

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 66 / 1</i>

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 17 грудня 2025 р.  
№8

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Основи стійкості геосистем»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
освітньо-професійна програма «Управління земельними і водними ресурсами»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра наук про Землю

Рекомендовано на засіданні  
кафедри наук про Землю  
15 грудня 2025 р., протокол № 12

Розробник: доктор біологічних наук,  
професор кафедри наук про Землю ШЕВЧУК Лариса

Житомир  
2025

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 66 / 2</i>

Методичні рекомендації призначенні для виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «**Основи стійкості геосистем**» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 103 «Науки про Землю» освітньо-професійна програма «Управління земельними і водними ресурсами». Житомир, Житомирська політехніка, 2025. 66 с.

**Рецензенти:**

к.т.н., доц., завідувач кафедри гірничих технологій та будівництва імені проф. Бакка М.Т. БАШИНСЬКИЙ Сергій

к.п.н. доц. кафедри наук про Землю ГЕРАСИМЧУК Олена

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 3

## Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою вивчення навчальної дисципліни** є формування у студентів системного розуміння принципів функціонування та стійкості геосистем різного рівня організації, засвоєння методів оцінки їх стану та прогнозування змін під впливом природних і антропогенних факторів.

**Завданнями навчальної дисципліни** є:

- Засвоєння теоретичних основ вчення про геосистеми, їх структуру, динаміку та механізми саморегуляції.
- Вивчення факторів стійкості геосистем та критеріїв оцінки їх стабільного функціонування в умовах зовнішніх впливів.
- Опанування методами аналізу стану геосистем, оцінки їх природного та антропогенно модифікованого функціонування.
- Формування навичок прогнозування змін геосистем та розробки рекомендацій щодо підтримання їх стійкого стану.
- Ознайомлення з сучасними підходами та методами оцінки екологічної стійкості геосистем.

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть отримати додатково наступні Soft skills:

- *комунікативні навички*: письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести дискусію і відстоювати свою позицію; навички працювати в команді;
- *уміння виступати привселюдно*: навички, необхідні для виступів на публіці; навички проведення презентації;
- *керування часом*: уміння справлятися із завданнями вчасно;
- *гнучкість і адаптивність*: гнучкість, адаптивність і здатність змінюватися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблеми;
- *лідерські якості*: уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння ставити мету, планувати діяльність;
- *особисті якості*: креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до оточуючих.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 4

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГЕОСИСТЕМ ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ

**Мета:** Навчитися визначати площі природних об'єктів за допомогою координатної сітки.

Обладнання:

- Онлайн топографічна карта масштабу 1:100000
- Калькулятор

#### ХІД РОБОТИ:

1. Теоретична частина.

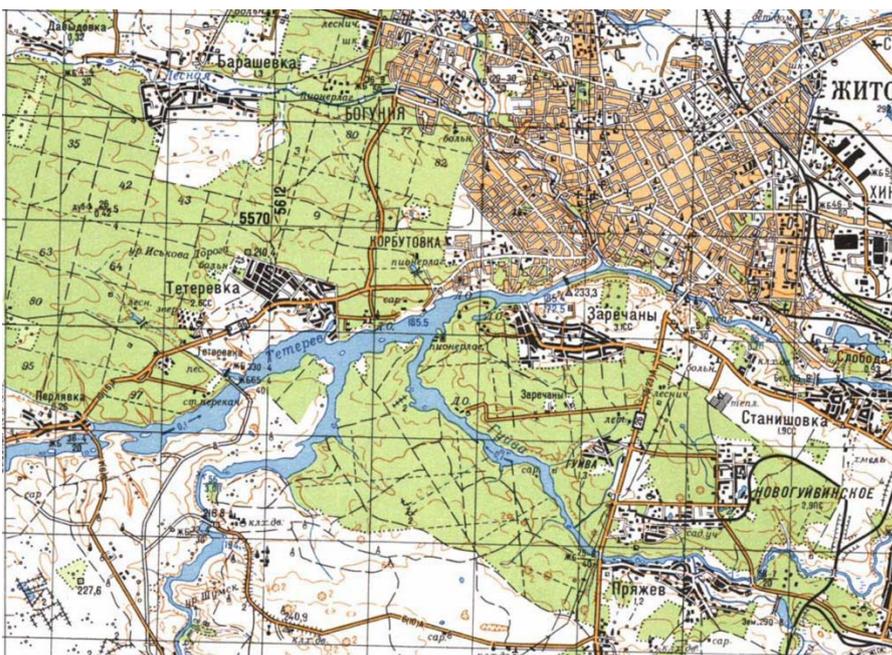
Для онлайн карти важливо знати масштаб сітки координат. На топографічних картах масштабу 1:100000 розмір квадрата координатної сітки становить  $2 \text{ км} \times 2 \text{ км} = 4 \text{ км}^2$ . Порахувавши кількість повних і неповних квадратів, що покривають ліс, та помноживши на  $4 \text{ км}^2$ , можна визначити приблизну площу лісу.

На цій карті координатну сітку видно як тонкі чорні перехресні лінії, що утворюють квадрати.

2. Практична частина. Використовуючи он-лайн топографічну карту Житомира (<https://maps.dokladno.com/maps/100k/M-35-070.jpg>):

- Підрахувати кількість повних квадратів у межах об'єкта
- Оцінити площу неповних квадратів (0.25, 0.5 або 0.75 від повного)
- Розрахувати загальну площу об'єкта

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 5



### 3. Завдання:

1) Визначити площу: Зарічанського та Тетерівського лісових масивів.  
Порівняти отримані дані.

2) Заповнити таблицю:

- Назва об'єкта
- Кількість повних квадратів
- Сума неповних квадратів
- Загальна площа (км<sup>2</sup>)

3) Уявимо, що цей лісовий масив має наступні характеристики: середня висота дерев – 15 м, 0,25 – середній діаметр дерев в метрах (на висоті 1,3 м), 5 – середня відстань між деревами в метрах. Порахуйте кількість дерев в межах лісового масиву.



### ВИСНОВКИ:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 6

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### Тема: ОЦІНКА ВЕРТИКАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти теоретичні основи вертикальної організації геосистем, оволодіти методами аналізу компонентної структури та навчитись оцінювати взаємозв'язки між вертикальними ярусами геосистем для визначення їх стійкості.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Поняття вертикальної структури геосистеми

Вертикальна структура геосистеми – це послідовне розміщення природних компонентів у вертикальному профілі від земної поверхні до материнської породи, а також у приземному шарі атмосфери. Вертикальна структура відображає компонентну організацію геосистеми та характеризує інтенсивність вертикальних потоків речовини та енергії.

#### Основні яруси вертикальної структури:

- Фітоценоз (рослинний покрив з вертикальною ярусністю)
- Зооценоз (розподіл тварин по вертикальних ярусах)
- Приземний шар атмосфери (мікроклімат)
- Ґрунтовий покрив (горизонти Ґрунтового профілю)
- Кора вивітрювання
- Підґрунтові води
- Материнська порода

Основні характеристики вертикальної структури

**Потужність ярусів** – вертикальний розмір (товщина) окремих компонентів геосистеми, що визначає їх ємність та здатність до акумуляції речовини.

**Чіткість меж** – ступінь виразності переходів між ярусами, що впливає на інтенсивність обмінних процесів.

**Контрастність** – міра відмінності властивостей суміжних ярусів за фізичними, хімічними та біологічними параметрами.

**Ступінь розвитку** – повнота представленості всіх ярусів вертикальної структури та їх функціональна активність.

Вертикальні потоки в геосистемах

#### Висхідні потоки:

- Транспірація води рослинами
- Капілярне підняття Ґрунтових вод
- Дифузія газів з Ґрунту в атмосферу
- Висхідна міграція хімічних елементів

#### Низхідні потоки:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 7

- Інфільтрація атмосферних опадів
- Міграція розчинених речовин у ґрунтовому профілі
- Надходження органічної речовини (опад, відмерла біомаса)
- Фізичне вивітрювання та перенесення дрібнозему

Значення вертикальної структури для стійкості геосистем

Добре розвинена вертикальна структура з чіткою диференціацією ярусів характеризує зрілі, стійкі геосистеми. Порушення вертикальної структури (ерозія ґрунту, зведення рослинності, підтоплення) призводить до дестабілізації геосистеми та зниження її стійкості.

### Показники стійкості вертикальної структури:

- Повнота профілю ґрунту (збереженість всіх генетичних горизонтів)
- Ярусність рослинного покриву
- Потужність гумусового горизонту
- Збалансованість вертикальних потоків речовини

## ХІД РОБОТИ

Завдання 1. Побудова вертикального профілю геосистеми

### Інструкція:

1. Накресліть вертикальний профіль, відобразивши: рельєф поверхні, ґрунтовий профіль з горизонтами (із зазначенням потужності), рослинний покрив (із зазначенням ярусності та висоти), підґрунтові води (якщо є дані про їх залягання), материнську породу.

3. Підпишіть всі яруси та вкажіть їх потужність у сантиметрах.

### Форма запису:

Таблиця 1 – Характеристика вертикальних ярусів геосистеми

№	Назва ярусу	Потужність, см	Основні характеристики
1	Деревний ярус		
2	Чагарниковий ярус		
3	Трав'яний ярус		
4	Моховий ярус		
5	Підстилка		
6	Гумусовий горизонт		
7	Перехідний горизонт		
8	Материнська порода		

Завдання 2. Аналіз вертикальних зв'язків між компонентами

### Інструкція:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 8

1. Опишіть основні види взаємодії між суміжними ярусами вертикальної структури.
2. Визначте напрямки та інтенсивність основних потоків речовини та енергії.
3. Побудуйте схему вертикальних зв'язків у вигляді блок-діаграми зі стрілками.

### Форма запису:

Таблиця 2 – Характеристика вертикальних зв'язків

Суміжні яруси	Тип зв'язку	Напрямок потоку	Інтенсивність*
Рослинність Атмосфера	-Транспірація води	↑ Висхідний	
Атмосфера Рослинність	-Надходження опадів	↓ Низхідний	
...	...	...	

\*Інтенсивність оцінюється якісно: висока, середня, низька

### Завдання 3. Розрахунок коефіцієнта вертикальної диференціації

Коефіцієнт вертикальної диференціації (Кверт) відображає ступінь розчленованості вертикальної структури геосистеми і розраховується за формулою:

$$\text{Кверт} = n / H$$

де: n – кількість чітко виражених ярусів у вертикальній структурі; H – загальна потужність активного шару геосистеми, м.

Активний шар – це частина вертикальної структури від поверхні землі до нижньої межі кореневої системи рослин або до рівня ґрунтових вод (залежно від того, що розташоване вище).

### Інструкція:

1. Підрахуйте кількість виділених ярусів у вертикальному профілі (n).
2. Визначте загальну потужність активного шару (H) у метрах.
3. Розрахуйте коефіцієнт вертикальної диференціації.
4. Дайте оцінку ступеня диференціації за шкалою: Кверт < 3 м<sup>-1</sup> – слабка диференціація; Кверт = 3-6 м<sup>-1</sup> – помірна диференціація; Кверт = 6-10 м<sup>-1</sup> – сильна диференціація; Кверт > 10 м<sup>-1</sup> – дуже сильна диференціація.

### Форма запису:

$$n = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (ярусів)}$$

$$H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м)}$$

$$\text{Кверт} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (м}^{-1}\text{)}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 9

## ВИСНОВКИ:

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

#### Тема: АНАЛІЗ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ГЕОСИСТЕМ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ

**Мета роботи:** засвоїти теоретичні основи горизонтальної (територіальної) організації геосистем, навчитися виділяти морфологічні одиниці геосистем, аналізувати їх просторову диференціацію та взаємозв'язки для оцінки ландшафтної структури та стійкості природних комплексів.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Поняття горизонтальної структури геосистеми

Горизонтальна (територіальна) структура геосистеми – це просторова диференціація природних комплексів, що виражається у закономірному розміщенні геосистем нижчого рангу в межах геосистеми вищого рангу. Горизонтальна структура відображає територіальну організацію геосистеми та характер латеральних (бокових) зв'язків між її складовими частинами.

Морфологічні одиниці геосистеми – це елементарні та складні просторові одиниці, які утворюють горизонтальну структуру ландшафту:

- Фація – елементарна геосистема, однорідна за мікрокліматом, зволоженням, ґрунтами та біоценозом
- Урочище – система генетично пов'язаних фацій на одному елементі рельєфу
- Місцевість – сукупність урочищ, що повторюються на однотипних формах рельєфу
- Ландшафт – генетично єдина геосистема з однорідною геологічною будовою, типом рельєфу і кліматом

Типи горизонтальної структури геосистем

**Плямиста структура** – хаотичне розміщення морфологічних одиниць без чіткої закономірності (характерна для рівнин з мікрорельєфом).

**Смугаста структура** – витягнуті в одному напрямку морфологічні одиниці (характерна для річкових долин, узбереж).

**Концентрична структура** – кільцеве розміщення морфологічних одиниць навколо центру (характерна для карстових улоговин, озер).

**Радіально-концентрична структура** – поєднання радіального та кільцевого розміщення (характерна для гор, горбів).

**Ланцюгова (катенна) структура** – послідовна зміна морфологічних одиниць по схилу від вододілу до підніжжя (найпоширеніша на схилах).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 10

## Латеральні зв'язки в геосистемах

Латеральні (горизонтальні, бокові) зв'язки – це взаємодія між суміжними морфологічними одиницями геосистеми через перенесення речовини та енергії в горизонтальному напрямку.

### Основні типи латеральних зв'язків:

**Гідрологічні зв'язки** – перенесення води поверхневим та внутрішньогрунтовим стоком. Це найважливіший тип зв'язків у більшості геосистем.

**Геохімічні зв'язки** – міграція хімічних елементів з водними потоками, вітром, біогенним переносом.

**Літодинамічні зв'язки** – переміщення твердого матеріалу (ерозія, акумуляція, зсуви, обвали).

**Мікрокліматичні зв'язки** – обмін теплом та вологою між суміжними ділянками через приземний шар повітря.

**Біогенні зв'язки** – міграція організмів, перенесення насіння, обмін речовиною через трофічні ланцюги.

Катена як ланцюг латерально пов'язаних геосистем

Катена (від лат. catena – ланцюг) – це закономірний латеральний ряд фацій або урочищ, пов'язаних односпрямованим перенесенням речовини по схилу від вододілу до підніжжя.

### Типові позиції в катені:

- Елювіальна позиція (вододіл, верхня частина схилу) – зона виносу, переважають процеси вивітрювання та площинної ерозії
- Трансєлювіальна позиція (середня частина схилу) – зона транзиту, активне переміщення матеріалу вниз по схилу
- Супераквальна позиція (нижня частина схилу) – зона акумуляції, накопичення делювіальних відкладів
- Аквальна позиція (підніжжя, заплава, знижені ділянки) – зона максимальної акумуляції та перезволоження

Показники горизонтальної диференціації

**Коефіцієнт складності структури (Кскл)** – відношення кількості виділених морфологічних одиниць до площі геосистеми, показує ступінь внутрішньої диференціації.

**Індекс різноманіття (Н)** – розраховується за формулою Шеннона, показує різноманіття типів морфологічних одиниць.

**Коефіцієнт розчленованості** – відношення довжини меж між морфологічними одиницями до площі геосистеми.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 11

**Ступінь контрастності** – міра відмінності характеристик суміжних морфологічних одиниць.

Значення горизонтальної структури для стійкості геосистем

Горизонтальна структура є важливим фактором стійкості геосистем. Складна, мозаїчна структура з високим різноманіттям морфологічних одиниць забезпечує більшу екологічну стійкість завдяки:

- Збільшенню екотонів (перехідних зон) між різними типами урочищ
- Підвищенню біорізноманіття та кількості екологічних ніш
- Кращому розподілу та перерозподілу ресурсів
- Наявності буферних зон, що гасять зовнішні впливи

### ХІД РОБОТИ

Завдання 1. Аналіз горизонтальної структури геосистеми та виділення морфологічних одиниць

**Інструкція:**

#### Крок 1. Вибір ключової ділянки та попередній аналіз

На топографічній карті оберіть ділянку площею 4-9 км<sup>2</sup> з різноманітним рельєфом (бажано, щоб вона включала вододіл, схили різної експозиції, підніжжя). Виконайте попередній морфометричний аналіз:

- Визначте загальний характер рельєфу (рівнинний, горбистий, схиловий)
- Виміряйте перевищення між найвищою та найнижчою точками
- Відзначте основні форми рельєфу

#### Крок 2. Виділення морфологічних одиниць

На топографічній карті виділіть морфологічні одиниці (урочища) на основі комплексного аналізу:

- Форми та елементи рельєфу (вододіли, схили, тераси, заплави, западини)
- Експозиція схилів (північна, південна, східна, західна)
- Крутизна схилів (пологі <5°, помірні 5-15°, круті >15°)
- Тип рослинності (за наявності карт або матеріалів)
- Тип ґрунтів (за наявності карт)

Кожну виділену морфологічну одиницю позначте номером та нанесіть на схему кольоровими олівцями (різні типи урочищ – різними кольорами).

#### Крок 3. Складання легенди та характеристика морфологічних одиниць

Заповніть таблицю, в якій охарактеризуйте виділені морфологічні одиниці:

Таблиця 1 – Характеристика морфологічних одиниць геосистеми

№	Назва урочища	Рельєф та його характеристики	Зволення	Рослинність	Площа, га	% від загальної площі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 12

1						
2						
3						
...	...	...	...	...	...	...
<b>Разом:</b>						100%

#### Крок 4. Розрахунок показників горизонтальної диференціації

##### А. Коефіцієнт складності структури (Кскл):

$$K_{скл} = N / S$$

де: N – кількість виділених морфологічних одиниць; S – площа досліджуваної ділянки, км<sup>2</sup>.

$$N = \text{___} \text{ (одиниць)}$$

$$S = \text{___} \text{ (км}^2\text{)}$$

$$K_{скл} = \text{___} \text{ (одиниць/км}^2\text{)}$$

##### Б. Визначення типу горизонтальної структури

На основі аналізу просторового розміщення морфологічних одиниць визначте домінуючий тип горизонтальної структури (підкреслити):

- Плямиста структура
- Смугаста структура
- Концентрична структура
- Радіально-концентрична структура
- Ланцюгова (катенна) структура
- Комбінована структура (вказати які типи поєднуються): \_\_\_\_\_

#### Крок 5. Висновки за завданням 1

Сформулюйте висновки про горизонтальну структуру досліджуваної геосистеми:

1. Охарактеризуйте складність структури (кількість морфологічних одиниць, значення Кскл)
2. Оцініть різноманіття урочищ
3. Визначте домінуючі типи урочищ та їх співвідношення
4. Вкажіть тип горизонтальної структури
5. Дайте загальну оцінку екологічної стійкості геосистеми на основі її горизонтальної структури

#### ВИСНОВКИ:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 13

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### Тема: РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОЇ СТІЙКОСТІ ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти методи кількісної оцінки природної стійкості геосистем, навчитися розраховувати основні показники стійкості та інтерпретувати отримані результати для прийняття управлінських рішень щодо раціонального природокористування.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Природна стійкість геосистеми – здатність зберігати свою структуру та функціонування при зовнішніх впливах та самостійно відновлюватися після порушень. Стійкість визначається сукупністю природних факторів: рельєфом, кліматом, ґрунтами, рослинністю, гідрологічним режимом.

#### Основні показники стійкості:

**Коефіцієнт морфологічної стійкості (Кмс)** – відображає вплив рельєфу на стійкість геосистеми. Чим менша крутизна схилів, тим вища стійкість до ерозійних процесів.

$$K_{mc} = 1 - (S \times \alpha) / 100$$

де: S – частка площі схилених земель, %;  $\alpha$  – середня крутизна схилів, градуси.  
Інтерпретація:  $K_{mc} > 0,7$  – висока стійкість;  $K_{mc} = 0,5-0,7$  – середня стійкість;  $K_{mc} < 0,5$  – низька стійкість.

**Коефіцієнт екологічної стабільності ландшафту (Кес)** – відношення площі екологічно стабільних угідь до площі нестабільних угідь.

$$K_{ec} = P_{stab} / P_{nstab}$$

де:  $P_{stab}$  – площа стабільних угідь (ліси, луки, болота, водойми), га;  $P_{nstab}$  – площа нестабільних угідь (рілля, забудова, порушені землі), га.

Інтерпретація:  $K_{ec} > 1,0$  – екологічно стабільний ландшафт;  $K_{ec} = 0,5-1,0$  – помірно стабільний;  $K_{ec} < 0,5$  – нестабільний ландшафт.

**Коефіцієнт антропогенного навантаження (Кан)** – інтегральний показник ступеня трансформації природних ландшафтів господарською діяльністю.

$$K_{an} = \sum(P_i \times B_i) / P$$

де:  $P_i$  – площа і-го виду землекористування, га;  $B_i$  – бал антропогенного навантаження і-го виду угідь (1-5); P – загальна площа території, га.

Бальна шкала: 1 – природні угіддя (ліси, водойми); 2 – луки, пасовища; 3 – багаторічні насадження; 4 – рілля; 5 – забудовані та порушені землі.

Завдання . Визначення коефіцієнта екологічної стабільності ландшафту

#### Інструкція:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 15

Вид угідь	Площа (P <sub>i</sub> ), га	Бал навантаження (B <sub>i</sub> )	P <sub>i</sub> × B <sub>i</sub>
Ліси		1	
Луки природні		2	
Болота		1	
Водойми		1	
Рілля		4	
Багаторічні насадження		3	
Забудовані території		5	
Порушені землі		5	
<b>Разом:</b>		<b>Σ(P<sub>i</sub> × B<sub>i</sub>) =</b>	

Загальна площа території: P = \_\_\_\_\_ га

**Розрахунок коефіцієнта антропогенного навантаження:**

Кан =  $\Sigma(P_i \times B_i) / P =$  \_\_\_\_\_

Оцінка антропогенного навантаження: \_\_\_\_\_

**Висновки:**

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

#### Тема: ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ГЕОСИСТЕМИ

**Мета роботи:** навчитися визначати критичні навантаження на геосистеми та оцінювати ризик їх порушення.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Критичне навантаження – максимальна інтенсивність впливу на геосистему, яку вона може витримати без незворотних змін структури та функцій.

**Допустимі втрати ґрунту (Гдоп)** – максимальна кількість ґрунту, що може змиватися за рік без зниження родючості.

$$\text{Гдоп} = H \times \rho / T$$

де: H – потужність гумусового горизонту, см; ρ – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>; T – термін відновлення ґрунту, років (зазвичай 100-200 років).

**Критичне рекреаційне навантаження (Nкр)** – максимальна кількість відвідувачів, яку може витримати природна територія без деградації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 16

$$N_{кр} = S \times K \times R$$

де: S – площа території, га; K – коефіцієнт стійкості до витоштування (1-5); R – норматив рекреаційного навантаження для даного типу угідь, людино-днів/га.

## ХІД РОБОТИ

Завдання 1. Розрахунок допустимих втрат ґрунту від ерозії

### Інструкція:

1. За даними ґрунтового обстеження визначте потужність гумусового горизонту.
2. Використайте середнє значення щільності ґрунту для даного типу.
3. Розрахуйте допустимі втрати ґрунту.

Таблиця 1 – Розрахунок допустимих втрат ґрунту

Тип ґрунту	H, см	ρ, г/см <sup>3</sup>	T, років	Gдоп, т/га/рік
Чорнозем		1,3	150	
Сірий лісовий		1,4	200	
Дерново-підзолистий		1,5	200	

### Приклад розрахунку:

$$G_{доп} = (H \times \rho / T) \times 100 = (\text{_____} \times \text{_____} / \text{_____}) \times 100 = \text{_____} \text{ т/га/рік}$$

Інтерпретація: Якщо фактичні втрати ґрунту перевищують Gдоп, необхідні протиерозійні заходи.

Завдання 2. Визначення критичного рекреаційного навантаження

### Інструкція:

1. Визначте площу рекреаційної території та тип угідь.
2. За таблицею 2 оберіть коефіцієнт стійкості та норматив навантаження.
3. Розрахуйте критичне навантаження.

Таблиця 2 – Нормативи рекреаційного навантаження

Тип угідь	Коефіцієнт стійкості (K)	Норматив (R), людино-днів/га
Хвойний ліс	2	3-5
Листяний ліс	3	5-8
Лугові угіддя	4	8-12
Піщані пляжі	5	15-20
Водні об'єкти	1	1-2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 17

### Розрахунок критичного навантаження:

Таблиця 3 – Розрахунок для конкретної території

Тип угідь	S, га	K	R, люд-днів/га	Nкр, люд-днів
<b>Разом:</b>				

### Приклад розрахунку:

$$N_{кр} = S \times K \times R = \underline{\quad} \times \underline{\quad} \times \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ людино-днів}$$

Інтерпретація: Якщо фактична відвідуваність перевищує  $N_{кр}$ , виникає деградація рослинного покриву, ущільнення ґрунту, ерозія.

### Висновки:

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### Тема: РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОСТІ

**Мета роботи:** навчитися розраховувати комплексні показники стійкості геосистем та давати інтегральну оцінку їх екологічного стану.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Комплексні показники стійкості об'єднують різні фактори (рельєф, ґрунти, рослинність, антропогенне навантаження) в один інтегральний показник.

**Інтегральний коефіцієнт стійкості (Кінт)** – середньозважена оцінка стійкості геосистеми за різними факторами.

$$K_{інт} = \Sigma(P_i \times B_i) / n$$

де:  $P_i$  – вага  $i$ -го фактора (0-1);  $B_i$  – бал стійкості за  $i$ -м фактором (1-5);  $n$  – кількість факторів.

Інтерпретація:  $K_{інт} > 4,0$  – висока стійкість;  $K_{інт} = 3,0-4,0$  – середня стійкість;  $K_{інт} = 2,0-3,0$  – низька стійкість;  $K_{інт} < 2,0$  – дуже низька стійкість.

**Індекс геоecологічної стабільності (Ігс)** – показник співвідношення площ стабілізуючих та дестабілізуючих угідь з урахуванням їх екологічної значущості.

$$I_{гс} = \Sigma(S_i \times K_i) / P$$

де:  $S_i$  – площа  $i$ -го типу угідь, га;  $K_i$  – коефіцієнт екологічної значущості (-1 до +1);  $P$  – загальна площа території, га.

Інтерпретація:  $I_{гс} > 0,5$  – екологічно стабільна територія;  $I_{гс} = 0,0-0,5$  – помірно стабільна;  $I_{гс} < 0,0$  – екологічно нестабільна.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 18

## ХІД РОБОТИ

Завдання 1. Розрахунок інтегрального коефіцієнта стійкості

### Інструкція:

1. Оцініть стійкість геосистеми за кожним фактором за 5-бальною шкалою.
2. Присвойте вагу кожному фактору (сума ваг = 1,0).
3. Розрахуйте інтегральний коефіцієнт.

Таблиця 1 – Розрахунок інтегрального коефіцієнта стійкості

Фактор стійкості	Вага фактора (Pi)	Бал стійкості (Bi)	Обґрунтування балу	Pi × Bi
Рельєф та схили	0,25			
Ґрунтовий покрив	0,20			
Рослинність	0,25			
Гідрологічний режим	0,15			
Антропогенне навантаження	0,15			
<b>Разом:</b>	<b>1,0</b>		<b>Σ(Pi × Bi) =</b>	

### Шкала оцінювання факторів (1-5 балів):

- 5 балів – найвища стійкість (ліси на пологих схилах, цілинні ґрунти)  
 4 бали – висока стійкість (луки, добре збережені ґрунти)  
 3 бали – середня стійкість (багаторічні насадження, помірна ерозія)  
 2 бали – низька стійкість (рілля на схилах, деградовані ґрунти)  
 1 бал – дуже низька стійкість (забудовані та порушені землі)

### Розрахунок:

$$K_{int} = \Sigma(P_i \times B_i) / n = \underline{\quad\quad} / 5 = \underline{\quad\quad}$$

Оцінка стійкості геосистеми: \_\_\_\_\_

Завдання 2. Визначення індексу геоecологічної стабільності

### Інструкція:

1. Визначте площі різних типів угідь на досліджуваній території.
2. Присвойте кожному типу угідь коефіцієнт екологічної значущості.
3. Розрахуйте індекс геоecологічної стабільності.

Таблиця 2 – Коефіцієнти екологічної значущості угідь

Тип угідь	Коефіцієнт екологічної значущості (Ki)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 19

Ліси	+1,0
Водойми та болота	+0,8
Луки природні	+0,6
Чагарники	+0,4
Пасовища культурні	+0,2
Багаторічні насадження	0,0
Рілля	-0,4
Забудовані території	-0,8
Порушені землі	-1,0

Таблиця 3 – Розрахунок індексу геоecологічної стабільності

Тип угідь	Площа (Si), га	Коефіцієнт (Ki)	Si × Ki
<b>Разом:</b>	<b>P =</b>	<b>Σ(Si × Ki) =</b>	

### Розрахунок:

Загальна площа території:  $P =$  \_\_\_\_\_ га

Сума добутків:  $\Sigma(Si \times Ki) =$  \_\_\_\_\_

$I_{гс} = \Sigma(Si \times Ki) / P =$  \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

Оцінка геоecологічної стабільності: \_\_\_\_\_

### Висновки:

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

**Тема: МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ**

**Мета роботи:** навчитися оцінювати стійкість ґрунтового покриття до деградаційних процесів та визначати ступінь порушення ґрунтів.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Стійкість ґрунтового покриття – здатність ґрунтів протистояти ерозії, дефляції, ущільненню, забрудненню та іншим деградаційним процесам.

**Коефіцієнт протиерозійної стійкості (Kер)** – показник здатності ґрунту протистояти водній ерозії.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 20

$$K_{ep} = (Г \times C \times B) / (K \times E)$$

де: Г – вміст гумусу, %; С – вміст фізичної глини, %; В – водопроникність, мм/хв; К – крутизна схилу, °; Е – еродованість ґрунту, бали (1-5).

Інтерпретація:  $K_{ep} > 5$  – висока стійкість;  $K_{ep} = 2-5$  – середня стійкість;  $K_{ep} < 2$  – низька стійкість.

**Індекс деградації ґрунтів (Ідег)** – комплексна оцінка ступеня порушення ґрунтового покриву.

$$I_{deg} = \Sigma(\Pi_i \times B_i) / n$$

де:  $\Pi_i$  – прояв і-го деградаційного процесу (бали 0-5);  $B_i$  – вага процесу; n – кількість процесів.

Інтерпретація:  $I_{deg} < 1,5$  – слабка деградація;  $I_{deg} = 1,5-3,0$  – помірна деградація;  $I_{deg} = 3,0-4,0$  – сильна деградація;  $I_{deg} > 4,0$  – дуже сильна деградація.

## ХІД РОБОТИ

Завдання 1. Розрахунок коефіцієнта протиерозійної стійкості

### Інструкція:

1. За результатами ґрунтового обстеження заповніть таблицю 1.
2. Розрахуйте коефіцієнт протиерозійної стійкості для кожного типу ґрунту.
3. Оцініть ступінь стійкості ґрунтів до ерозії.

Таблиця 1 – Розрахунок протиерозійної стійкості ґрунтів

Тип ґрунту	Г, %	С, %	В, мм/хв	К, °	Е, бали	$K_{ep}$	Оцінка

### Шкала еродованості ґрунтів (Е):

- 1 бал – не еродований (гумусовий горизонт збережений повністю)
- 2 бали – слабо еродований (змито до 25% горизонту)
- 3 бали – середньо еродований (змито 25-50%)
- 4 бали – сильно еродований (змито 50-75%)
- 5 балів – дуже сильно еродований (змито >75% або повністю)

### Приклад розрахунку:

$$K_{ep} = (Г \times C \times B) / (K \times E) = (\underline{\quad} \times \underline{\quad} \times \underline{\quad}) / (\underline{\quad} \times \underline{\quad}) = \underline{\quad}$$

Завдання 2. Визначення ступеня деградації ґрунтового покриву

### Інструкція:

1. Оцініть прояв різних деградаційних процесів на досліджуваній ділянці за 5-



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 22

## Поняття деградації ґрунтів

**Деградація ґрунтів** – це сукупність процесів, що призводять до погіршення властивостей ґрунту, зниження його родючості та здатності виконувати екологічні функції. Деградація є одним з основних показників порушення стійкості геосистеми, оскільки ґрунт виступає центральною ланкою, що об'єднує живі та неживі компоненти природного середовища.

## Основні види деградації ґрунтів

**1. Водна ерозія** – руйнування та винесення верхніх горизонтів ґрунту під дією стікаючої води.

- Площинний змив (плоскісна ерозія)
- Лінійна ерозія (утворення ярів, балок)

**2. Вітрова ерозія (дефляція)** – руйнування та видування ґрунтових частинок вітром.

**3. Фізична деградація:**

- Ущільнення ґрунту (зниження пористості)
- Погіршення структури (руйнування агрегатів)
- Утворення кірки на поверхні

**4. Хімічна деградація:**

- Підкислення або підлуження
- Засолення (накопичення солей)
- Забруднення важкими металами, пестицидами

**5. Біологічна деградація:**

- Зниження вмісту гумусу (дегуміфікація)
- Зменшення біологічної активності
- Втрата біорізноманіття ґрунтової біоти

**6. Підтоплення та заболочування** – надмірне зволоження внаслідок підйому ґрунтових вод.

## Основні показники деградації ґрунтів

**1. Морфологічні показники:**

- Потужність гумусового горизонту (А)
- Глибина ґрунтового профілю
- Наявність ерозійних форм

**2. Фізичні показники:**

- Щільність будови (об'ємна маса)
- Пористість
- Структурність

**3. Хімічні показники:**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 23

- Вміст гумусу (%)
- Реакція середовища (рН)
- Вміст поживних елементів (N, P, K)

#### 4. Біологічні показники:

- Чисельність мікроорганізмів
- Активність ферментів
- Інтенсивність дихання ґрунту

#### Ступені деградації ґрунтів

**Слабка деградація** – незначні зміни властивостей, втрата до 20% гумусу, зниження врожайності на 5-10%.

**Середня деградація** – помітне погіршення властивостей, втрата 20-40% гумусу, зниження врожайності на 10-30%.

**Сильна деградація** – значне погіршення властивостей, втрата 40-60% гумусу, зниження врожайності на 30-50%.

**Дуже сильна деградація** – критичне погіршення, втрата понад 60% гумусу, зниження врожайності понад 50%, часткова або повна втрата родючості.

#### Значення оцінки деградації для стійкості геосистем

Ґрунт є індикатором стану геосистеми. Процеси деградації ґрунтів свідчать про порушення стійкості всієї природної системи та потребують невідкладних природоохоронних заходів. Своєчасна діагностика деградації дозволяє запобігти незворотним змінам у геосистемі.

## ХІД РОБОТИ

### Завдання 1. Визначення морфологічних ознак деградації ґрунту

#### Інструкція:

1. Вивчіть опис ґрунтового розрізу (надається викладачем або використовуйте умовні дані).
2. Визначте потужність гумусового горизонту (А) та загальну глибину профілю.
3. Виявіть ознаки деградації: змитість верхніх горизонтів, наявність підорного горизонту, ущільнені шари, кірка на поверхні.
4. Заповніть таблицю.

#### Форма запису:

Таблиця 1 – Морфологічна характеристика ґрунту

Показник	Еталонний ґрунт (недеградований)	Досліджуваний ґрунт	Ступінь відхилення
Потужність	30-40		

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 24

горизонту А, см			
Загальна глибина профілю, см	100-120		
Структура гумусового горизонту	Зерниста, грудкувата		
Забарвлення горизонту А	Темно-сіре, чорне		
Наявність ерозійних ознак	Відсутні		
Ущільнення підорного шару	Відсутнє		

## Завдання 2. Оцінка хімічної деградації ґрунту

### Інструкція:

1. Використовуючи дані хімічного аналізу, визначте втрату гумусу.
2. Розрахуйте коефіцієнт дегуміфікації.
3. Оцініть реакцію середовища (рН). Проведіть визначення кількох проб

**Коефіцієнт дегуміфікації (Кдег)** показує відносну втрату гумусу:

$$\text{Кдег} = (\text{Ге} - \text{Гд}) / \text{Ге} \times 100\%$$

де:

Ге – вміст гумусу в еталонному ґрунті, %

Гд – вміст гумусу в досліджуваному ґрунті, %

### Форма запису:

**Таблиця 2 – Показники хімічної деградації**

Показник	Еталонний ґрунт	Досліджуваний ґрунт	Відхилення
Вміст гумусу, %			
рН водний	6,5-7,0		
Вміст нітрогену (N), мг/100 г			
Вміст фосфору (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/100 г			

### Розрахунок коефіцієнта дегуміфікації:

Ге = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ %

Гд = \_\_\_\_\_ %

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 25

$$K_{дег} = ( \text{_____} - \text{_____} ) / \text{_____} \times 100\% = \text{_____} \%$$

### Оцінка ступеня дегуміфікації:

- $K_{дег} < 10\%$  – слабка дегуміфікація
- $K_{дег} = 10-25\%$  – помірна дегуміфікація
- $K_{дег} = 25-50\%$  – сильна дегуміфікація
- $K_{дег} > 50\%$  – дуже сильна дегуміфікація

### Завдання 3. Розробка заходів з відновлення ґрунту

#### Інструкція:

1. На основі виявлених видів деградації запропонуйте конкретні заходи з відновлення ґрунту.
2. Заповніть таблицю рекомендацій.

#### Таблиця 4 – Природоохоронні заходи

Вид деградації	Виявлені проблеми	Рекомендовані заходи
Ерозія		Протиерозійна оранка, залуження схилів, терасування
Ущільнення		Глибоке розпушування, внесення органіки
Дегуміфікація		Внесення гною, сидератів, компосту
Підкислення		Вапнування
Засолення		Промивання, дренаж

### ВИСНОВКИ:

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### Тема: ОЦІНКА ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти основні поняття гідрологічного режиму геосистем, оволодіти методами розрахунку водного балансу та навчитись оцінювати вплив гідрологічних характеристик на стійкість природних систем.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

#### Поняття гідрологічного режиму геосистеми

**Гідрологічний режим** – це сукупність процесів надходження, переміщення та витрачання води в геосистемі. Водний режим визначає функціонування всіх компонентів геосистеми і є одним з головних факторів її стійкості.

#### Основні компоненти водного балансу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 26

**Водний баланс** – це співвідношення надходження та витрачання води в геосистемі за певний період часу.

**Рівняння водного балансу:**

$$O = I + C \pm \Delta Z$$

де:

O – опади (надходження вологи), мм

I – випаровування (сумарне), мм

C – стік (поверхневий + підземний), мм

$\Delta Z$  – зміна запасів вологи в ґрунті ( $\pm$  залежно від накопичення чи витрачання), мм

**Основні гідрологічні показники**

**1. Коефіцієнт стоку (Kc)** – частка опадів, що перетворюється на стік:

$$Kc = C / O$$

- Kc = 0,1-0,3 – низький стік (степова зона, піщані ґрунти)
- Kc = 0,3-0,5 – середній стік (лісостепова зона)
- Kc = 0,5-0,7 – високий стік (лісова зона, глинисті ґрунти)
- Kc > 0,7 – дуже високий стік (заболочені території, міські території)

**2. Коефіцієнт зволоження (Kз)** – відношення опадів до випаровуваності:

$$Kз = O / E_0$$

де E<sub>0</sub> – випаровуваність (можлива величина випаровування), мм

- Kз < 0,5 – аридний клімат (посушливий)
- Kз = 0,5-1,0 – субаридний клімат (недостатньо зволожений)
- Kз = 1,0-1,5 – гумідний клімат (достатньо зволожений)
- Kз > 1,5 – надмірно зволожений клімат

**3. Рівень ґрунтових вод (РГВ)** – глибина залягання підземних вод від поверхні землі:

- РГВ > 5 м – глибоке залягання, вплив на рослинність відсутній
- РГВ = 3-5 м – слабкий вплив на ґрунт та рослинність
- РГВ = 1-3 м – помірний вплив, можливе капілярне живлення
- РГВ < 1 м – сильний вплив, загроза підтоплення та заболочування

**Значення гідрологічних характеристик для стійкості геосистем**

Оптимальний водний режим забезпечує нормальне функціонування всіх компонентів геосистеми. Надлишок вологи призводить до заболочування, дефіцит – до опустелювання. Різкі коливання водного режиму знижують стійкість геосистеми.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 27

## ХІД РОБОТИ

1. Ознайомитись з моделлю Water and Land <https://landwater.uhmi.org.ua/> та оцінити водний об'єкт за вибором за допомогою цієї моделі

2. Завдання 1. Розрахунок водного балансу геосистеми

### Інструкція:

- Використовуючи надані дані (або умовні дані за вказівкою викладача), розрахуйте компоненти водного балансу.
- Визначте тип водного режиму геосистеми.
- Заповніть таблицю та зробіть висновки.

### Вихідні дані (приклад для самостійного розрахунку):

- Річна сума опадів (O) = 550 мм
- Сумарне випаровування (I) = 420 мм
- Поверхневий стік (C) = 100 мм
- Зміна запасів вологи в ґрунті ( $\Delta Z$ ) = ?

### Форма запису:

#### Таблиця 1 – Компоненти водного балансу

Компонент водного балансу	Позначення	Значення, мм
Опади	O	
Сумарне випаровування	I	
Стік	C	
Зміна запасів вологи	$\Delta Z$	

### Розрахунок зміни запасів вологи:

З рівняння водного балансу:  $O = I + C \pm \Delta Z$

$$\Delta Z = O - I - C = \underline{\quad} - \underline{\quad} - \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ мм}$$

### Інтерпретація результату:

- $\Delta Z > 0$  – накопичення вологи в ґрунті
- $\Delta Z = 0$  – баланс (надходження = витратам)
- $\Delta Z < 0$  – витрачання запасів вологи з ґрунту

### Висновок:

### Завдання 2. Оцінка коефіцієнта стоку та зволоження

#### Інструкція:

- Розрахуйте коефіцієнт стоку (Kс) та коефіцієнт зволоження (Kз).
- Визначте тип водного режиму та ступінь зволоження території.
- Оцініть вплив на стійкість геосистеми.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 28

**Вихідні дані (використовуйте дані із Завдання 1 або надані викладачем):**

- Опади (O) = \_\_\_\_\_ мм
- Стік (C) = \_\_\_\_\_ мм
- Випаровуваність (E<sub>0</sub>) = 650 мм (приклад для степової зони)

**Форма запису:**

**Розрахунок коефіцієнта стоку:**

$$K_c = C / O = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

**Оцінка величини стоку:**

- Низький стік (K<sub>c</sub> = 0,1-0,3)
- Середній стік (K<sub>c</sub> = 0,3-0,5)
- Високий стік (K<sub>c</sub> = 0,5-0,7)
- Дуже високий стік (K<sub>c</sub> > 0,7)

**Розрахунок коефіцієнта зволоження:**

$$K_z = O / E_0 = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

**Оцінка ступеня зволоження:**

- Аридний клімат (K<sub>z</sub> < 0,5)
- Субаридний клімат (K<sub>z</sub> = 0,5-1,0)
- Гумідний клімат (K<sub>z</sub> = 1,0-1,5)
- Надмірно зволожений (K<sub>z</sub> > 1,5)

**Таблиця 2 – Характеристика водного режиму геосистеми**

Показник	Значення	Характеристика	Вплив на стійкість
Коефіцієнт стоку (K <sub>c</sub> )			
Коефіцієнт зволоження (K <sub>z</sub> )			
Тип водного режиму			

**ВИСНОВКИ:**

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

**Тема: АНАЛІЗ САМООЧИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**Мета роботи:** засвоїти теоретичні основи процесів самоочищення водних об'єктів, оволодіти методами оцінки самоочисної здатності та навчитись визначати стійкість водних екосистем до антропогенного забруднення.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Поняття самоочищення водних об'єктів**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 29

**Самоочищення води** – це сукупність природних процесів, спрямованих на відновлення якості води після її забруднення. Самоочищення відбувається завдяки фізичним, хімічним та біологічним процесам, які призводять до зниження концентрації забруднювальних речовин.

## Основні процеси самоочищення

### 1. Фізичні процеси:

- Розбавлення забруднень чистою водою
- Осідання завислих частинок на дно
- Випаровування летких речовин
- Сорбція (поглинання) забруднень донними відкладами

### 2. Хімічні процеси:

- Окиснення органічних речовин киснем
- Нейтралізація кислот і лугів
- Коагуляція (укрупнення) дрібних частинок
- Фотохімічне розкладання під дією сонячного світла

### 3. Біологічні процеси:

- Мінералізація органічних речовин мікроорганізмами
- Поглинання забруднень водоростями та вищими рослинами
- Фільтрація води молюсками
- Біологічне окиснення бактеріями

## Основні показники якості води

**1. Розчинений кисень ( $O_2$ )** – головний показник здатності води до самоочищення:

- $O_2 > 6$  мг/л – чиста вода, високі можливості самоочищення
- $O_2 = 4-6$  мг/л – задовільна якість, помірне самоочищення
- $O_2 = 2-4$  мг/л – забруднена вода, слабе самоочищення
- $O_2 < 2$  мг/л – сильно забруднена, самоочищення майже відсутнє

**2. Біохімічне споживання кисню ( $BCK_5$ )** – кількість кисню, витраченого на окиснення органічних речовин за 5 діб:

- $BCK_5 < 2$  мг  $O_2$ /л – чиста вода
- $BCK_5 = 2-4$  мг  $O_2$ /л – помірно забруднена
- $BCK_5 = 4-10$  мг  $O_2$ /л – забруднена
- $BCK_5 > 10$  мг  $O_2$ /л – брудна вода

**3. Прозорість води** – глибина, на якій видно білий диск (диск Секкі):

- Прозорість  $> 3$  м – чиста вода
- Прозорість  $= 1-3$  м – задовільна якість
- Прозорість  $< 1$  м – каламутна, забруднена вода

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 30

**4. Індекс сапробності (S)** – показник ступеня органічного забруднення за складом організмів-індикаторів:

- $S < 1,5$  – олігосапробна зона (дуже чиста вода)
- $S = 1,5-2,5$  –  $\beta$ -мезосапробна зона (помірно забруднена)
- $S = 2,5-3,5$  –  $\alpha$ -мезосапробна зона (забруднена)
- $S > 3,5$  – полісапробна зона (дуже забруднена)

**Фактори, що впливають на самоочисну здатність**

**Сприятливі фактори:**

- Висока швидкість течії (краще змішування і аерація)
- Висока температура води влітку (активність мікроорганізмів)
- Багата водяна рослинність (продукування кисню)
- Велика глибина та об'єм водойми (розбавлення)

**Несприятливі фактори:**

- Застійні води (озера, ставки, водосховища)
- Низька температура взимку (уповільнення процесів)
- Високе антропогенне навантаження
- Відсутність прибережної рослинності

**Значення самоочисної здатності для стійкості водних екосистем**

Самоочисна здатність визначає стійкість водного об'єкта до забруднення. Водойми з високою здатністю до самоочищення швидко відновлюються після забруднення. Перевищення самоочисної здатності призводить до деградації водної екосистеми.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання 1. Оцінка якості води за гідрохімічними показниками**

**Інструкція:**

1. Використовуючи надані результати хімічного аналізу води (або проведіть визначення самостійно), оцініть якість води.
2. Визначте ступінь забруднення водного об'єкта.
3. Зробіть висновок про здатність до самоочищення.

**Вихідні дані (приклад для самостійної роботи):**

Точка відбору проби: річка \_\_\_\_\_, дата \_\_\_\_\_

**Форма запису:**

**Таблиця 1 – Оцінка якості води за гідрохімічними показниками**

Показник	Виміряне значення	Норма для чистої води	Клас якості води
Розчинений кисень		> 6	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 31

(O <sub>2</sub> ), мг/л			
БСК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л		< 2	
Прозорість, см		> 100	
Запах, бали (0-5)		0-1	
pH		6,5-8,5	
Амонійний азот (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л		< 0,5	

### Класифікація якості води:

- I клас – дуже чиста
- II клас – чиста
- III клас – помірно забруднена
- IV клас – забруднена
- V клас – брудна
- VI клас – дуже брудна

### Визначення загального класу якості води:

Підрахуйте кількість показників у кожному класі та визначте переважаючий клас:

Загальний клас якості води: \_\_\_\_\_

### Висновок про здатність до самоочищення:

## Завдання 2. Розрахунок коефіцієнта самоочищення

### Інструкція:

1. Розрахуйте коефіцієнт самоочищення водного об'єкта за зміною концентрації забруднень.
2. Визначте швидкість процесів самоочищення.
3. Оцініть стійкість водної екосистеми.

**Коефіцієнт самоочищення (K<sub>со</sub>)** показує, у скільки разів зменшується концентрація забруднень на певній відстані від джерела скидання:

$$K_{со} = C_1 / C_2$$

де:

C<sub>1</sub> – концентрація забруднювальної речовини біля джерела скидання, мг/л

C<sub>2</sub> – концентрація цієї речовини на відстані L км нижче за течією, мг/л

### Вихідні дані (приклад):

- Концентрація БСК<sub>5</sub> біля джерела скидання (C<sub>1</sub>) = 15 мг O<sub>2</sub>/л
- Концентрація БСК<sub>5</sub> на відстані 10 км (C<sub>2</sub>) = 5 мг O<sub>2</sub>/л
- Відстань між точками відбору проб (L) = 10 км

### Форма запису:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 32

**Таблиця 2 – Розрахунок коефіцієнта самоочищення**

Показник	Точка 1 (біля джерела)	Точка 2 (нижче за течією)	Відстань L, км
БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л			
Розчинений О <sub>2</sub> , мг/л			
Завислі речовини, мг/л			

**Розрахунок коефіцієнта самоочищення за БСК<sub>5</sub>:**

$$K_{CO} = C_1 / C_2 = \underline{\hspace{2cm}} / \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Оцінка інтенсивності самоочищення:**

- $K_{CO} < 1,5$  – слабка самоочисна здатність
- $K_{CO} = 1,5-3,0$  – помірна самоочисна здатність
- $K_{CO} = 3,0-5,0$  – висока самоочисна здатність
- $K_{CO} > 5,0$  – дуже висока самоочисна здатність

**Характеристика самоочисної здатності водного об'єкта:**

**Рекомендації щодо охорони водного об'єкта:**

- Зменшити скидання стічних вод
- Створити прибережні захисні смуги
- Провести біологічну меліорацію (висадити водяні рослини)
- Обмежити господарську діяльність у водозборі
- Здійснити штучну аерацію води

**ВИСНОВКИ:**

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

### Тема: МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ БІОТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти основні методи дослідження біотичних компонентів геосистем, оволодіти прийомами оцінки біорізноманіття та навчитись визначати роль живих організмів у забезпеченні стійкості природних систем.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Поняття біотичних компонентів геосистеми**

**Біотичні компоненти** – це сукупність живих організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів), які населяють геосистему та відіграють ключову роль у

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 33

кругообігу речовини та енергії. Біотичні компоненти є найбільш динамічною та чутливою частиною геосистеми.

## Основні біотичні компоненти

### 1. Фітоценоз (рослинне угруповання):

- Деревний ярус (дерева)
- Чагарниковий ярус (кущі)
- Трав'яний ярус (трави)
- Моховий ярус (мохи, лишайники)

### 2. Зооценоз (тваринне угруповання):

- Хребетні тварини (ссавці, птахи, плазуни, земноводні, риби)
- Безхребетні тварини (комахи, молюски, черви)

### 3. Мікробоценоз:

- Бактерії (грунтові, водні)
- Гриби
- Найпростіші організми

## Методи визначення біотичних компонентів

### 1. Метод облікових ділянок (пробних площ)

Використовується для вивчення рослинності. Закладаються ділянки стандартного розміру:

- Для лісу: 20×20 м або 10×10 м
- Для трав'янистої рослинності: 1×1 м або 10×10 м
- Для мохів і лишайників: 0,5×0,5 м

На ділянці визначають:

- Видовий склад (список видів)
- Кількість особин кожного виду
- Проективне покриття (% площі, вкритої рослинами)
- Ярусність

### 2. Метод маршрутного обстеження

Рухаючись по маршруту, фіксують:

- Зустрічні види рослин і тварин
- Характер розміщення рослинності
- Сліди життєдіяльності тварин

### 3. Метод біоіндикації

Оцінка стану довкілля за організмами-індикаторами:

- Лишайники – індикатори чистоти повітря
- Водяні безхребетні – індикатори якості води
- Певні види рослин – індикатори родючості ґрунту

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 34

## Основні показники біотичних компонентів

**1. Видове багатство (n)** – кількість видів на обліковій ділянці

**2. Проективне покриття (ПП)** – відсоток площі, вкритої рослинами:

- ПП = 80-100% – дуже густий покрив
- ПП = 60-80% – густий покрив
- ПП = 40-60% – середній покрив
- ПП = 20-40% – розріджений покрив
- ПП < 20% – дуже розріджений покрив

**3. Біомаса (В)** – загальна маса живих організмів на одиниці площі, т/га або кг/м<sup>2</sup>

**4. Індекс видового різноманіття Сімпсона (D):**

$$D = 1 - \sum(n_i/N)^2$$

де:

$n_i$  – кількість особин  $i$ -го виду

$N$  – загальна кількість особин усіх видів

Чим ближче  $D$  до 1, тим вище біорізноманіття.

**Значення біотичних компонентів для стійкості геосистем**

**Роль біотичних компонентів:**

- Продукування органічної речовини (фотосинтез)
- Розкладання органіки та утворення ґрунту
- Регулювання водного режиму
- Попередження ерозії ґрунтів
- Підтримання кругообігу поживних речовин
- Очищення повітря та води

Високе біорізноманіття забезпечує стійкість геосистеми до зовнішніх впливів. Збіднення видового складу сигналізує про деградацію природного середовища.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання 1. Опис рослинності на обліковій ділянці**

**Інструкція:**

1. На місцевості (або за умовним описом) виділіть облікову ділянку розміром 10×10 м.
2. Визначте видовий склад рослин за ярусами.
3. Оцініть проективне покриття кожного ярусу.
4. Заповніть таблицю та розрахуйте загальне видове багатство.

**Форма запису:**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 35

**Місце** \_\_\_\_\_ **закладання**

**ділянки:** \_\_\_\_\_

**Площа ділянки:** \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>

**Дата обстеження:** \_\_\_\_\_

**Таблиця 1 – Характеристика рослинності на обліковій ділянці**

Ярус	Назви видів рослин	Кількість особин	Висота ярусу, м	Проективне покриття, %
Деревний				
Чагарниковий				
Трав'яний				
Моховий				

**Підрахунок видового багатства:**

- Кількість видів деревного ярусу: \_\_\_\_\_
- Кількість видів чагарникового ярусу: \_\_\_\_\_
- Кількість видів трав'яного ярусу: \_\_\_\_\_
- Кількість видів мохового ярусу: \_\_\_\_\_

**Загальне видове багатство (n) = \_\_\_\_\_ видів**

**Загальне проективне покриття = \_\_\_\_\_ %**

**Характеристика рослинного покриву:**

---



---



---

Завдання 2. Проведіть оцінювання стану рослинного угруповання для оцінки стану геосистеми

**Додаткова інформація:**

Збільшення осередків усихання хвойних дерев, уражених верхівковим короїдом, є важливим біоіндикатором стану лісових геосистем. Це явище свідчить про порушення стійкості екосистеми через:

1. Ослаблення імунітету дерев внаслідок кліматичних змін, забруднення повітря чи порушення водного режиму
2. Порушення балансу "хижак-жертва" в екосистемі, що призводить до масового розмноження шкідників
3. Антропогенний тиск на лісові масиви (вирубки, рекреація, осушення територій)

Встановлення збільшення площі ураження є критично важливим, оскільки дозволяє:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 36

- Своєчасно виявити деградаційні процеси в геосистемі
- Прогнозувати подальший розвиток ситуації та можливі екологічні наслідки
- Розробити заходи з управління земельними ресурсами для відновлення стійкості геосистеми

Для майбутніх фахівців з управління земельними і водними ресурсами це завдання має практичне значення для моніторингу стану лісових земель та планування лісогосподарських заходів.

В Україні за останні десятиліття зафіксовано кілька масштабних випадків усихання лісів:

**1. Всихання ялиників Карпат (2000-2020 рр.)**

- Масштабне всихання ялини європейської на площі понад 40 тис. га
- Основні причини: кліматичні зміни, ураження короїдом-типографом, створення монокультурних насаджень поза межами природного ареалу

**2. Всихання соснових лісів Полісся (з 2010-х років)**

- Особливо інтенсивне в Житомирській, Рівненській, Волинській областях
- Причини: верхівковий короїд, зміна гідрологічного режиму, посухи

**3. Всихання дубових лісів (з 1990-х років)**

- Найбільш постраждали Харківська, Луганська, Донецька області
- Причини: бактеріальні та грибкові захворювання, зниження рівня ґрунтових вод

**4. Усихання ясенових насаджень (з 2010-х років)**

- По всій території України, особливо в західних областях
- Причина: грибкове захворювання халаровий некроз (*Chalara fraxinea*)

**5. Масове всихання лісів Херсонщини (2004-2007 рр.)**

- Всихання сосни кримської та сосни звичайної на Нижньодніпровських пісках
- Причини: посухи, зміна гідрологічного режиму, шкідники

Ці випадки демонструють системний характер проблеми та її зв'язок із глобальними кліматичними змінами та антропогенним навантаженням на лісові екосистеми.

**Практична частина:**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 37

У літній період 2017 року на території природного заповідника «Древлянський», розташованого на півночі Житомирської області, спостерігалось різке зростання кількості осередків всихання дерев внаслідок ураження верхівковим короїдом. Ця проблема була характерною для всього Полісся.

Заповідник отримав свою назву від східнослов'янського племені древлян (деревлян), яке колись населяло ці землі. Пізніше нащадків древлян почали називати поліщуками. Обидві назви етимологічно пов'язані зі словами «дерево» та «ліс».

Природний заповідник було створено з метою охорони унікальних лісових та водно-болотних екосистем Українського Полісся, а також для наукового дослідження процесів їх трансформації під дією природних та антропогенних чинників.

Після аварії на Чорнобильській АЕС значна частина лісів заповідника зазнала інтенсивного радіоактивного забруднення і була віднесена до зони безумовного відселення. Це призвело до мінімізації антропогенного впливу на екосистеми з моменту катастрофи. На території заповідника було зафіксовано понад тисячу осередків ураження сосни верхівковим короїдом.

### **Виконайте завдання, використовуючи методи ДЗЗ.**

#### **Інструкція до виконання:**

1. Перейдіть на сайт Copernicus Browser, авторизуйтеся.
2. У рядку пошуку території, введіть назву території (означте область інтересу – населений пункт Народичі Житомирської області) і виберіть опцію **Google Search** для налаштування пошуку зображень.
3. У параметрах пошуку:
  - Виберіть тип супутникових даних "**Sentinel-2 MSI L1C**"
  - Виберіть часовий проміжок для аналізу з 1 липня 2017 р. по 31 серпня 2017 р. Встановіть максимальну хмарність "Cloud coverage" на рівні 20%
  - Натисніть "Пошук" для виконання пошуку доступних знімків

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 38

**ДЖЕРЕЛА ДАНИХ:**

SENTINEL-1 Filters →

SENTINEL-2 Filters →

MSI

L1C

L2A

20%

Auxiliary Data File

**ЧАСОВИЙ ПРОМІЖОК:**

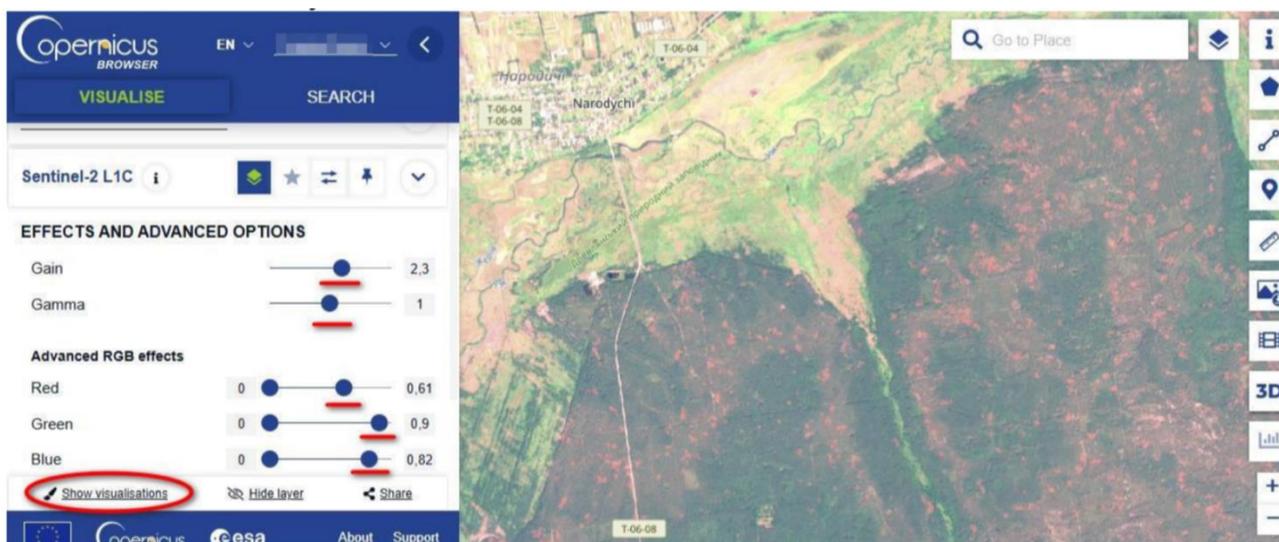
З:  hh 00 : mm 00

До:  hh 23 : mm 59

Фільтрувати за місяцями

**Пошук**

4. Виберіть найбільш відповідний знімок з результатів пошуку, а саме за 30.07.2017 р., що охоплює територію інтересу.
5. Виберіть найбільш безхмарний знімок та натисніть Візуалізувати
6. У панелі візуалізації налаштуйте інструмент **Показати ефекти і додаткові опції**.
7. Дослідіть зображення, пересуваючи мишкою діапазон значень, та виберіть варіант найкращої візуалізації.

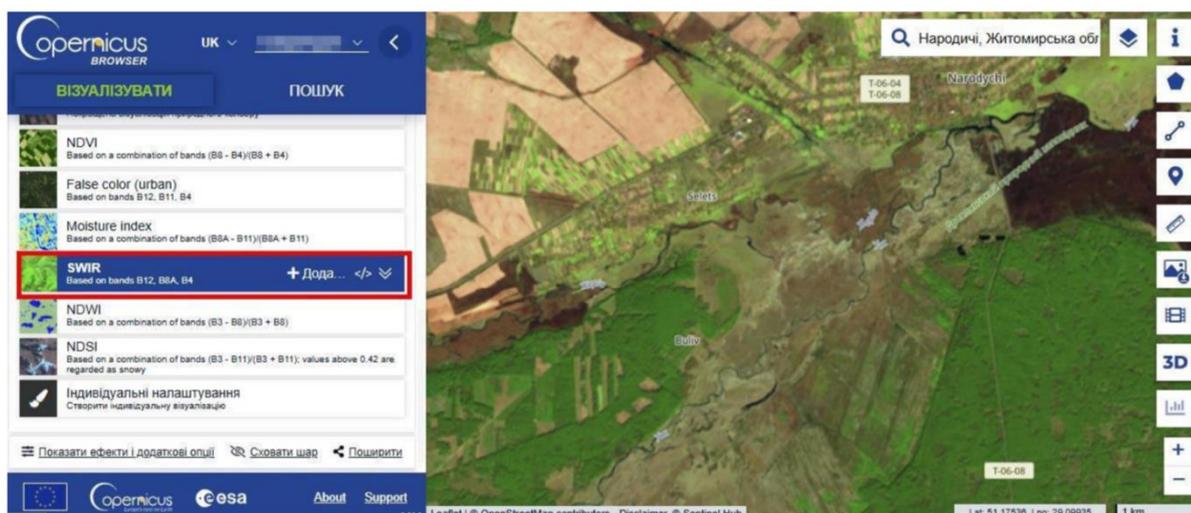


8. Осередки ураження дерев будуть мати червоний колір і виглядати так:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 39



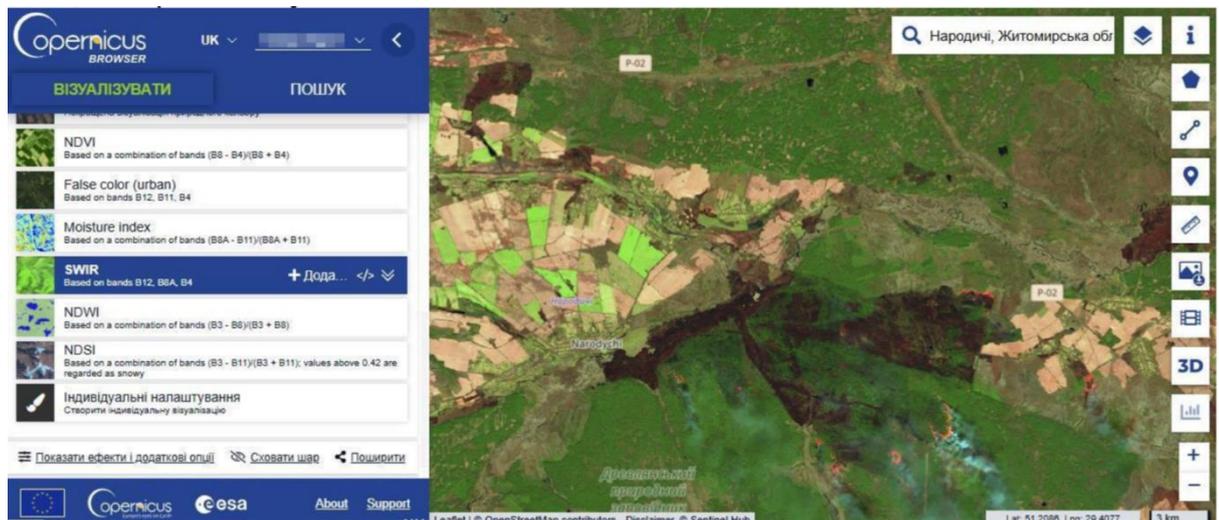
9. Виміряйте площу ураженого лісу.
10. Виберіть інструмент **Скасувати всі налаштування** та **Показати візуалізацію**.
11. Виберіть інший проміжок часу, наприклад 5 квітня 2020. Використайте спосіб візуалізації SWIR та виміряйте площі вирубок. Прослідкуйте чи всі вражені дерева були вирубані. Осередки засохлої сосни мають сіро-бузковий колір.



12. Зверніть увагу на території, що мають коричневий колір. Це території, що вигоріли. Червоний колір, це джерело вогню. Зверніть увагу чи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 40

далеко від місця вигорання розташовані осередки сухого лісу.



## ВИСНОВКИ:

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12 ТЕМА: ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ

**Мета заняття:** сформувані практичні навички проведення комплексної оцінки стійкості локальних геосистем з використанням інтегральних підходів та методів для обґрунтування заходів з управління земельними та водними ресурсами.

#### ПЛАН:

#### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:

1. Поняття стійкості геосистем та її види:
  - Інерційність
  - Пластичність
  - Резистентність
  - Відновлюваність
2. Фактори, що визначають стійкість локальних геосистем:
  - Природні фактори
  - Антропогенні фактори
  - Геоекологічні ризики
3. Методи комплексної оцінки стійкості геосистем:
  - Картографічний метод
  - Балансовий метод

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 41

- Метод індикаторів
  - Методи математичного моделювання
  - ГІС-аналіз
4. Критерії та індикатори оцінки стійкості геосистем
  5. Системний аналіз взаємозв'язків компонентів геосистем
  6. Прогнозування змін стійкості геосистем при різних сценаріях антропогенного впливу.

### **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА:**

#### **Виконайте завдання, використовуючи методи ДЗЗ.**

1. Проведіть комплексне дослідження локальної геосистеми. Проаналізуйте стан геосистеми річки Уборть, яка протікає у межах Житомирської області, та на території якої здійснюють інтенсивний видобуток бурштину. У останні роки основною проблемою річки є маловодність. Встановіть причину цього явища.
2. Проведіть збір та систематизацію даних про компоненти геосистеми:
  - a. Геологічна будова та рельєф
  - b. Кліматичні особливості
  - c. Гідрологічні характеристики
  - d. Ґрунтовий покрив
  - e. Рослинність
  - f. Тип та інтенсивність землекористування
3. Проведіть визначення ключових індикаторів стійкості для досліджуваної геосистеми, а саме проаналізуйте ступінь зрушеності ґрунтів у результаті видобутку бурштину та волого утримуючу здатність ґрунту.
4. Проаналізуйте часові зміни, а саме періоди 2016, 2019, 2024, 2025 років.
5. Розробіть рекомендацій щодо підвищення стійкості локальної геосистеми
6. Обґрунтуйте необхідність оптимальних управлінських заходів для збалансованого використання земельних та водних ресурсів

#### **Інструкція до виконання:**

13. Перейдіть на сайт Copernicus Browser, авторизуйтесь.
14. У рядку пошуку території, введіть назву території (означте область інтересу – населений пункт Суцани) і виберіть опцію Google Search для налаштування пошуку зображень.
15. У параметрах пошуку:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 42

- Виберіть тип супутникових даних "Sentinel-2 L2A"
  - Виберіть часовий проміжок для аналізу Встановіть максимальну хмарність "Cloud coverage" на рівні 50%
  - Натисніть "Пошук" для виконання пошуку доступних знімків
16. Виберіть найбільш відповідний знімок з результатів пошуку, що охоплює територію інтересу.
17. Виберіть найбільш безхмарний знімок та натисніть Візуалізувати
18. У панелі візуалізації налаштуйте відображення у природних кольорах, вибравши комбінацію каналів "True color".
19. Дослідіть зображення, використовуючи інструменти приближення та переміщення для детального вивчення наземної поверхні, водної поверхні та прибережних зон.
20. Виберіть спосіб візуалізації SWIR. Територія видобутку буде мати такий вигляд:



21. Виміряйте декілька ділянок найбільш інтенсивного видобутку у різні роки. Запишіть у таблицю дані за різні роки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 43



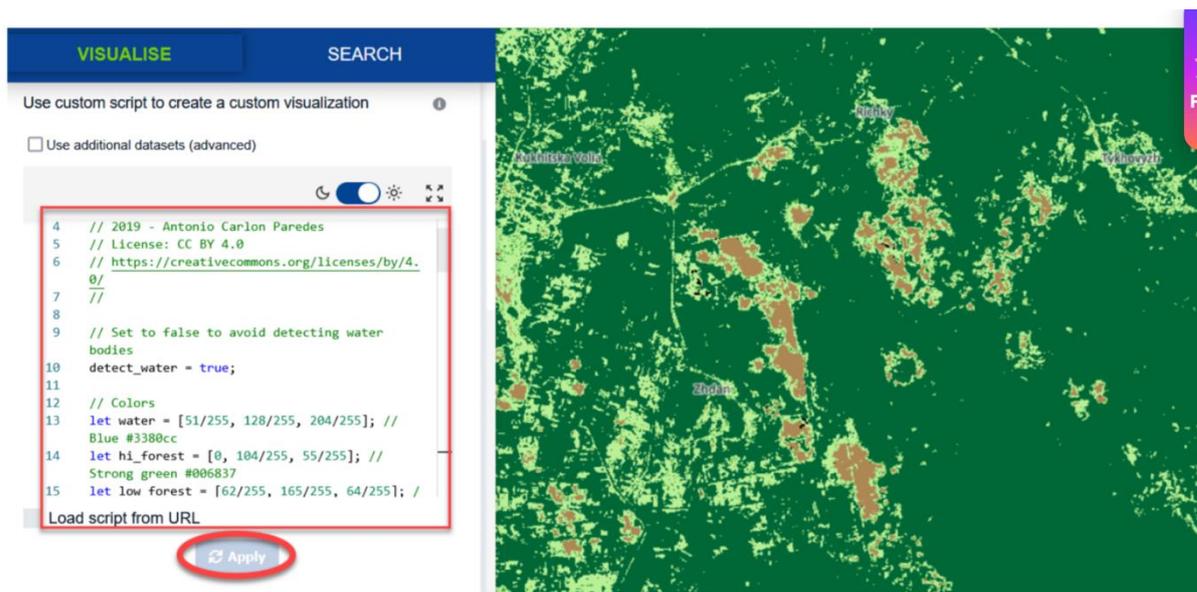
22. Використаємо спеціальний скрипт Pseudo Forest Canopy Density (FCD) (Псевдощільність лісового навісу) – це скрипт для Copernicus Browser Sentinel-hub, який класифікує кожен піксель супутникових зображень на одну з таких категорій:

1. High Forest – Високий ліс.
2. Low Forest – Низький ліс.
3. Grassland – Пасовища.
4. Bare land – Гола (відкрита) земля.
5. Water – Вода.
6. Unknown – Невідомий клас.

Знайдіть сценарій Pseudo Forest Canopy Density. Перейдемо на сторінку [https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/pseudo\\_forest\\_canopy\\_density/](https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/pseudo_forest_canopy_density/)

та натиснемо Copy code (Скопіювати код). Вставимо код використовуючи спеціальний інструмент Спеціальний скрипт. Ви отримаєте наступне зображення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 44



На знімках, створених за допомогою скрипта Pseudo Forest Canopy Density (FCD), світліші ділянки дійсно вказують на території з нижчою щільністю лісового покриву, які мають знижену здатність утримувати вологу.

Індекс FCD (Forest Canopy Density) розроблено спеціально для оцінки щільності лісового покриву, і він працює наступним чином:

1. Темно-зелені ділянки на цих знімках представляють території з високою щільністю лісового покриву (здорові ліси з добре розвиненою кроною)
2. Світло-зелені ділянки показують території з низькою щільністю лісового покриву або порушені лісові масиви
3. Коричневі/червонуваті точки часто вказують на оголений ґрунт або території, де рослинність повністю знищена

Щодо здатності утримувати вологу:

- Здорові ліси з високою щільністю крон (темно-зелені ділянки) виконують ряд важливих гідрологічних функцій:
  - Затримують опади кронами дерев, зменшуючи поверхневий стік
  - Підтримують пористість ґрунту, що сприяє інфільтрації води
  - Формують підстилку, яка діє як природний резервуар для води
  - Підтримують стабільний мікроклімат і зменшують випаровування
  - Коренева система дерев стабілізує ґрунти і сприяє підтримці водоносних горизонтів
- Натомість, порушені території (світло-зелені) мають значно гіршу здатність утримувати вологу через:
  - Відсутність достатнього рослинного покриву для затримки опадів
  - Ущільнення ґрунту, що зменшує його водопроникність

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 45

- Відсутність лісової підстилки, яка зазвичай поглинає і затримує вологу
- Підвищене випаровування через відсутність тіні від крон дерев
- Інтенсивніший поверхневий стік, що призводить до ерозії

У контексті видобутку бурштину, світло-зелені ділянки на FCD-знімках відображають території, де:

1. Лісовий покрив був знищений або серйозно пошкоджений для доступу до бурштинових покладів
2. Структура ґрунту була порушена гідророзмивом
3. Природні дренажні системи були змінені

Ці порушені території дійсно втрачають здатність ефективно утримувати вологу, що має прямий вплив на гідрологічний режим річки Уборть:

- Після опадів вода швидко стікає з таких ділянок, не встигаючи поповнити підземні води
- У посушливі періоди такі території не здатні поступово віддавати вологу в річкову систему
- Це призводить до нестабільного водного режиму: сильніших повеней під час опадів і більш тривалих періодів маловоддя

Таким чином, світліші ділянки на FCD-знімках є важливим індикатором порушення гідрологічних функцій ландшафту, що безпосередньо впливає на водність річки Уборть.

Оціфруйте площу кількох найбільших зрушених ділянок.

23. Використовуючи інтерактивну карту незаконного видобутку бурштину на Поліссі, створену в рамках проєкту «Земляна проказа», що був реалізований у 2015 р. командою волонтерів та співробітників сайту «Тексти» <https://texty.org.ua/d/2018/amber/>, знайдіть інші найбільші ділянки видобутку бурштину і перегляньте їх сучасний вигляд станом на 2025 р. у ресурсі Copernicus Browser

<https://texty.org.ua/d/2018/amber/>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 46

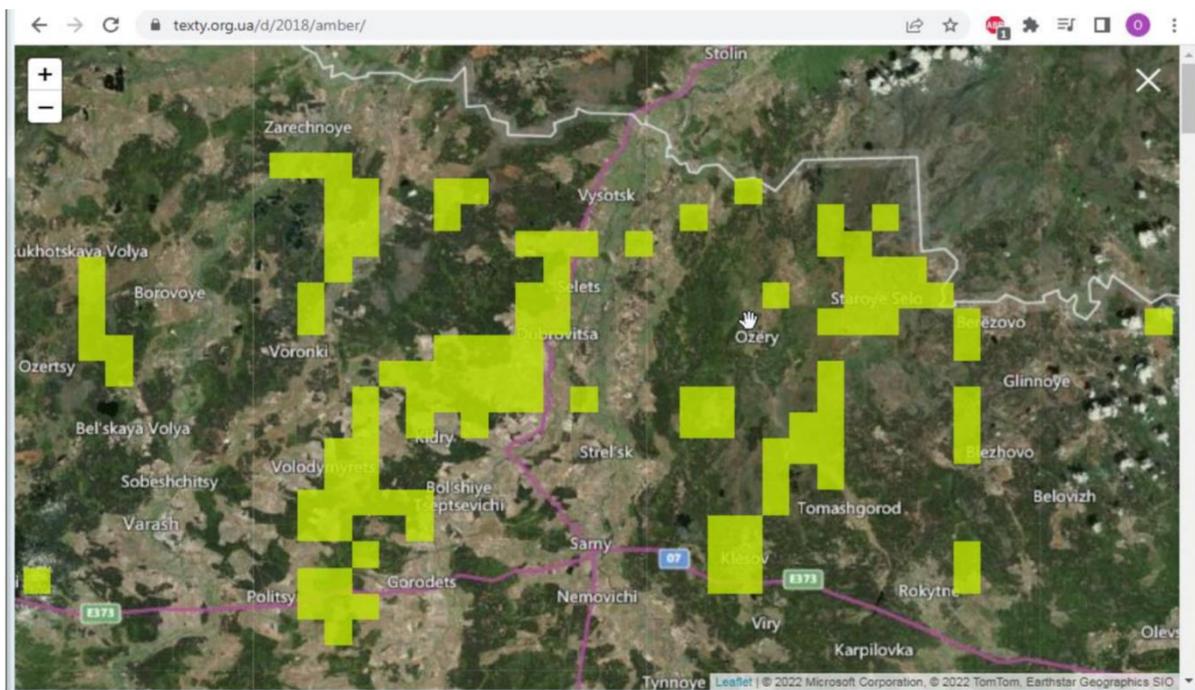


Рис.7 Фрагмент інтерактивної карти земляна проказа з сайту <https://texty.org.ua/d/2018/amber/>

## ВИСНОВКИ:

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

#### Тема: РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З УПРАВЛІННЯ СТІЙКІСТЮ ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти принципи управління стійкістю геосистем, оволодіти методами оцінки карбонового сліду та навчитись розробляти практичні рекомендації щодо зменшення антропогенного впливу на природні системи.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

##### Поняття управління стійкістю геосистем

**Управління стійкістю геосистем** – це комплекс заходів, спрямованих на збереження здатності природних систем до саморегуляції, самовідновлення та підтримання екологічної рівноваги в умовах антропогенного навантаження.

##### Основні принципи управління:

- Запобігання деградації краще, ніж відновлення
- Збереження біорізноманіття
- Раціональне використання природних ресурсів
- Мінімізація антропогенного впливу
- Відновлення порушених територій

##### Поняття карбонового сліду

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 47

**Карбоновий слід (Carbon Footprint)** – це загальна кількість парникових газів (переважно CO<sub>2</sub>), що виділяється в атмосферу внаслідок діяльності людини, підприємства, організації або виробництва певного продукту. Вимірюється в тонах CO<sub>2</sub>-еквівалента.

#### Основні джерела викидів CO<sub>2</sub>:

- Спалювання викопного палива (вугілля, нафта, газ)
- Транспорт (автомобілі, літаки, кораблі)
- Електроенергія (теплоелектростанції)
- Промислове виробництво
- Сільське господарство (метан від худоби)
- Вирубубвання лісів (зменшення поглинання CO<sub>2</sub>)

#### Розрахунок карбонового сліду

#### Формула для розрахунку викидів CO<sub>2</sub>:

$$V = A \times K$$

де:

V – викиди CO<sub>2</sub>, кг або т

A – обсяг споживання (електроенергія, паливо, км пробігу)

K – коефіцієнт викиду (залежить від джерела)

#### Типові коефіцієнти викидів:

- Електроенергія: 0,5 кг CO<sub>2</sub>/кВт·год
- Бензин: 2,3 кг CO<sub>2</sub>/л
- Дизельне паливо: 2,7 кг CO<sub>2</sub>/л
- Природний газ: 2,0 кг CO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>
- Автобус/тролейбус: 0,1 кг CO<sub>2</sub>/пас·км
- Легковий автомобіль: 0,2 кг CO<sub>2</sub>/км
- Літак: 0,25 кг CO<sub>2</sub>/пас·км

#### Класифікація викидів за сферами

##### 1. Прямі викиди (Score 1):

- Власний транспорт
- Опалення будівель
- Виробничі процеси

##### 2. Непрямі енергетичні викиди (Score 2):

- Споживання електроенергії
- Централізоване теплопостачання

##### 3. Інші непрямі викиди (Score 3):

- Громадський транспорт
- Харчування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 48

- Відходи
- Споживання товарів

### Заходи зі зменшення карбонового сліду

#### На рівні особистості:

- Економія електроенергії (LED-лампи, вимкнення приладів)
- Використання громадського транспорту, велосипеда
- Зменшення споживання м'яса
- Сортування та переробка відходів
- Свідоме споживання (купувати менше, вибирати екологічні товари)

#### На рівні організації/підприємства:

- Енергоефективні технології
- Використання відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, вітряки)
- Оптимізація логістики
- Залучення працівників до екологічних програм
- Компенсація викидів (посадка дерев)

#### На рівні геосистеми:

- Збереження та відновлення лісів (природні поглиначі CO<sub>2</sub>)
- Створення зелених зон у містах
- Відновлення боліт (накопичувачі вуглецю)
- Органічне землеробство
- Збереження ґрунтового покриву

#### Роль геосистем у поглинанні CO<sub>2</sub>

#### Поглиняльна здатність різних геосистем:

- Ліси: 10-20 т CO<sub>2</sub>/га на рік
- Луки: 2-5 т CO<sub>2</sub>/га на рік
- Болота: 5-10 т CO<sub>2</sub>/га на рік
- Ґрунт: акумулює органічний вуглець при правильному використанні

## ХІД РОБОТИ

### Завдання 1. Розрахунок особистого карбонового сліду

#### Інструкція:

1. Оцініть власне споживання енергії, використання транспорту та інші джерела викидів за місяць.
2. Розрахуйте викиди CO<sub>2</sub> від кожного джерела.
3. Визначте загальний карбоновий слід та порівняйте з середніми показниками.
4. Розробіть план зменшення особистого карбонового сліду.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 49

## Форма запису:

**Таблиця 1 – Розрахунок особистого карбонового сліду за місяць**

Джерело викидів	Обсяг споживання (А)	Коефіцієнт викиду (К)	Викиди CO <sub>2</sub> , кг
<b>1. Електроенергія</b>			
Освітлення, побутові прилади	_____ кВт·год	0,5 кг/кВт·год	
<b>2. Опалення</b>			
Природний газ	_____ м <sup>3</sup>	2,0 кг/м <sup>3</sup>	
<b>3. Транспорт</b>			
Автомобіль (бензин)	_____ км або _____ л	0,2 кг/км або 2,3 кг/л	
Громадський транспорт	_____ км	0,1 кг/км	
<b>4. Харчування</b>			
М'ясо (орієнтовно)	_____ кг	5 кг CO <sub>2</sub> /кг м'яса	
<b>5. Відходи</b>			
Несортовані відходи	_____ кг	0,5 кг CO <sub>2</sub> /кг відходів	
<b>ВСЬОГО за місяць</b>			
<b>ВСЬОГО за рік</b>			× 12 =

### Приклад розрахунку (електроенергія):

Споживання електроенергії = 150 кВт·год/місяць

Коефіцієнт викиду = 0,5 кг CO<sub>2</sub>/кВт·год

Викиди CO<sub>2</sub> = 150 × 0,5 = 75 кг CO<sub>2</sub>/місяць

### Ваш загальний карбоновий слід:

За місяць: \_\_\_\_\_ кг CO<sub>2</sub>

За рік: \_\_\_\_\_ кг CO<sub>2</sub> = \_\_\_\_\_ т CO<sub>2</sub>

### Порівняння із середніми показниками:

- Середній карбоновий слід в Україні: ~4-6 т CO<sub>2</sub>/рік на людину
- Середній світовий показник: ~4 т CO<sub>2</sub>/рік на людину
- Бажаний рівень для стабілізації клімату: ~2 т CO<sub>2</sub>/рік на людину

### Оцінка вашого карбонового сліду:

- [ ] Нижче середнього (добре)
- [ ] Близько середнього (задовільно)
- [ ] Вище середнього (потрібні зміни)

### Таблиця 2 – План зменшення особистого карбонового сліду

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 50

Захід	Поточне споживання	Очікуване зменшення	Економія CO <sub>2</sub> , кг/рік
Заміна ламп на LED		Зменшення електроспоживання на 30%	
Використання велосипеда 2 рази/тиждень		20 км × 0,2 кг × 100 днів	
Зменшення споживання м'яса (1 день/тиждень без м'яса)		0,5 кг × 5 кг × 52 тижні	
Сортування відходів (переробка 50%)		Викиди зменшаться вдвічі	
Економія води (душ замість ванни)		Менше енергії на нагрів	
<b>ЗАГАЛЬНА ЕКОНОМІЯ</b>			

### Висновок:

## Завдання 2. Розробка рекомендацій з управління стійкістю геосистеми

### Інструкція:

1. Виберіть конкретну геосистему (сільськогосподарська територія, міський парк, прибережна зона річки тощо).
2. Визначте основні проблеми стійкості цієї геосистеми.
3. Розробіть комплекс заходів для підвищення стійкості та зменшення карбонового сліду.
4. Оцініть ефективність запропонованих заходів.

### Форма запису:

#### Характеристика обраної геосистеми:

Тип геосистеми:

Площа: \_\_\_\_\_ га

Основне використання:

Місцезнаходження:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 51

**Таблиця 3 – Діагностика проблем стійкості геосистеми**

Компонент геосистеми	Виявлена проблема	Причина	Наслідки для стійкості
Ґрунти	Наприклад: ерозія, втрата гумусу	Розорювання схилів	Зниження родючості
Рослинність			
Водні об'єкти			
Тваринний світ			
Клімат/мікроклімат			

**Таблиця 4 – Комплекс заходів з управління стійкістю**

Захід	Очікуваний ефект	Вплив на карбоновий слід	Термін реалізації	Пріоритет
<b>Екологічні заходи</b>				
Посадка захисних лісосмуг	Зменшення ерозії, поглинання CO <sub>2</sub>	-10 т CO <sub>2</sub> /га·рік	2-3 роки	Високий
Відновлення прибережної рослинності	Очищення води, біорізноманіття	-5 т CO <sub>2</sub> /га·рік	1 рік	Високий
Створення зелених коридорів	Міграція тварин	-3 т CO <sub>2</sub> /га·рік	3-5 років	Середній
<b>Агротехнічні заходи</b>				
Органічне землеробство	Збереження ґрунту	-2 т CO <sub>2</sub> /га·рік	Постійно	Високий
Мінімальний обробіток ґрунту	Збереження структури, вуглецю	-1,5 т CO <sub>2</sub> /га·рік	Постійно	Середній
Сівозміна з бобовими	Підвищення родючості	-1 т CO <sub>2</sub> /га·рік	Щорічно	Середній
<b>Енергетичні заходи</b>				
Сонячні панелі	Економія	-50 т CO <sub>2</sub> /рік	1 рік	Високий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 52

для поливу	електроенергії			
Біогазова установка	Переробка відходів	-30 т CO <sub>2</sub> /рік	2 роки	Середній
<b>Водоохоронні заходи</b>				
Крапельне зрошення	Економія води	-10 т CO <sub>2</sub> /рік	1 рік	Високий
Відновлення водно-болотних угідь	Акумуляція вуглецю	-8 т CO <sub>2</sub> /га·рік	3 роки	Середній

**Розрахунок сумарного ефекту (приклад для площі 100 га):**

Захисні лісосмуги (10 га):  $10 \text{ га} \times 10 \text{ т} = 100 \text{ т CO}_2/\text{рік}$

Прибережна рослинність (5 га):  $5 \text{ га} \times 5 \text{ т} = 25 \text{ т CO}_2/\text{рік}$

Органічне землеробство (100 га):  $100 \text{ га} \times 2 \text{ т} = 200 \text{ т CO}_2/\text{рік}$

Сонячні панелі: 50 т CO<sub>2</sub>/рік

**Загальна компенсація викидів: \_\_\_\_\_ т CO<sub>2</sub>/рік**

**Таблиця 5 – Моніторинг ефективності заходів**

Показник	До впровадження заходів	Очікуваний результат	Термін оцінки
Товщина гумусового горизонту, см		Збільшення на 2-3 см	5 років
Видове різноманіття (кількість видів)		Збільшення на 20%	3 роки
Карбоновий слід, т CO <sub>2</sub> /рік		Зменшення на _____ %	Щорічно
Врожайність, ц/га		Стабілізація/зростання	Щорічно

**ВИСНОВКИ:**

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14**

**Тема: РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ГЕОСИСТЕМ**

**Мета роботи:** засвоїти поняття модифікованих геосистем, оволодіти методами розрахунку показників антропогенної трансформації та навчитись

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 53

оцінювати стійкість природних систем, змінених господарською діяльністю людини.

## **ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

### **Поняття модифікованих геосистем**

**Модифіковані геосистеми** – це природні системи, змінені господарською діяльністю людини, але які зберігають здатність до саморегуляції та самовідновлення. До модифікованих геосистем належать: сільськогосподарські угіддя, лісопосадки, парки, водосховища, рекреаційні зони.

### **Відмінності від природних геосистем:**

- Зміна структури рослинного покриву (монокультури замість природних угруповань)
- Порушення природного кругообігу речовини
- Зміна водного та теплового режимів
- Збіднення біорізноманіття
- Залежність від підтримки людиною

### **Типи модифікованих геосистем за ступенем зміненості**

#### **1. Слабко модифіковані:**

- Луки з регульованим сінокосінням
- Ліси з санітарними рубками
- Водоймища з помірним рибальством
- Збережено 70-90% природних властивостей

#### **2. Помірно модифіковані:**

- Пасовища з регульованим випасом
- Лісонасадження
- Парки та сквери
- Збережено 40-70% природних властивостей

#### **3. Сильно модифіковані:**

- Рілля (орні землі)
- Сади та виноградники
- Міські території з озелененням
- Збережено 10-40% природних властивостей

#### **4. Трансформовані (штучні) геосистеми:**

- Міські забудовані території
- Промислові зони
- Кар'єри, відвали
- Збережено менше 10% природних властивостей

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 54

## Основні показники стійкості модифікованих геосистем

**1. Коефіцієнт антропогенної трансформації (Кат)** – показує ступінь зміненості території:

$$\text{Кат} = S_{\text{мод}} / S_{\text{заг}}$$

де:

$S_{\text{мод}}$  – площа модифікованих (змінених) земель, км<sup>2</sup> або га

$S_{\text{заг}}$  – загальна площа території, км<sup>2</sup> або га

- Кат < 0,3 – слабка трансформація (стійка територія)
- Кат = 0,3-0,5 – помірна трансформація (задовільна стійкість)
- Кат = 0,5-0,7 – сильна трансформація (низька стійкість)
- Кат > 0,7 – дуже сильна трансформація (критичний стан)

**2. Коефіцієнт природної захищеності (Кпз):**

$$\text{Кпз} = S_{\text{прир}} / S_{\text{заг}}$$

де:

$S_{\text{прир}}$  – площа природних (ліси, луки, болота) та умовно-природних (парки, лісопосадки) ландшафтів, км<sup>2</sup> або га

$S_{\text{заг}}$  – загальна площа території, км<sup>2</sup> або га

- Кпз > 0,5 – висока природна захищеність (стійка територія)
- Кпз = 0,3-0,5 – середня захищеність (задовільна стійкість)
- Кпз = 0,1-0,3 – низька захищеність (низька стійкість)
- Кпз < 0,1 – дуже низька захищеність (критичний стан)

**3. Коефіцієнт екологічної стабільності (Кес):**

$$\text{Кес} = S_{\text{стаб}} / S_{\text{дестаб}}$$

де:

$S_{\text{стаб}}$  – площа стабілізуючих угідь (ліси, луки, водойми), га

$S_{\text{дестаб}}$  – площа дестабілізуючих угідь (рілля, забудова, кар'єри), га

- Кес > 1,0 – екологічно стабільна територія
- Кес = 0,5-1,0 – відносно стабільна територія
- Кес = 0,3-0,5 – нестабільна територія
- Кес < 0,3 – екологічно нестабільна територія

## Фактори стійкості модифікованих геосистем

**Підвищують стійкість:**

- Збереження природної рослинності
- Наявність захисних лісосмуг
- Помірне антропогенне навантаження
- Дотримання сівозмін та протиерозійних заходів
- Створення екологічних коридорів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 55

### Знижують стійкість:

- Суцільна розорювання схилів
- Вирубування лісів
- Осушення боліт
- Надмірне використання добрив і пестицидів
- Ущільнення ґрунту важкою технікою

### Значення оцінки стійкості для раціонального природокористування

Оцінка стійкості модифікованих геосистем необхідна для:

- Планування раціонального використання земель
- Запобігання деградації природного середовища
- Визначення допустимих навантажень на геосистеми
- Розробки природоохоронних заходів

## ХІД РОБОТИ

### Завдання 1. Розрахунок коефіцієнтів антропогенної трансформації та природної захищеності

#### Інструкція:

1. За даними структури земельних угідь (наданими викладачем або картографічними матеріалами) визначте площі різних типів земель.
2. Розрахуйте коефіцієнти антропогенної трансформації та природної захищеності.
3. Оцініть ступінь трансформації території та її природну захищеність.

#### Вихідні дані (приклад для розрахунку):

Загальна площа досліджуваної території = 10000 га

#### Таблиця 1 – Структура земельних угідь

Тип угідь	Площа, га	Характер впливу на стійкість
Ліси	2500	Стабілізуючий (природні)
Луки та пасовища	1500	Стабілізуючий (слабко модифіковані)
Рілля	4500	Дестабілізуючий (сильно модифіковані)
Сади та городи	800	Дестабілізуючий (модифіковані)
Населені пункти	500	Дестабілізуючий (трансформовані)
Водойми	200	Стабілізуючий (природні/слабко модифіковані)
<b>Всього</b>	<b>10000</b>	

#### Форма запису:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 56

### Розрахунок коефіцієнта антропогенної трансформації:

Площа модифікованих земель (рілля + сади + населені пункти):

$$S_{\text{мод}} = \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ га}$$

$$K_{\text{ат}} = S_{\text{мод}} / S_{\text{заг}} = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

### Оцінка ступеня трансформації:

- Слабка трансформація ( $K_{\text{ат}} < 0,3$ )
- Помірна трансформація ( $K_{\text{ат}} = 0,3-0,5$ )
- Сильна трансформація ( $K_{\text{ат}} = 0,5-0,7$ )
- Дуже сильна трансформація ( $K_{\text{ат}} > 0,7$ )

### Розрахунок коефіцієнта природної захищеності:

Площа природних та умовно-природних земель (ліси + луки + водойми):

$$S_{\text{прир}} = \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ га}$$

$$K_{\text{пз}} = S_{\text{прир}} / S_{\text{заг}} = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

### Оцінка природної захищеності:

- Висока захищеність ( $K_{\text{пз}} > 0,5$ )
- Середня захищеність ( $K_{\text{пз}} = 0,3-0,5$ )
- Низька захищеність ( $K_{\text{пз}} = 0,1-0,3$ )
- Дуже низька захищеність ( $K_{\text{пз}} < 0,1$ )

### Висновок про стан території:

## Завдання 2. Розрахунок коефіцієнта екологічної стабільності

### Інструкція:

1. Використовуючи дані з Завдання 1, розділіть усі угіддя на стабілізуючі та дестабілізуючі.
2. Розрахуйте коефіцієнт екологічної стабільності.
3. Запропонуйте заходи для підвищення стійкості геосистеми.

### Форма запису:

#### Таблиця 2 – Групування угідь за впливом на стабільність

Група угідь	Типи угідь	Площа, га
Стабілізуючі (Sстаб)	Ліси, луки, водойми	
Дестабілізуючі (Sдестаб)	Рілля, сади, забудова	

### Розрахунок коефіцієнта екологічної стабільності:

$$S_{\text{стаб}} = \underline{\quad} \text{ га}$$

$$S_{\text{дестаб}} = \underline{\quad} \text{ га}$$

$$K_{\text{ес}} = S_{\text{стаб}} / S_{\text{дестаб}} = \underline{\quad} / \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

### Оцінка екологічної стабільності території:

- Екологічно стабільна ( $K_{\text{ес}} > 1,0$ )

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 57

- [ ] Відносно стабільна ( $K_{ес} = 0,5-1,0$ )
- [ ] Нестабільна ( $K_{ес} = 0,3-0,5$ )
- [ ] Екологічно нестабільна ( $K_{ес} < 0,3$ )

**Таблиця 3 – Заходи для підвищення стійкості модифікованої геосистеми**

Проблема	Рекомендовані заходи	Очікуваний ефект
Велика площа ріллі на схилах	Створення лісозахисних смуг, терасування	Зменшення ерозії, підвищення $K_{ес}$
Низька лісистість	Заліснення непридатних земель	Збільшення $K_{пз}$
Відсутність екологічних коридорів	Створення зелених коридорів між лісовими масивами	Збереження біорізноманіття
Високе навантаження на ґрунти	Впровадження органічного землеробства, сівозміни	Відновлення родючості

## ВИСНОВКИ:

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

#### Тема: ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА СТІЙКІСТЬ ГЕОСИСТЕМ

**Мета роботи:** засвоїти основні поняття про сучасні кліматичні зміни, оволодіти методами оцінки їх впливу на геосистеми та навчитись визначати вразливість природних систем до змін кліматичних умов.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

##### Поняття кліматичних змін

**Кліматичні зміни** – це довгострокові (багаторічні) зміни середніх показників температури, кількості опадів, вологості повітря та інших кліматичних характеристик. Сучасні кліматичні зміни характеризуються глобальним потеплінням, зміною режиму опадів та збільшенням частоти екстремальних погодних явищ.

##### Основні прояви кліматичних змін

##### 1. Зміна температурного режиму:

- Підвищення середньорічної температури повітря
- Збільшення кількості спекотних днів
- Скорочення тривалості морозного періоду
- Зміщення температурних сезонів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 58

## 2. Зміна режиму зволоження:

- Зміна річної суми опадів
- Нерівномірний розподіл опадів протягом року
- Збільшення інтенсивності зливових дощів
- Зростання тривалості посушливих періодів

## 3. Екстремальні погодні явища:

- Посухи та суховії
- Паводки та повені
- Урагани та шквали
- Град великих розмірів
- Раптові заморозки

## Вплив кліматичних змін на компоненти геосистем

### 1. Вплив на ґрунти:

- Посилення ерозійних процесів
- Зміна вологості ґрунту
- Дегуміфікація (втрата гумусу)
- Засолення або опріснення

### 2. Вплив на рослинність:

- Зміщення меж природних зон
- Зміна термінів вегетації
- Поширення інвазійних видів
- Всихання лісів, загибель окремих видів

### 3. Вплив на водні об'єкти:

- Зміна рівня води в річках і озерах
- Посилення або послаблення стоку
- Зміна режиму замерзання водойм
- Загроза пересихання малих річок

### 4. Вплив на тваринний світ:

- Зміна ареалів поширення видів
- Порухення міграційних шляхів птахів
- Зміна термінів розмноження
- Поява нових шкідників і переносників хвороб

## Показники оцінки кліматичних змін

1. Тренд температури ( $\Delta T$ ) – зміна середньорічної температури за певний період:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 59

де:

$T_2$  – середня температура в кінцевому році спостережень, °С

$T_1$  – середня температура в початковому році спостережень, °С

**2. Тренд опадів ( $\Delta O$ )** – зміна річної суми опадів:

$$\Delta O = O_2 - O_1$$

де:

$O_2$  – річна сума опадів у кінцевому році, мм

$O_1$  – річна сума опадів у початковому році, мм

**3. Індекс аридності ( $I_a$ )** – показник посушливості клімату:

$$I_a = E_0 / O$$

де:

$E_0$  – випаровуваність, мм

$O$  – річна сума опадів, мм

- $I_a < 1$  – вологий клімат
- $I_a = 1-2$  – помірно посушливий
- $I_a = 2-3$  – посушливий
- $I_a > 3$  – дуже посушливий (аридний)

**Вразливість геосистем до кліматичних змін**

**Високовразливі геосистеми:**

- Степові екосистеми (посухи, деградація)
- Болотні екосистеми (висихання)
- Гірські екосистеми (танення льодовиків)
- Прибережні екосистеми (підтоплення)

**Помірно вразливі:**

- Лісостепові екосистеми
- Лучні екосистеми
- Водно-болотні угіддя

**Низьковразливі:**

- Лісові екосистеми (мають вищу адаптивність)
- Стабільні водні екосистеми великих озер

**Заходи адаптації геосистем до кліматичних змін**

- Створення захисних лісосмуг
- Впровадження водозберігаючих технологій
- Розширення мережі заповідних територій
- Відновлення водно-болотних угідь
- Протиерозійні заходи
- Диверсифікація сільськогосподарських культур

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 60

## ХІД РОБОТИ

### Завдання 1. Аналіз трендів температури та опадів

#### Інструкція:

1. За даними багаторічних метеорологічних спостережень (надаються викладачем або використовуються умовні дані) визначте зміни температури та опадів.
2. Розрахуйте тренди кліматичних показників.
3. Оцініть характер та інтенсивність кліматичних змін.

#### Вихідні дані (приклад для розрахунку):

Метеостанція: \_\_\_\_\_, період спостережень: \_\_\_\_\_

#### Таблиця 1 – Багаторічні кліматичні дані

Період	Середньорічна температура, °С	Річна сума опадів, мм
1990-2000 рр. (Т <sub>1</sub> , О <sub>1</sub> )	7,2	520
2010-2020 рр. (Т <sub>2</sub> , О <sub>2</sub> )	8,5	480
Зміна (Δ)		

#### Форма запису:

#### Розрахунок тренду температури:

$$T_1 = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### Інтерпретація:

- $\Delta T > 0$  – потепління клімату
- $\Delta T = 0$  – стабільний температурний режим
- $\Delta T < 0$  – похолодання клімату

Характер зміни температури: \_\_\_\_\_

#### Розрахунок тренду опадів:

$$O_1 = \text{_____} \text{ мм}$$

$$O_2 = \text{_____} \text{ мм}$$

$$\Delta O = O_2 - O_1 = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}$$

#### Відносна зміна опадів:

$$\Delta O\% = (\Delta O / O_1) \times 100\% = (\text{_____} / \text{_____}) \times 100\% = \text{_____} \%$$

#### Інтерпретація:

- $\Delta O > 0$  – збільшення зволоження

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 61

- $\Delta O = 0$  – стабільний режим опадів
- $\Delta O < 0$  – зменшення зволоження (аридизація)

**Характер зміни опадів:** \_\_\_\_\_

**Таблиця 2 – Оцінка кліматичних змін**

Показник	Напрямок зміни	Швидкість зміни	Вплив на геосистему
Температура	Потепління /	Слабкий /	
	Похолодання /	Помірний /	
	Стабільно	Сильний	
Опади	Збільшення /	Слабке / Помірне /	
	Зменшення / Стабільно	Сильне	

**Висновок про характер кліматичних змін:**

---



---



---

## Завдання 2. Оцінка вразливості геосистеми до кліматичних змін

### Інструкція:

1. Використовуючи дані про тип геосистеми та виявлені кліматичні зміни, розрахуйте індекс аридності.
2. Оцініть рівень вразливості геосистеми.
3. Запропонуйте адаптаційні заходи.

### Вихідні дані:

- Річна сума опадів ( $O$ ) = 480 мм (з Завдання 1)
- Випаровуваність ( $E_0$ ) = 720 мм
- Тип геосистеми: степова / лісостепова / лісова (підкреслити)

### Форма запису:

#### Розрахунок індексу аридності:

$$O = \text{_____ мм}$$

$$E_0 = \text{_____ мм}$$

$$I_a = E_0 / O = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____}$$

#### Оцінка посушливості клімату:

- [ ] Вологий клімат ( $I_a < 1$ )
- [ ] Помірно посушливий ( $I_a = 1-2$ )
- [ ] Посушливий ( $I_a = 2-3$ )
- [ ] Дуже посушливий ( $I_a > 3$ )

**Таблиця 3 – Оцінка вразливості геосистеми**

Фактор вразливості	Характеристика	Рівень загрози
--------------------	----------------	----------------

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 62

Підвищення температури	$\Delta T = \underline{\hspace{2cm}}$ °C	Низький / Помірний / Високий
Зміна режиму опадів	$\Delta O = \underline{\hspace{2cm}}$ мм	Низький / Помірний / Високий
Посушливість клімату	$I_a = \underline{\hspace{2cm}}$	Низька / Помірна / Висока
Тип геосистеми		Низьковразлива / Помірно вразлива / Високовразлива
<b>Інтегральна оцінка вразливості</b>		

### Визначення інтегральної вразливості:

Підрахуйте бали:

- Низький рівень загрози – 1 бал
- Помірний рівень загрози – 2 бали
- Високий рівень загрози – 3 бали

Сума балів:       

### Інтегральна оцінка:

- 3-5 балів – низька вразливість (геосистема стійка)
- 6-8 балів – помірна вразливість (потрібні адаптаційні заходи)
- 9-12 балів – висока вразливість (критичний стан, невідкладні заходи)

### Таблиця 4 – Адаптаційні заходи

Виявлена загроза	Рекомендовані заходи
Підвищення температури	Введення жаро- та посухостійких сортів рослин, зрошення
Зменшення опадів	Створення водозберігаючих систем, лісосмуги
Посилення ерозії	Терасування схилів, залуження
Загроза посухи	Облаштування ставків, дренажних систем
Зміщення природних зон	Створення екологічних коридорів для міграції видів

### ВИСНОВКИ:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 63

## Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1	Адаптація	Adaptation
2	Антропогенне навантаження	Anthropogenic pressure
3	Біорізноманіття	Biodiversity
4	Вразливість	Vulnerability
5	Геосистема	Geosystem
6	Гідрологічний режим	Hydrological regime
7	Гомеостаз	Homeostasis
8	Деградація	Degradation
9	Екологічна ємність	Ecological capacity
10	Екосистемні послуги	Ecosystem services
11	Життєздатність	Viability
12	Землекористування	Land use
13	Інвазійні види	Invasive species
14	Компоненти ландшафту	Landscape components
15	Ландшафтне різноманіття	Landscape diversity
16	Моніторинг	Monitoring
17	Порушення	Disturbance
18	Регенерація	Regeneration
19	Резильєнтність	Resilience
20	Ризик	Risk
21	Рівновага	Equilibrium
22	Самовідновлення	Self-restoration
23	Самоорганізація	Self-organization
24	Стабільність	Stability
25	Стійкість	Resistance
26	Структура	Structure

## Рекомендована література

### Основна література

1. Войтків П., Іванов Є. Методи геоecологічних досліджень: навч.-метод. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2022. 106 с. URL:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 64

<http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/bitstream/123456789/4017/1/2022-VOYTKIV.-IVANOV.-METODY-NEOEKOLOGICHNYKH-DOSLIDZHEN-book-2022.pdf>

2. Домбровський К. О., Рильський О. Ф. Урбоекологія: навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗНУ, 2023. 124 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/12897?locale-attribute=uk>

3. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Київ : НІСД, 2020. 110 с. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf)

4. Оптимізація природокористування : навч. посіб. Одеса : Одеський держ. екол. ун-т, 2024. 116 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/13067/>

5. Основи стійкості геосистем: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 103 «Науки про Землю» / Л.М. Шевчук – Електронні дані. – Житомир : Житомирська політехніка., 2024. – 264 с. URL: [https://library.ztu.edu.ua/ftextslocal/Shevchuk\\_Osn.pdf](https://library.ztu.edu.ua/ftextslocal/Shevchuk_Osn.pdf)

6. Шовкун Т. М., Мирон І. В. Основи загального землезнавства та ландшафтознавства: навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і допов. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2023. 95 с. URL: <http://lib.ndu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/3076/1/Основи%20заг%20з-ва%20та%20ландш..pdf>

7 Яворський Б. І., Карабінюк М. М. Ландшафтознавство: навч.-метод. посіб. Ужгород: Говерла, 2023. 104 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/51506>

### *Допоміжна література*

1. Біла книга 2021. Оборонна політика України : інформ. бюл. / підгот. робочою групою фахівців М-ва оборони України, Ген. штабу Збройних Сил України та Адміністрації Держ. спец. служби транспорту, 2021. 34 с. URL: [https://archive.r2p.org.ua/wp-content/uploads/2020/10/white\\_book\\_risks\\_3p-consortium.pdf](https://archive.r2p.org.ua/wp-content/uploads/2020/10/white_book_risks_3p-consortium.pdf)

2. Зварич Н. М., Стадник І. Я. Методичні вказівки до виконання практичної роботи з курсу «Техноекологія та цивільна безпека» за темою «Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (виливом) небезпечних хімічних речовин» для студентів усіх напрямків і форм навчання, 2021. 20 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35305>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 65

3. Корнус А. О. Теорія фізичної географії і раціональне природокористування (курс лекцій): навч. посіб. Суми: Інститут стратегій інноваційного розвитку і трансферу знань, 2023. 176 с. URL: [http://aokornus.at.ua/BOOKS/Laboratorni\\_roboty.pdf](http://aokornus.at.ua/BOOKS/Laboratorni_roboty.pdf)

4. Цимбалюк І. О. Інвестиційне забезпечення сталого розвитку: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 244 с. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/23341>

5. Шевчук Л. М., Герасимчук О.Л., Васільєва Л.А. Аналіз та оцінка надзвичайних ситуацій, пов'язаних з повеннями в Україні. Географія та туризм. Вип. 76., 2024. С. 44-52. URL: <http://www.geolgt.com.ua/images/stories/zbirnik/vipusk76/v767.pdf>

6. Васільєва Л.А., Шевчук Л.М., Герасимчук О.Л. Передумови виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території Житомирської області. Екологічні науки. 6 (51). 2023. С. 14-16. URL: <http://escoj.dea.kiev.ua/archives/2023/6/2.pdf>

7. Шевчук Л.М., Васільєва Л.А., Герасимчук О.Л., Шабатин В.О. Вплив видобутку бурштину на гідрологічний режим, біорізноманіття річки Уборть та водоутримуючу здатність прилеглих територій. Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки. 2025. №5. С. 16-23.

8. Шевчук Л.М., Васільєва Л.А., Билина Л.В., Герасимчук О.Л. Геосистема річки Тетерів: опис природних компонентів та антропогенного впливу. Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки. 2025. №1. С. 144-154.

9. Васільєва Л.А., Шевчук Л.М., Билина Л.В., Герасимчук О.Л. Гідрографічні особливості, екологічний стан та стійкість водних об'єктів міста Житомир. Екологічні науки. 2025. Вип. 59. С. 55-61.

10. Шевчук Л.М., Васільєва Л.А., Герасимчук О.Л. Ландшафти Житомира: структура геосистем міста, природні та техногенні небезпеки регіону. Екологічні науки. 2025. Вип. 59. С. 283-290.

11. Shevchuk L., Bylyna L., Vasilieva L., Herasymchuk O., Polishchuk I., Dienichieva O. Assessing the state of freshwater bottom Malacofauna (Mollusca: Bivalvia: Sphaeriidae) in the Prypiat sub-basin in the context of aquatic ecosystem sustainability. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2025. 26 (3). P. 330-337.

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.10- 05.01/103.00.1/Б/ОК19- 01-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 66 / 66

- URL: <https://dsns.gov.ua/>
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України  
URL: <https://mepr.gov.ua/>
  3. Державне агентство водних ресурсів України  
URL: <https://www.davr.gov.ua/>
  4. Український гідрометеорологічний центр  
URL: <https://meteo.gov.ua/>
  5. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)  
URL: <https://www.undrr.org/>
  6. European Commission - European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations  
URL: <https://ec.europa.eu/echo/>
  7. World Health Organization (WHO) - Emergencies  
URL: <https://www.who.int/emergencies/en/>
  8. The International Disaster Database (EM-DAT)  
URL: <https://www.emdat.be/>
  9. PreventionWeb - Knowledge platform for disaster risk reduction  
URL: <https://www.preventionweb.net/>
  10. Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS)  
URL: <https://www.gdacs.org/>
  11. European Environment Agency  
URL: <https://www.eea.europa.eu/>
  12. United States Environmental Protection Agency (EPA)  
URL: <https://www.epa.gov/>
  13. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)  
URL: <https://www.noaa.gov/>
  14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)  
URL: <https://www.ipcc.ch/>
  15. European Flood Awareness System (EFAS)  
URL: <https://www.efas.eu/>