерел (супутникові знімки, картографічні дані, результативність природоохоронних заходів), ГІС дозволяють створювати точні карти, які забезпечують краще розуміння структури і динаміки ландшафтів.

Програмне забезпечення для ГІС надає великий набір інструментів для аналізу й обробки геоданих. Завдяки цьому можна швидко аналізувати велику кількість даних, робити прогнози і планувати майбутні заходи щодо використання та охорони території. Крім того, ГІС допомагають автоматизувати процеси оцінювання і прийняття рішень, що дозволяє знизити витрати часу та ресурсів на дослідження та аналіз.

Інтеграція ГІС у процеси ландшафтного планування дозволяє покращити обґрунтування природоохоронних заходів і врахувати екологічні фактори при розробці територіальних планів. Такі технології дозволяють визначити можливі ризики, що можуть виникнути в результаті змін у природному середовищі, і вжити заходів для зменшення негативного впливу на екосистеми.

Таким чином, застосування геоінформаційних систем у дослідженні ландшафтів Херсонської області є потужним інструментом для моніторингу екологічних змін, оптимізації використання природних ресурсів і забезпечення сталого розвитку регіону. ГІС дозволяють не лише аналізувати поточний стан території, а й планувати її майбутній розвиток, що є важливим для збереження екологічної рівноваги та забезпечення якості життя в регіоні.

### 2.3. Алгоритм обробки супутникових знімків для ландшафтного аналізу

Обробка супутникових знімків є важливим етапом у дослідженні ландшафтів, особливо для Херсонської області, де спостерігається значний антропогенний вплив на природне середовище. Супутникові знімки дають змогу вивчати зміни в покритті земної поверхні, стан рослинності, водних ресурсів,

ґрунтів, а також виявляти негативні процеси, такі як ерозія або забруднення. Алгоритм обробки супутникових знімків складається з кількох етапів, кожен з яких має своє значення для отримання точних результатів ландшафтного аналізу.

Супутникові знімки можуть бути спотвореними через різні фактори, такі як атмосферні умови або рух супутника. Тому перший етап обробки включає виправлення геометричних спотворень, що дозволяє привести знімки до єдиної системи координат. Це важливо для подальшого коректного порівняння з іншими даними.

Для коректної інтерпретації спектральних даних необхідно провести калібрування знімків, яке дозволяє визначити реальні значення спектральних характеристик, наприклад, відображення різних поверхонь (води, рослинність, ґрунти).

На основі спектральних даних знімків можна класифікувати території за різними типами ландшафтних компонентів, наприклад, рослинність, водні ресурси, урбанізовані території.

Unsupervised (не керована): Це автоматична класифікація, що базується на аналізі пікселів знімка без попереднього знання про класи. Алгоритм сам визначає групи схожих пікселів.

Supervised класифікація (керована): У цьому випадку користувач визначає кілька попередньо відомих класів, і алгоритм класифікує зображення на основі цих класів.

Класифікація також дозволяє порівнювати зміни в покритті ландшафтів з різних років, що є важливим для вивчення динаміки ландшафтних змін у Херсонській області (наприклад, зміна типів землекористування).

Після класифікації знімків з різних років можна провести аналіз змін у ландшафтах, таких як зміни в покритті територій, зменшення або розширення певних екосистем, розвиток урбанізованих зон. Це дозволяє виявляти:

- Урбанізацію (розширення міст).
- Деградацію ґрунтів та втрату природних територій.
- Зміни у водних ресурсах (наприклад, забруднення річок).
- Зміни в рослинності (наприклад, зменшення лісових масивів).

Порівняння знімків дозволяє визначити вплив людської діяльності на ландшафт, що є важливим для планування природоохоронних заходів.

Після аналізу змін і класифікації знімків створюються тематичні карти, що відображають різні характеристики ландшафтів (різні види покриття, стан ґрунтів, рівень деградації територій). Ці карти є корисними для прийняття рішень у сфері природоохорони, управління земельними ресурсами та містобудування.

Використання ГІС дозволяє створювати інтерактивні карти та 3D моделі, що дозволяють детальніше вивчати зміни в ландшафтній структурі, особливо для великих територій, таких як Херсонська область.

Зібрані дані і проведений аналіз можуть бути використані для створення моделей прогнозування майбутніх змін у ландшафтах. Це важливо для планування екологічних заходів, адаптації до змін клімату, а також для управління водними та земельними ресурсами.

На основі отриманих результатів можна оцінити екологічний стан території, визначити зони, які потребують особливого захисту, і зони для сталого використання природних ресурсів.

Алгоритм обробки супутникових знімків для ландшафтного аналізу є ключовим інструментом у сучасних геоекологічних дослідженнях і має велике значення для вивчення змін у природних системах Херсонської області. Застосування цього алгоритму дає можливість отримати точну і детальну інформацію про стан ландшафтів, їхні зміни, що сприяє розумінню екологічних процесів і прийняттю ефективних рішень для управління природними ресурсами.

Процес обробки супутникових знімків є складним та багатоступеневим, що включає кілька важливих етапів, таких як попередня обробка знімків, класифікація, аналіз змін, картографування та візуалізація результатів. На кожному етапі застосовуються спеціалізовані методи та алгоритми, які дозволяють отримати високоточні дані для детального аналізу. Завдяки цьому процесу можна ефективно ідентифікувати зміни в покритті територій, спостерігати за змінами в екосистемах, виявляти деградаційні процеси та

відслідковувати вплив антропогенних факторів.

Одним із важливих аспектів цього процесу є попередня обробка супутникових знімків, яка включає корекцію геометричних спотворень та калібрування даних. Це дозволяє забезпечити точність та коректність подальших етапів обробки, таких як класифікація знімків. Класифікація є основою для визначення типів покриття території, що дозволяє аналізувати зміни в ландшафтах, пов'язані з природними або антропогенними впливами. Методи класифікації можуть бути як керованими (supervised), так і не керованими (unsupervised), і вибір методу залежить від конкретної задачі та доступних даних.

Аналіз змін є ключовим етапом для порівняння знімків, отриманих у різні роки, та виявлення змін, таких як розширення міських територій, зміни в землекористуванні, деградація ґрунтів або забруднення водних ресурсів. Цей етап дозволяє отримати конкретні висновки про вплив різних факторів на ландшафт, а також передбачити можливі екологічні ризики в майбутньому.

Один із важливих етапів – це картографування та візуалізація результатів, що дозволяє наочно відображати зміни ландшафтів і створювати інтерактивні карти та 3D моделі. Такі карти дозволяють більш детально вивчати території, ідентифікувати критичні зони та планувати природоохоронні заходи. Візуалізація результатів допомагає краще зрозуміти масштаби змін і визначити, які території потребують негайних заходів.

Прогнозування майбутніх змін є важливим етапом у цьому процесі, адже на основі отриманих даних можна передбачити, як змінюватимуться ландшафти в результаті змін клімату, урбанізації або інших впливів. Це дає можливість приймати обґрунтовані рішення щодо сталого управління природними ресурсами та охорони навколишнього середовища.

Загалом, алгоритм обробки супутникових знімків є ефективним інструментом для ландшафтного аналізу, який дозволяє отримати детальну інформацію про стан та зміни ландшафтів. Використання цього алгоритму в Херсонській області сприяє кращому розумінню екологічних процесів, забезпечує більш точний моніторинг змін у природному середовищі, а також

допомагає в плануванні заходів щодо збереження природних ресурсів та сталого розвитку території. Результати, отримані за допомогою супутникових знімків, є важливими для екологічних досліджень, управління територіями та прогнозування майбутніх змін у ландшафтних структурах.

#### 2.4. Приклади виявлення змін у ландшафтах за допомогою дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі є потужним інструментом для вивчення та моніторингу змін у ландшафтах. Завдяки можливості отримувати дані на великих територіях, ДЗЗ дозволяє ефективно відслідковувати зміни, що відбуваються в природних і антропогенних екосистемах. У Херсонській області, де спостерігаються різноманітні екологічні та природні процеси, технології ДЗЗ надають безцінні дані для аналізу змін у ландшафтних структурах. Ось кілька прикладів, як методи ДЗЗ застосовуються для виявлення змін у ландшафтах:

Дистанційне зондування дозволяє виявляти зміни в землекористуванні, такі як розширення сільськогосподарських угідь, урбанізація територій або зміни в покритті природних ландшафтів. Зокрема, для Херсонської області супутникові знімки допомагають відслідковувати розширення міських територій, зміну ландшафтів, що виникають через будівництво нових інфраструктурних об'єктів, таких як дороги, мости, житлові комплекси [26].

За допомогою ДЗЗ можна спостерігати за збільшенням площі урбанізованих зон у Херсоні, виявляючи зростання міст і селищ, а також зміни в землекористуванні, наприклад, перехід сільськогосподарських земель у забудовані території. Ці дані допомагають у плануванні екологічно сталого розвитку і збереження природних територій.

Один із основних напрямків застосування ДЗЗ – це аналіз стану рослинності та виявлення змін, таких як зменшення площ лісів, зміна складу рослинного покриття або поширення інвазивних видів рослин. За допомогою мультиспектрального зондування можна спостерігати за динамікою росту рослинності, виявляти осередки деградації екосистем або землеробських угідь.

Супутникові знімки Херсонської області (рис.2.1) можуть виявити зниження площ природних степів через інтенсивне сільськогосподарське використання, що веде до деградації ґрунтів і втрати біорізноманіття. З іншого боку, ці знімки можуть бути використані для виявлення нових лісових насаджень або зусиль з відновлення природних територій.



Рис. 2.1. Супутникові знімки Херсонської області [5]

Дистанційне зондування Землі також дозволяє моніторити зміни в водних ресурсах, такі як забруднення річок, озер або інших водойм. Застосування ДЗЗ для виявлення змін у водних екосистемах є важливим інструментом для управління водними ресурсами і оцінки стану води.

Супутникові знімки можуть виявити зміну кольору води в річках Херсонської області, що може свідчити про забруднення вод, наприклад, через аграрні стоки або скиди від промислових підприємств. Це дає можливість вчасно виявити проблеми з водними ресурсами та розробити заходи для очищення та збереження водних екосистем.



Рис. 2.2. Супутникові знімки зміни кольору води в річках Херсонської області [5]

Одним з важливих напрямків застосування ДЗЗ є вивчення деградаційних процесів на території, таких як ерозія ґрунтів або осушення земель. З супутниковими знімками можна відстежувати зміни в рельєфі та покритті земель, що є результатом ерозії або інших геоморфологічних процесів.

В Херсонській області супутникові знімки можуть виявити ерозію ґрунтів (рис.2.2), яка є результатом аграрної діяльності, зміни водного режиму або неправильного землекористування. Це допомагає відслідковувати прогрес деградації земель і розробляти стратегії їх відновлення та захисту від подальшої ерозії.



Рис. 2.3. Супутникові знімки ерозії ґрунтів [5]

Дистанційне зондування може бути використане для оцінки наслідків

природних катастроф, таких як паводки, лісові пожежі, землетруси або посухи. Супутникові знімки допомагають швидко отримувати дані про масштаби пошкоджень і оцінювати вплив катастроф на ландшафт.

Після паводків на річках Херсонської області супутникові знімки можуть показати масштаби затоплених територій (рис. 2.3) , пошкодження інфраструктури та зміни в екосистемах, таких як затоплення сільськогосподарських земель або зміни у водних ресурсах.



Рис. 2.4. Супутникові знімки затоплених територій Херсонської області [5]

Застосування ДЗЗ дозволяє відслідковувати поширення інвазивних видів рослин або тварин, які можуть серйозно змінити природні екосистеми і ландшафти. Виявлення таких змін є важливим для збереження біорізноманіття.

В Херсонській області супутникові знімки можуть виявити поширення інвазивних видів рослин, таких як амброзія, які сприяють деградації місцевих екосистем і зниженню біорізноманіття. Це дозволяє вчасно вжити заходів для контролю та знищення таких видів.

Виявлення змін у ландшафтах за допомогою ДЗЗ є потужним інструментом для моніторингу екологічних процесів та управління природними ресурсами. У Херсонській області, де зміни ландшафтів часто викликані як природними, так і антропогенними факторами, використання ДЗЗ дозволяє оперативно отримувати дані про зміни в землекористуванні, деградацію ґрунтів, забруднення вод та інші важливі екологічні проблеми. Це дозволяє не тільки виявляти зміни, але й прогнозувати їх, що дає можливість розробляти стратегії

для сталого управління природними ресурсами та захисту навколишнього середовища

Застосування дистанційного зондування Землі для виявлення змін у ландшафтах є одним з найбільш ефективних та оперативних методів моніторингу екологічних процесів і змін, що відбуваються на великих територіях. Для Херсонської області, яка є важливим регіоном України з точки зору сільського господарства, водних ресурсів і природних екосистем, використання ДЗЗ дає можливість отримувати точні та своєчасні дані про різноманітні природні і антропогенні зміни.

У рамках цього розділу було детально розглянуто кілька основних прикладів застосування ДЗЗ для виявлення змін у ландшафтах Херсонської області, серед яких зміни в землекористуванні, стан водних ресурсів, ерозія ґрунтів, зміни в рослинності та біорізноманітті, вплив природних катастроф, а також поширення інвазивних видів.

Одним із найбільш значущих застосувань є моніторинг землекористування і урбанізації. За допомогою супутникових знімків можна швидко та точно відслідковувати зміни в типах покриття землі, такі як перехід природних територій у сільськогосподарські угіддя або розширення міст. Застосування дистанційного зондування землі дає змогу виявляти просторові закономірності урбанізації та поширення аграрної діяльності, що має важливе значення для раціонального землекористування, просторового планування та оцінки впливу на природні екосистеми.

Особливо актуальним для Херсонської області є спостереження за станом водних об'єктів – численних річок, озер, водосховищ. За допомогою знімків із супутників можна фіксувати ознаки забруднення вод, спричинені господарською діяльністю, промисловими стоками або природними змінами. Це дозволяє своєчасно реагувати на екологічні виклики, запобігати погіршенню якості води та планувати заходи з її охорони.

Серйозною проблемою регіону є ерозійні процеси. ДЗЗ забезпечує можливість фіксації змін рельєфу, що виникають як наслідок інтенсивного землеробства або стихійних явищ, таких як повені. Використання супутникових

даних дає змогу виявляти ділянки активної ерозії чи переміщення ґрунтового покриву, що є ключовим для подальшого контролю й запобігання деградації земель.

Ще одним важливим напрямом використання дистанційного моніторингу є спостереження за змінами в рослинному покриві та структурі біорізноманіття. Аналіз просторових змін у складі рослинності дає змогу ідентифікувати осередки деградації природних комплексів, а також контролювати поширення рідкісних або інвазійних видів. Це сприяє ефективному плануванню заходів охорони природи та збереженню біологічного різноманіття, яке відіграє критичну роль в екологічній рівновазі регіону.

Методи дистанційного зондування також мають вагоме значення для вивчення наслідків стихійних лих – посух, пожеж, підтоплень. Супутникові дані дають можливість оперативно оцінити масштаби уражених територій, ступінь пошкодження інфраструктури та зміну ландшафтів, що дозволяє планувати ефективні заходи реагування та відновлення [33].

Загалом, дистанційне зондування є важливим інструментом у сфері екологічного моніторингу, який забезпечує постійне спостереження за станом ландшафтів і дає змогу своєчасно фіксувати негативні зміни. Це дозволяє прогнозувати розвиток ситуацій, впроваджувати превентивні заходи і сприяти збереженню природних ресурсів. Для Херсонської області, де активно відбуваються процеси антропогенного перетворення середовища, застосування ДЗЗ є критично важливим для підтримки екологічної стабільності та сталого природокористування.

Цей підхід дозволяє не лише отримувати об'єктивну інформацію про стан довкілля, а й оцінювати перспективи змін, що робить дистанційне зондування незамінним для наукових досліджень, природоохоронної роботи, територіального планування і прийняття управлінських рішень.

## РОЗДІЛ 3. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ SENTINEL-2

### 3.1. Огляд можливостей супутникової системи Sentinel-2

Супутник SENTINEL-2 рис.3.1 призначений для гіперспектральної зйомки середньої просторової роздільної здатності, був запущений над Україною 2015 року 23-ого червня. Особливість супутника Sentinel-2 полягає у великому територіальному охопленні, частих повторних зйомок з систематичним отриманням повного покриття всієї Землі мультиспектральним зніманням високого дозволу.



Рис. 3.1. Супутник SENTINEL-2[22]

Дані Sentinel-2 забезпечують сервіси GMES, пов'язані з управлінням земельними ресурсами, сільськогосподарським виробництвом і лісовим господарством, а також моніторингом стихійних лих та гуманітарних операцій. Данні супутника Sentinel-2 можна застосовувати в різних програмних продуктах які спеціалізуються на використанні супутникових знімків одним з таких продуктів є QGIS.

Безпосередньо для проведення дослідження було використано знімки SENTINEL-2 на території Херсонської області, для збереження даних дослідження було використано сайт <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser> (для цього була необхідна швидка реєстрація через гул пошту).

Супутники Sentinel-2 оснащені мультиспектральними датчиками, що дозволяють отримувати знімки в 13 спектральних каналах, що охоплюють широкий спектр від видимого світла до інфрачервоного та короткохвильового інфрачервоного діапазону. Це дозволяє вивчати різні аспекти земної поверхні, зокрема:

- Рослинність (виявлення здорових і хворих рослин, моніторинг сільськогосподарських угідь).
- Водні ресурси (моніторинг стану водойм, визначення рівня забруднення).
- Ґрунти та ландшафти (вивчення деградації, ерозії та змін у землекористуванні).

Система Sentinel-2 має високу просторову роздільну здатність:

Для більшості каналів роздільна здатність складає 10 м (для деяких каналів – 20 м і 60 м). Це дозволяє здійснювати точний аналіз та відстеження змін на земній поверхні, таких як зміни в покритті території, урбанізація, зміна ландшафтів, що є особливо важливим для таких регіонів, як Херсонська область.

Завдяки тому, що Sentinel-2 має два супутники (Sentinel-2A і Sentinel-2B), система забезпечує повторення спостережень кожні 5 днів на будь-якій точці земної поверхні при оптимальних умовах. Це дозволяє отримувати оперативні дані для моніторингу змін ландшафтів, водних ресурсів та інших екологічних процесів у реальному часі.

Система Sentinel-2 є універсальним інструментом для проведення численних досліджень, зокрема:

- Аграрний моніторинг: Моніторинг стану сільськогосподарських угідь, визначення стану рослинності та оцінка урожайності.
- Гідрологія та моніторинг водних ресурсів: Вивчення рівнів води в річках, озерах, водосховищах та їх забруднення.
- Урбаністика: Виявлення зміни міських територій, розвиток інфраструктури, аналіз урбанізації.
- Екологічний моніторинг: Оцінка стану природних екосистем, таких як лісові масиви, степи, болота, а також відслідковування деградаційних процесів.

Для обробки даних, отриманих супутниками Sentinel-2, доступні різноманітні програмні засоби, зокрема Sentinel Hub та Google Earth Engine. Ці інструменти дозволяють здійснювати обробку великих обсягів супутникових даних, створювати картографічні візуалізації та здійснювати аналіз змін у землекористуванні та екологічних процесах.

Супутники Sentinel-2 дозволяють спостерігати за змінами в природних екосистемах, таких як:

- Виявлення змін у лісових масивах (вирубка лісів, зміни в стані лісів).
- Моніторинг здоров'я рослинності (застосування індексів здоров'я рослин, таких як NDVI – нормалізований диференційний вегетаційний індекс).
- Оцінка впливу екологічно небезпечних техногенних об'єктів.

Система Sentinel-2 надає можливість виявляти зміни в ландшафтах на рівні місцевих територій, що є особливо важливим для регіонів, таких як Херсонська область. За допомогою супутникових даних можна досліджувати вплив сільськогосподарської діяльності, урбанізації, а також природних катастроф (паводків, лісових пожеж) на ландшафтні структури.

За допомогою супутникових знімків можна здійснювати регулярний моніторинг стану сільськогосподарських угідь, відстежувати ефективність використання водних ресурсів для зрошення, оцінювати ступінь родючості ґрунтів.

Система Sentinel-2 дає змогу вивчати стан природних екосистем, таких як степи та водно-болотні угіддя, виявляти деградацію земель, зокрема через посуху або ерозію ґрунтів.

Супутникові знімки можуть бути використані для моніторингу рівнів води в річках, озерах, водосховищах Херсонської області, а також для виявлення змін в їх якості (забруднення).

Система Sentinel-2 є потужним інструментом для моніторингу екологічних змін у Херсонській області та інших регіонах світу. Завдяки високій роздільній здатності та широкому спектру спектральних каналів, супутники Sentinel-2 дозволяють здійснювати детальний аналіз змін у ландшафтах, водних ресурсах, рослинності та ґрунтах. Це надає можливість для ефективного управління

природними ресурсами, планування заходів з охорони навколишнього середовища, а також для сталого розвитку територій. Застосування цієї технології в Херсонській області дає змогу отримати оперативні та точні дані для прийняття обґрунтованих рішень щодо охорони природи та розвитку регіону.

### 3.2. Спектральні характеристики знімків та їх значення для аналізу ландшафтів

Спектральні характеристики супутникових знімків є одним з основних інструментів для аналізу ландшафтів, оскільки вони дозволяють отримувати важливу інформацію про різні компоненти земної поверхні. Завдяки можливості отримувати знімки в різних спектральних діапазонах, супутники можуть фіксувати відображення різних поверхонь Землі в залежності від їхнього складу та стану. Це дає змогу проводити детальний аналіз змін у ландшафтах, оцінювати екологічний стан території та передбачати майбутні зміни.

Основні спектральні діапазони супутникових знімків дозволяють досліджувати такі важливі елементи ландшафтів, як рослинність, ґрунти, водні ресурси, а також виявляти різні забруднення. Для аналізу рослинності використовуються канали червоного та інфрачервоного спектрів, які допомагають визначити здоров'я рослин, їх густоту та вологість. Зокрема, індекс NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс) дозволяє точно оцінювати стан рослинності та виявляти зміни в її покритті, що важливо для моніторингу сільськогосподарських угідь та природних екосистем [21].

Інфрачервоні канали дають змогу відслідковувати вологість ґрунтів та визначати наявність водних ресурсів, а також моніторити рівень забруднення водних об'єктів. Вони також допомагають у вивченні процесів ерозії та зміщення ґрунтів, що є важливими для моніторингу земельних ресурсів, особливо у регіонах, що піддаються інтенсивному сільськогосподарському освоєнню.

Теплові канали супутникових знімків використовуються для виявлення

температурних аномалій на земній поверхні, що може свідчити про забруднення або зміни клімату. Такі характеристики є важливими для дослідження урбанізованих територій, виявлення "теплових островів" та оцінки їхнього впливу на навколишнє середовище.

Інші індекси, такі як EVI (покращений індекс вегетації) або MNDWI (модифікований нормалізований індекс води), дозволяють здійснювати більш точний аналіз, зокрема для виявлення змін в екосистемах та водних об'єктах.

Загалом, спектральні характеристики знімків є надзвичайно важливими для всебічного аналізу ландшафтів, оскільки вони надають точну і детальну інформацію про різні аспекти земної поверхні. Це дозволяє виявляти зміни в покритті землі, стан рослинності, а також проводити моніторинг водних ресурсів та оцінювати вплив антропогенних факторів на природу. У Херсонській області, де спостерігається значний вплив сільськогосподарської діяльності, урбанізації та змін клімату, такі інструменти є важливими для сталого управління природними ресурсами та збереження екологічної рівноваги. Спектральні канали супутникових знімків дозволяють здійснювати точний моніторинг змін у ландшафтах, що є важливим для планування екологічно стійких заходів та збереження природного середовища [23].

Спектральні характеристики супутникових знімків є важливим інструментом для ефективного аналізу ландшафтів. За допомогою різних спектральних каналів супутникові знімки дають можливість отримувати детальну інформацію про різноманітні елементи земної поверхні, такі як рослинність, ґрунти, водні ресурси та інші природні компоненти. Спектральні канали охоплюють широкий діапазон електромагнітних хвиль, що дозволяє отримати точну інформацію про стан та зміни на території, що є важливим для моніторингу екологічних процесів.

Спектральні характеристики знімків дозволяють виявляти зміни в рослинності, визначати її здоров'я та вологість, що особливо важливо для сільського господарства та природних екосистем. Крім того, спектральні канали дають змогу здійснювати аналіз водних ресурсів, моніторити зміни в річках, озерах та водосховищах, а також виявляти забруднення вод. Інші спектральні

канали дозволяють виявляти зміни в ґрунтах, такі як ерозія, засолення або деградація земель, що є важливим для управління природними ресурсами та захисту довкілля.

Спектральні характеристики супутникових знімків використовуються для створення різноманітних індексів, таких як NDVI, які дають можливість здійснювати точний моніторинг рослинності та оцінювати її стан на великих територіях. Такі індекси дозволяють виявляти проблеми, пов'язані з деградацією земель, зміненням клімату або забрудненням водних ресурсів.

Отже, спектральні характеристики знімків є важливим інструментом для дослідження та аналізу ландшафтів, оскільки вони дозволяють отримати точні та детальні дані для моніторингу змін у природних екосистемах. Для Херсонської області, де активно змінюються ландшафти під впливом сільськогосподарської діяльності, урбанізації та змін клімату, ці характеристики стають важливим інструментом для ефективного управління природними ресурсами, планування екологічно сталого розвитку та збереження біорізноманіття.

### 3.3. Практичне застосування Sentinel-2 для моніторингу Херсонської області

Перед початком дослідження було обрано певний період в який дозволяє виключити частину можливих похибок у роботі через наявність хмар, які можуть сильно впливати на якість результуючого тематичного зображення.

Отож на разі територія Херсонської області, а саме лівий берег знаходиться безпосередньо у центрі подій. Постійні прильоти ракет, масові обстріли містечок та селищ, та повне знищення навколишнього середовища

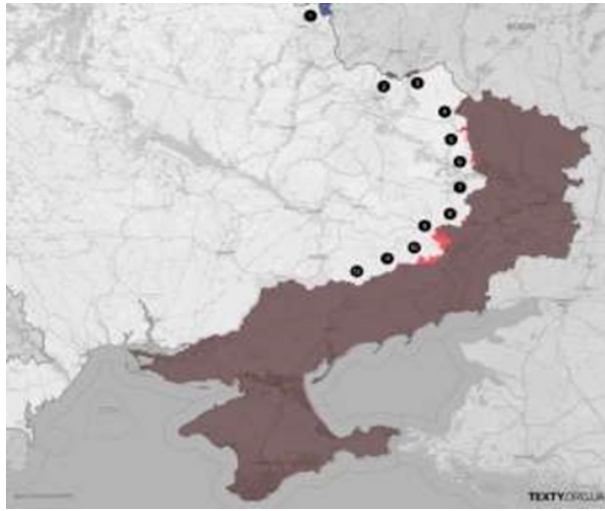


Рис. 3.2. Карта воєнних дій на території України[35]

Злочини країни агресора проти України можна перераховувати безкінечно, але саме екологічні катастрофи, зміну ландшафтів ми з науковим керівником розглянули.

Інтенсивні артилерійські обстріли, авіа удари та мінування території призвели до руйнування природних ландшафтів, особливо степових екосистем, які є характерними для Херсонщини. Вибухаючи, снаряди створюють вирви на поверхні ґрунту, змінюючи його структуру та сприяючи розвитку ерозійних процесів. Також використання боєприпасів, витоків палива та інших токсичних речовин призвело до забруднення водних ресурсів, зокрема річки Дніпро та її приток, що призводить до гідрологічної катастрофи та нестачею питної води в області.

Що до мінування, інші та нерозірвані снаряди становлять загрозу не тільки для людей, але й для тварин, обмежуючи їх пересування та доступ до води й їжі.

Все це в майбутньому приведе до того, що всі данні які стосуються ландшафтів херсонської області, а в першу чергу це картографічні твори будуть не відповідати сучасному становищу в області.

Тож на разі завдяки за стосунку Sentinel Hub було зроблено космознімки за для дослідження, та порівняння та моніторингу сучасного стану земель та ландшафтів Херсонської області, з станом на 2021 рік.



Рис. 3.3. Результат класифікації знімку Херсонської області фільтр Highlight Optimized Natural Color (08.26.2024)[5]

В цілому можна зазначити, рослинний покрив станом на 2024 рік досить сильно зменшився, якщо порівнювати з другим знімком рис.3.3 то можна зазначити, що також впав рівень води у річці Дніпро, це пов'язано з підривом Каховського водосховища, яке трапилось 6 червня 2023 року. Це потягло за собою досить великі, навіть загрозливі проблеми для жителів України, адже була затоплена велика територія, десятки тисяч людей втратили свої домівки. Загинула велика кількість представників української фауни. Окрім матеріальних збитків, підвищення рівня забруднення води стало додатковою проблемою, оскільки забруднені води могли викликати проблеми зі здоров'ям у місцевих жителів та тварин. Це створило додаткові труднощі для системи охорони здоров'я і потребувало термінового реагування з боку держави та гуманітарних організацій.



Рис. 3.4. Результат класифікації знімку Херсонської області фільтр Highlight Optimized Natural Color (07.28.2021) [5]

В цілому, ці катастрофічні події вимагали масштабних зусиль для відновлення інфраструктури, допомоги постраждалим і відновлення екосистем, що стало важким викликом для влади і місцевих спільнот.

Але за останній час Каховського водосховища, яке практично висохло після підриву ГЕС російськими окупантами, знову почала прибувати вода. Останні супутникові знімки показують, що частина раніше осушеної території колишнього водосховища наразі вкрита водою.

Також, значною мірою, від вторгнення російськими окупантами постраждало досить багато заповідних та рекреаційних зон в межах Херсонської області такі як: Чорноморський біосферний заповідник, національні парки Асканія Нова та Олешківські піски.

Чорноморський біосферний заповідник з перших днів повномасштабного вторгнення опинився під окупацією, через пожежі під загрозою виявилися червонокнижні орхідеї, інші унікальні рослини та тварини. Горіли лісові масиви, степові зони, плавневі системи, низинні рослини. Подібні пожежі, що знищують, можуть тривати тижнями.

За результатами моніторингу супутникових даних відомо, що на території Національного парку лише 2022 року було не менше 67 пожеж, 2023 – 141

пожежа. Загалом вигоріло приблизно 6,3 тисячі гектарів, деякі ділянки горіли по кілька разів.

Що до Асканії Нова, то тут ситуація не така критична як з Чорноморським біосферним заповідником, але було відомо що на початку повномасштабного вторгнення працівників не випускали за межі території, а нових поставок їжі як для персоналу так і для жителів парку не було певний час. Також зазначимо, що територія Асканії постраждала лиш через земний транспорт, а саме танки.

З втручанням росіян у ці заповідні зони, територія національних парків все більше перетворюються на пустельну зону, і це можна побачити на космоснімку за 2024 рік. Херсонська область зазнала досить багато змін і на разі це продовжує відбуватися, лише в негативному напрямку [1].

Практичне застосування супутникових знімків з системи Sentinel-2 для моніторингу ландшафтних змін в Херсонській області стало надзвичайно важливим у зв'язку з інтенсивними антропогенними та природними катастрофами, що мали місце на території регіону, зокрема, через повномасштабне військове вторгнення Росії в Україну. Зокрема, використання даних Sentinel-2 дозволяє ефективно відслідковувати і аналізувати зміни, що відбуваються в природних та антропогенних компонентах ландшафтів, таких як зміни в покритті землі, стан водних ресурсів, здоров'я рослинності та поширення забруднень.

Одним з ключових аспектів застосування супутникових знімків є їхня здатність виключати частину похибок, які можуть виникати через погодні умови, наприклад, хмарність, що є важливим для забезпечення стабільності та точності аналізу. Протягом дослідження, для виключення впливу таких факторів, було обрано оптимальний період для отримання даних, що дозволяє забезпечити високу якість результатів.

Екологічні катастрофи та зміни ландшафтів, спричинені військовими діями, стали важливими об'єктами для аналізу. Вибухи, артилерійські обстріли та авіаудари призвели до руйнування природних екосистем, зокрема степових ландшафтів Херсонщини, які є ключовими для екологічної стабільності регіону. Знімки Sentinel-2 показують значні зміни в структурі ґрунтів, формування

ерозійних процесів та деградацію природних територій. Також, у зв'язку з використанням токсичних речовин та витоків палива, зафіксовано забруднення водних ресурсів, зокрема річки Дніпро, що спричинило серйозні екологічні наслідки, включаючи гідрологічну катастрофу та відсутність питної води.

Мінування територій та наявність нерозірваних снарядів створює додаткові труднощі для пересування не тільки людей, але й диких тварин, що впливає на екосистеми та природну фауну. Така ситуація також обмежує доступ до важливих природних ресурсів, таких як вода та їжа, що сприяє знищенню природних середовищ [17].

Динаміка змін водних ресурсів, зокрема внаслідок підриву Каховського водосховища, підтверджується супутниковими знімками. Зниження рівня води в річці Дніпро та водосховищах призвело до суттєвих екологічних наслідків, таких як затоплення великих територій, що створило гуманітарну катастрофу для місцевих жителів і значно погіршило екологічну ситуацію в регіоні.

Також, за допомогою супутникових даних, було зафіксовано значну кількість пожеж, що охоплюють території заповідних зон, таких як Чорноморський біосферний заповідник та Асканія Нова. Спостереження показують масштабні руйнування екосистем через пожежі, що виникають від військових дій, знищення флори та фауни, а також зміни в природних ландшафтах. Відсутність доступу до цих територій та руйнування заповідних зон значно погіршують біорізноманіття і створюють серйозні екологічні загрози.

Таким чином, супутникові знімки Sentinel-2 є надзвичайно важливими для моніторингу екологічних змін у Херсонській області, що стали результатом військових дій. Вони дозволяють оперативно оцінювати зміни в ландшафтах, виявляти негативні наслідки катастроф та надають точні дані для планування заходів щодо відновлення та охорони природних ресурсів. Використання таких технологій є важливим для визначення пріоритетних зон для відновлення та збереження біорізноманіття, а також для проведення екологічного моніторингу та сталого управління територією у майбутньому.

#### 3.4. Аналіз динаміки змін ландшафтів за даними Sentinel-2 (2015–2024 рр.)

Аналіз динаміки змін ландшафтів на основі даних супутникової системи Sentinel-2 є важливим етапом у вивченні екологічних процесів, що відбуваються на території Херсонської області, особливо в умовах сучасних викликів, таких як військові дії, природні катастрофи та інтенсивна людська діяльність. Система Sentinel-2 дозволяє регулярно отримувати супутникові знімки з високою роздільною здатністю, що дозволяє здійснювати ефективний моніторинг змін у різних компонентах ландшафтів: рослинності, водних ресурсах, землекористуванні та екосистемах в цілому.

З початку 2015 року в Херсонській області спостерігається постійне розширення сільськогосподарських угідь, що пов'язано з інтенсифікацією сільськогосподарської діяльності. Використання земель для вирощування різних культур призводить до значних змін в ландшафтній структурі. Зокрема, на супутникових знімках чітко видно, як змінюється покриття земної поверхні, зокрема перехід природних екосистем у землеробські угіддя, що впливає на біорізноманіття і структуру ґрунтів.

Разом із розвитком сільського господарства на південному заході області, зокрема у прилеглих до річки Дніпро районах, спостерігається і урбанізація територій. Розширення міст, селищ і транспортної інфраструктури також призводить до зміни ландшафтів, зокрема, зменшення площ природних ландшафтів і перетворення їх на міські зони. Це, зокрема, стосується міста Херсон, де відбувається зростання урбанізованих територій, а також створення нових інфраструктурних об'єктів.

За останні 9 років, починаючи з 2015 року, в Херсонській області значно зменшилася площа природної рослинності, зокрема степових екосистем. Спостереження за допомогою супутникових знімків показують, що через інтенсивне землеробство, зміни клімату та, в останні роки, через військові дії, багато природних територій зазнали серйозних змін.

Зокрема, степи, які є характерними для Херсонщини, зазнали значної деградації через забруднення ґрунтів, ерозію та зміну водного режиму. За допомогою індексу NDVI (нормалізованого диференційного вегетаційного

індексу) можна оцінити ступінь здоров'я рослинності в різні роки. На основі супутникових знімків за 2024 рік було помічено значне зменшення цього індексу в порівнянні з попередніми роками, що свідчить про погіршення стану екосистем.

Однією з найбільших екологічних катастроф для Херсонської області стало підрив Каховської ГЕС в червні 2023 року, що призвело до різкого падіння рівня води в Каховському водосховищі та річці Дніпро. За допомогою супутникових знімків стало можливим відстежувати зміну рівня води в цій частині області, а також порівнювати ситуацію до і після катастрофи.

Зниження рівня води призвело до значних проблем для місцевих екосистем, оскільки більшість земель, що раніше затоплювались водами водосховища, опинилися в осушеному стані, що зумовило зміну структури екосистем і здоров'я рослин. Крім того, підрив ГЕС спричинив поширення забруднення, зокрема токсичних речовин, таких як важкі метали та паливні витіки, що також відобразилось на якості води та флорі і фауні.

Військовий конфлікт також серйозно позначився на заповідних зонах Херсонської області, зокрема на Чорноморському біосферному заповіднику та Асканії Новій. Бойові дії призвели до численних пожеж у природних екосистемах, що знищили значну частину лісових масивів і степів. Пожежі в національних парках стали регулярними, що є результатом не лише природних факторів, а й людської діяльності під час війни. Дані супутникових знімків за 2022 та 2023 роки підтверджують масштабну кількість пожеж, зокрема в Чорноморському біосферному заповіднику, де в 2023 році було зафіксовано 141 пожежу, що знищила понад 6 тисяч гектарів території.

Асканія Нова також постраждала через танки, які руйнували територію, обмежували доступ до природних ресурсів і створювали загрозу для флори та фауни. Але, на відміну від Чорноморського біосферного заповідника, в Асканії ситуація була менш критичною через менший вплив військових дій на територію парку.

Попри серйозні втрати, що сталися в Херсонській області в результаті військових дій та природних катастроф, супутникові знімки показують

можливість відновлення деяких територій. Наприклад, після підриву Каховської ГЕС, рівень води в деяких частинах водосховища поступово відновлюється, і певні ділянки, що були осушені, знову покриваються водою.

Завдяки використанню супутникових знімків Sentinel-2 стало можливим здійснювати моніторинг процесів відновлення і оцінювати ефективність природоохоронних заходів. Це дає надію на те, що навіть після значних екологічних катастроф можна розробити стратегії для відновлення екосистем і забезпечення сталого розвитку території.

### 3.5. Перспективи використання супутникових даних для потреб картографування ландшафтів

Використання супутникових даних для картографування ландшафтів є важливою складовою сучасної екологічної науки та практики управління природними ресурсами. Завдяки значному прогресу в розвитку супутникових технологій, можливості для моніторингу ландшафтних змін значно розширилися, дозволяючи отримувати детальні й актуальні карти ландшафтів для великих територій, таких як Херсонська область. Супутникові знімки, зокрема з системи Sentinel-2, дозволяють не лише досліджувати стан ландшафтів, а й виявляти зміни, що відбуваються через природні катастрофи, людську діяльність або навіть політичні й військові конфлікти.

Супутники можуть охоплювати великі території, що дозволяє проводити масштабні дослідження ландшафтів, наприклад, моніторити екологічні зміни в регіонах, таких як Херсонська область, без необхідності виконувати економічно не вигідні та довготривалі польові дослідження.

Завдяки супутниковим місіям, як-от Sentinel-2, супутникові знімки можуть отримуватися на регулярній основі, що дає змогу постійно оновлювати картографічні дані і вчасно реагувати на зміни. Це особливо важливо для моніторингу природних ресурсів, зокрема для відслідковування змін у водних ресурсах, рослинності та землекористуванні.

Сучасні супутники, такі як Sentinel-2, мають високу роздільну здатність

знімків, що дозволяє точно і детально картографувати ландшафти. Це важливо для оцінки змін на мікрорівні, таких як зміни в покритті рослинності, рівнях води в річках чи навіть деградації ґрунтів.

Супутникові знімки дозволяють отримувати об'єктивні дані, що мінімізує можливі похибки, пов'язані з людським фактором при традиційному картографуванні.

Для картографування ландшафтів за допомогою супутникових знімків застосовуються різні методи обробки даних, які дозволяють отримувати детальну інформацію про стан територій.

Один із основних методів, що дозволяє класифікувати земну поверхню за типами, наприклад, лісові масиви, сільськогосподарські угіддя, водні об'єкти, урбанізовані території тощо. Використовуються різні алгоритми для класифікації зображень, такі як методи на основі дерев рішень, методи підтримки векторів і навіть нейронні мережі. Цей метод дозволяє створювати карти різних типів земного покриття, що є важливим для розуміння зміни ландшафтів і оптимального управління ними.

Один з найбільш широко використовуваних методів у картографуванні ландшафтів – це використання індексів, таких як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Цей індекс дозволяє оцінити стан рослинності, її густоту і здоров'я. Визначаючи значення NDVI, можна отримати точну інформацію про рівень вегетаційної активності на конкретних територіях, що є важливим для агрономічних досліджень, а також для оцінки екологічних змін, таких як деградація земель чи посухи.

ЦМР дозволяють створювати тривимірні моделі поверхні Землі, що є корисним для оцінки геоморфологічних процесів, таких як ерозія, зсуви або зміни в рельєфі після будівництва інфраструктурних об'єктів. Ці моделі також допомагають в плануванні природоохоронних заходів, виявленні уразливих територій та прогнозуванні змін.

Завдяки супутниковим знімкам можна створювати карти водних ресурсів, а також відслідковувати зміни рівня води в річках і озерах. Спостереження за змінами в водних екосистемах дозволяє оцінити вплив антропогенних і

природних факторів на водні ресурси, що є важливим для управління водозабезпеченням, зокрема для таких областей, як Херсонська, де водні ресурси є важливим елементом для сільського господарства.

Перспективи використання супутникових даних для картографування ландшафтів є надзвичайно широкими. У найближчі роки технології супутникового моніторингу будуть продовжувати розвиватися, що дозволить значно покращити точність і деталізацію карт, а також сприятиме кращому розумінню процесів, що відбуваються на земній поверхні.

Сучасні супутники мають роздільну здатність до 10 м, що дозволяє отримувати детальні карти великих територій. Однак у майбутньому, з розвитком супутникових технологій, можна очікувати значного покращення якості зображень та збільшення роздільної здатності до рівня, що дозволить картографувати навіть дрібні деталі, такі як інфраструктура або малі водні об'єкти.

Збільшення доступу до відкритих даних, таких як карти, дані з наземних досліджень, мобільні додатки, а також розвиток геоінформаційних систем (ГІС) дозволяють інтегрувати супутникові дані з іншими джерелами інформації для створення більш точних та комплексних карт. Це дає змогу враховувати не лише географічні зміни, а й соціально-економічні фактори, що мають великий вплив на ландшафт.

Вдосконалення алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволить автоматизувати процеси класифікації та обробки супутникових знімків, що значно прискорить створення карт і підвищить їх точність. Алгоритми глибокого навчання вже довели свою ефективність у розпізнаванні різних елементів на знімках, таких як типи покриття, зміни в рослинності та водних ресурсах.

Для таких регіонів, як Херсонська область, де спостерігаються значні зміни в ландшафтах через військові дії, природні катастрофи та антропогенне навантаження, супутникові дані є важливим інструментом для відновлення територій і планування екологічно сталого розвитку. Супутникові знімки можуть допомогти в моніторингу змін, таких як зниження рівня води після підриву

Каховської ГЕС, а також для виявлення деградації земель через сільськогосподарську діяльність або забруднення. Дані супутників можна використовувати для відновлення екосистем, збереження біорізноманіття та оцінки екологічного стану заповідних територій, таких як Чорноморський біосферний заповідник або національний парк Асканія Нова.

Однією з найбільших екологічних катастроф, що сталася в Херсонській області, є підриг Каховської ГЕС у червні 2023 року. Підриг цієї дамби призвів до значного зниження рівня води в Каховському водосховищі та річці Дніпро, що спричинило серйозні наслідки для гідрологічної ситуації в регіоні. Супутникові знімки дозволяють зафіксувати масштаби цих змін: визначити, які території були осушені, оцінити рівень зниження води та зафіксувати зміни в природних екосистемах, зокрема в водно-болотних угіддях, що постраждали від втрати води.

Завдяки використанню супутникових знімків можна моніторити не лише зміни рівня води, а й оцінити вплив цієї катастрофи на прилеглі території, такі як землі, що раніше були затоплені, але тепер стали доступними для землекористування або сільського господарства. Це важливо для розробки стратегій відновлення водних екосистем, планування заходів щодо захисту від ерозії ґрунтів і відновлення водного балансу в регіоні.

Сільськогосподарська діяльність є однією з основних причин деградації земель у Херсонській області. Постійне обробіток земель, надмірне використання хімічних добрив і пестицидів, а також нераціональне зрошення призводять до виснаження ґрунтів, ерозії і засолення. За допомогою супутникових даних можна оцінити площі, що піддаються ерозії, виявляти деградовані землі та визначати місця, де земля вимагає відновлення. Супутникові знімки допомагають відслідковувати зміни в покритті землі, визначати райони, де відбувається втрата родючості ґрунтів, що в подальшому сприяє прийняттю рішень про можливі заходи для їх відновлення.

Аналіз індексів, таких як NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс), дозволяє отримувати точну інформацію про стан рослинності на сільськогосподарських землях. Цей індекс показує, наскільки

здорова рослинність і чи є зміни, які свідчать про деградацію ґрунтів або зниження їх продуктивності. Це дозволяє своєчасно виявляти проблеми та впроваджувати ефективні стратегії для покращення стану ґрунтів, наприклад, через впровадження агроландшафтних рішень або практик сталого землеробства.

Військові дії та екологічні катастрофи також сприяють забрудненню водних ресурсів, що є серйозною проблемою для Херсонської області. Під час бойових дій відбуваються витіки нафти, палива та інших токсичних речовин, що забруднюють річки, озера та водосховища. Супутникові знімки допомагають виявити зміну в якості води, визначити забруднені території та оцінити масштаб екологічних проблем. Зокрема, супутники можуть використовуватися для відстеження змін у кольорі води та визначення зони забруднення на основі спектральних характеристик знімків, таких як MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index).

Моніторинг забруднення водних ресурсів дозволяє не лише оперативно реагувати на катастрофи, але й розробляти стратегії для очищення та відновлення водних екосистем. Оцінка забруднення допомагає передбачити можливі негативні наслідки для здоров'я місцевих жителів та диких тварин, що залежать від цих водних ресурсів для життя.

Заповідні території та рекреаційні зони, такі як Чорноморський біосферний заповідник та національний парк Асканія Нова, також постраждали від збройних конфліктів. Численні пожежі, викликані військовими діями, знищили значну частину флори і фауни, що є важливою частиною природної спадщини України. Супутникові дані дозволяють оцінити масштаби цих пошкоджень та виявити території, які потребують термінового відновлення.

За допомогою супутникових знімків можна оцінити масштаби знищених територій, а також відслідковувати прогрес відновлення після катастроф. Супутникові знімки допомагають виявляти пошкоджені території, такі як лісові масиви, степи, болотисті зони, що сприяє плануванню природоохоронних заходів і створенню нових програм для відновлення біорізноманіття.

Використання супутникових даних для створення карт відновлення

ландшафтів дозволяє розробити ефективні стратегії для сталого управління природними ресурсами. Вони можуть включати такі заходи, як:

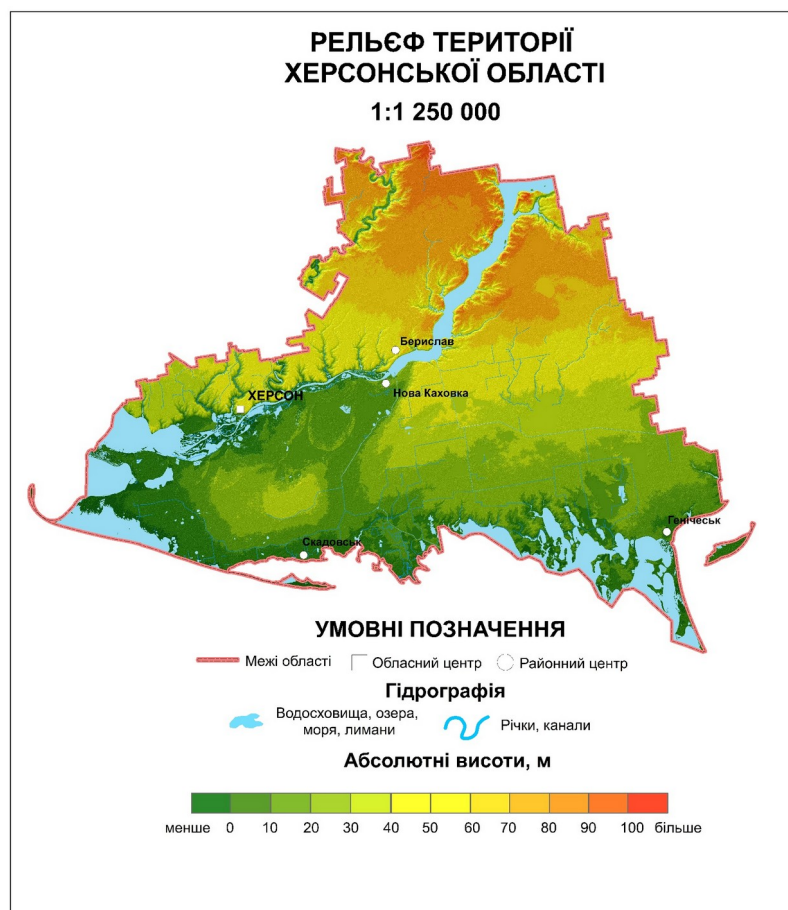
Відновлення лісових і степових екосистем за допомогою спеціальних програм з озеленення та рекультивації земель.

Розробка стратегії водозабезпечення для відновлення водних ресурсів і забезпечення доступу до чистої питної води для місцевих жителів.

Впровадження сталих сільськогосподарських практик, що допомагають відновити родючість ґрунтів і знизити їх ерозію.

Супутникові знімки надають можливість для моніторингу ландшафтних змін, що відбуваються через антропогенні та природні фактори. Вони є незамінним інструментом для картографування та моніторингу змін у водних ресурсах, рослинності, ґрунтах, а також для відновлення екосистем, що постраждали від військових дій або природних катастроф.

У рамках дослідження була створена карта (рис.3.4) яка відображає глобальні ландшафти області, вона дає можливість прослідкувати ситуацію в регіоні на великій площі. Хоча Sentinel дає можливість побачити зміни в великих масштабах завдяки достатньо великому спектру фотографування, але він не підходить для досліджень невеликих об'єктів через свою маленьку роздільну здатність



### Рис. 3.4. Рельєф території Херсонської області

Для Херсонської області, яка переживає серйозні екологічні виклики, супутникові дані є важливим інструментом для розробки стратегій відновлення природних територій, збереження біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку регіону. Застосування таких технологій дозволяє виділити території які знаходяться у зоні ризику.

## ВИСНОВКИ

Воєнні події останніх років суттєво ускладнили проведення традиційних екологічних і географічних досліджень у Херсонській області. Через обмежений доступ до територій, що перебувають у зоні бойових дій або наближені до неї, постала потреба у використанні альтернативних методів моніторингу довкілля. У такій ситуації дистанційне зондування Землі та геоінформаційні системи стали ефективним інструментом, який дав змогу не лише компенсувати брак польових спостережень, а й значно розширити аналітичні можливості дослідження ландшафтних змін. У підсумку дослідження було:

1. Проаналізовано фізико-географічні особливості Херсонської області, а також динаміку змін ландшафтів, зокрема, характерних для цього регіону степових екосистем, річкових долин, заплав та морського узбережжя.

У ході аналізу геологічної основи, рельєфу та рослинного покриву було досліджено суттєвий вплив природних і антропогенних факторів на структуру і функціонування цих територій. Визначення зональності ландшафтів (середньостепової та південностепової зони) стало важливим етапом для розуміння трансформацій, що відбуваються під впливом сільськогосподарської діяльності, урбанізації та меліорації. Також кремену увагу було приділено проблемам збереження природних територій, що є важливим для сталого розвитку регіону. Зокрема, важливим аспектом є необхідність збереження біорізноманіття та екосистемних послуг природних територій, які зменшуються через антропогенне навантаження.

2. Досліджено методи дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем підтверджено їх ефективність у моніторингу та аналізі ландшафтних змін. Використання мультиспектральних супутникових знімків дозволило отримати точні дані про зміни ландшафтів в часі, зокрема для виявлення деградаційних процесів, таких як ерозія ґрунтів, забруднення водних ресурсів, а також зміни в рослинному покриві. ГІС дозволили обробляти великі масиви даних, проводити візуалізацію просторових змін, створювати тематичні карти для подальшого аналізу. Це дозволяє забезпечити точний моніторинг екологічних змін і вчасно реагувати на них, що є важливим для ефективного

управління природними ресурсами та сталого розвитку.

3. На основі проведеного аналізу супутникових знімків та даних ДЗЗ і ГІС-технологій, було розроблено алгоритм для збору, обробки та аналізу ландшафтних змін, що дозволяє отримати достовірні результати щодо сучасного стану територій. У підсумку аналізу було виявлено, що найсильніше антропогенне навантаження відчувається на територіях, що використовуються для сільського господарства, а також на урбанізованих ділянках, де спостерігається зниження біорізноманіття та деградація природних екосистем. Крім того, виявлені негативні наслідки військових дій, які спричинили зміни в ландшафтних структурах через руйнування інфраструктури, забруднення водних ресурсів і зміну природних територій. Використання ДЗЗ і ГІС-технологій для моніторингу змін ландшафтів є надзвичайно ефективним методом для виявлення цих змін і створення на їх основі карт, що можуть бути використані для планування заходів із відновлення екосистем.

4. Проаналізовані результати відкривають нові перспективи для застосування супутникових даних і ГІС-технологій у моніторингу ландшафтних змін не лише в Херсонській області, а й в інших регіонах, що зазнають екологічних або антропогенних змін. Для подальших досліджень необхідно звернути увагу на використання нових технологій, зокрема, високотехнологічних методів глибокого навчання для покращення аналізу супутникових знімків. Також важливим напрямком є інтеграція даних різних джерел, включаючи наземні вимірювання, з метою забезпечення більш повної і точної картини ландшафтних змін.

Загалом, дослідження показало, що супутникові дані, разом з методами ДЗЗ та ГІС, є потужним інструментом для картографування ландшафтних змін і можуть бути використані для розробки ефективних стратегій для відновлення природних територій, збереження біорізноманіття та сталого розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Асканія Нова: перший степовий заповідник. URL: <https://www.ukrainer.net/askaniya-nova>
2. Байдіков І. А. Сучасна ландшафтна структура території Херсонської області як основа для укладання середньомасштабної карти ландшафтних комплексів. Інститут географії Національної академії наук України, Київ, 2017. – 28 с.
3. Бойко В. О. Екологічна географія та ландшафтознавство. Львів: Видавництво ЛНУ імені Івана Франка, 1998. 310 с.
4. Голубцов О. Г. Інвентаризація та аналіз даних у ландшафтному плануванні на основі ГІС. 2014. 9 с.
5. EO-Browser URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser> (Дата звернення: 07.04.2025)
6. Ландшафтне планування в Україні / Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубцов та ін.; під ред. Л. Г. Руденка. – Київ: Реферат, 2014. – 144 с.: іл.
7. Ландшафтно-дистанційні дослідження природно-господарських систем Землі. URL: <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/geograf/26008/> (Дата звернення: 06.04.2025)
8. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Дистанційне зондування Землі в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua> (Дата звернення: 06.04.2025)
9. Мироненко В. П. Ландшафтознавство: методи дослідження: навчальний посібник. Одеса: Одеський національний університет, 2003. 288 с.
10. Довгий С. О., Лялько В. І., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навчальний посібник. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 316 с.
11. Офіційний сайт Державного агентства з питань геодезії, картографії та кадастру України. URL: <https://land.gov.ua> (Дата звернення: 07.04.2025).
12. Рудненко Л. Г. Український географічний журнал. Київ: Національна академія наук України, 2018. – 72 с.

13. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Кн. 2. Ніжин: Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, 2017. 237 с.
14. Свідзінська Д. В. Методи геоєкологічних досліджень: геоінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA: навчальний посібник. – Київ: Логос, 2014. – 402 с.
15. «Випалена земля і отруєні ріки: як росіяни знищують екосистеми на Херсонщині». URL: <https://есо.гауоп.ін.га> (Дата звернення: 07.04.2025).
16. Річниця катастрофи на Каховській ГЕС: хронологія великої біди і що тепер із територією. URL: <https://glavcom.ua> (Дата звернення: 07.04.2025)
17. Український центр дистанційного зондування Землі. Супутниковий моніторинг екологічного стану. URL: <https://spacecenter.gov.ua> (Дата звернення: 05.05.2025)
18. Савченко Н. А. Географічне картографування та його сучасні методи. Київ: Академвидав, 2011. 210 с.
19. Яценко І. І. Техніка та методи дистанційного зондування Землі. Харків: Вища школа, 2016. 150 с.
20. Ковальчук М. В. Геоінформаційні системи та картографічні методи. Львів: Видавництво ЛНУ, 2015. 188 с.
21. Петрова О. В. Екологічний моніторинг на основі даних ДЗЗ та ГІС. Київ: Вища школа, 2017. 240 с.
22. Система Sentinel-2: принципи роботи та можливості для моніторингу довкілля. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home> (Дата звернення: 09.05.2025)
23. Шевченко П. В. Аналіз даних супутникових знімків для екологічного моніторингу. Харків: Фенікс, 2020. 180 с.
24. Демченко А. В. Основи ландшафтного планування на основі супутникових знімків. Одеса: ОНУ, 2018. 112 с.
25. Географія Херсонської області. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Херсонська\\_область](https://uk.wikipedia.org/wiki/Херсонська_область) (Дата звернення: 07.04.2025)
26. Жукова В. Г. Моніторинг змін ландшафтів за допомогою супутникових

знімків. Київ: Інститут географії НАН України, 2019. 172 с.

27. Громова А. С. Зонування ландшафтів за допомогою супутникових даних. Харків: Прапор, 2021. 245 с.

28. Ландшафтна екологія та моніторинг довкілля. URL: <https://eco-catalog.com> (Дата звернення: 06.05.2025)

29. Бандура В. І. ГІС-технології в дослідженнях екології та природокористування. Львів: Видавництво ЛНУ, 2022. 300 с.

30. Бондаренко О. С. Географічний аналіз змін ландшафтів за даними супутників. Київ: Наукова думка, 2018. 224 с.

31. Ярмоленко В. В. Техніки геоекологічного аналізу на основі дистанційного зондування Землі. Одеса: ОНУ, 2015. 160 с.

32. Гусева В. С. Зміни в ландшафтних структурах в результаті антропогенного впливу. Львів: Видавництво НУ, 2019. 132 с.

33. Моніторинг екосистем в умовах змін клімату за допомогою супутникових технологій. URL: <https://www.eco-monitoring.com> (Дата звернення: 08.05.2025)

34. Літвінова І. О. Аналіз природних процесів у ландшафтах за допомогою супутникових даних. Київ: Наукова думка, 2017. 190 с.

35. Ціна територій, карта лінії фронту та цінні історії. URL: <https://uatextyorgua.substack.com/p/813> (Дата звернення: 08.05.2025)

36. Campbell, J. B. Introduction to Remote Sensing. 5th edition. New York: The Guilford Press, 2011. 718 p.

37. Jensen, J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 2nd edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2007. 608 p.

38. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. Remote Sensing and Image Interpretation. 7th edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015. 832 p.

39. Schowengerdt, R. A. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. 3rd edition. San Diego, CA: Academic Press, 2007. 520 p.

40. Tomislav, K., & Zoran, K. Satellite Remote Sensing for Environmental Monitoring. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018. 230 p.

41. Wulder, M. A., & Franklin, S. E. Remote Sensing of Forests: An Overview.

Berlin: Springer, 2017. 254 p.

42. Richards, J. A., & Jia, X. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. 5th edition. Berlin: Springer, 2013. 490 p.

43. NASA Earth Observatory. Earth from Space: How Satellite Data is Changing the Way We See the Planet. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration, 2020. 248 p.

44. Guo, H., & Chen, L. Advances in Remote Sensing for Land Degradation Monitoring and Assessment. Amsterdam: Elsevier, 2018. 320 p.

45. Alphan, H. Remote Sensing for Landscape Ecology: New Methods and Applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. 274 p