

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 64 / 1</i>

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для виконання практичних 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 64 / 2</i>

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних 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. 64 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 64 / 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 64 / 4

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Аналіз структури та функціональних зв'язків у геосистемах різного рівня. Природні фактори стійкості геосистем

Мета: Навчитися аналізувати структурно-функціональну організацію геосистем різних рівнів та виявляти природні фактори, що забезпечують їх стійкість.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Геосистема – це просторово-часова система географічних компонентів, взаємопов'язаних обміном речовини та енергії і що функціонують як цілісне утворення.

Структура геосистеми включає:

- **Компонентну структуру** – набір природних компонентів (літогенна основа, води, повітря, ґрунти, біота)
- **Морфологічну структуру** – просторове впорядкування елементів
- **Функціональну структуру** – систему зв'язків та процесів обміну

Рівні організації геосистем:

- Локальний (фація, урочище)
- Регіональний (ландшафт, фізико-географічна область)
- Глобальний (фізико-географічні пояси, географічна оболонка)

Природні фактори стійкості:

- Біорізноманітність
- Складність структури
- Наявність резервних елементів
- Функціональне резервування
- Гетерогенність середовища
- Циклічність процесів

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Аналіз структури геосистем різного рівня

На основі наведених нижче характеристик визначте рівень організації геосистеми та проаналізуйте її структурні особливості:

Геосистема А: Ділянка заплави річки площею 2 га з лучною рослинністю, алювіальними ґрунтами, сезонним підтопленням. Однорідні умови зволоження, один тип біоценозу.

Геосистема Б: Басейн малої річки площею 450 км² з чергуванням лісових, лучних та болотних ділянок, різними типами ґрунтів, складною гідрологічною мережею.

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 64 / 5

Геосистема В: Територія фізико-географічної області "Мале Полісся" з характерними ландшафтними рівнинами, сосновими борами на дерново-підзолистих ґрунтах, специфічним кліматом.

Для кожної геосистеми заповніть таблицю:

Характеристика	Геосистема А	Геосистема Б	Геосистема В
Рівень організації			
Площа			
Провідні компоненти			
Складність структури (низька/середня/висока)			
Кількість типів зв'язків			

Зробіть висновок: Як змінюється складність структури при переході від локального до регіонального рівня?

Завдання 2. Порівняльний аналіз природних факторів стійкості

Порівняйте природні фактори стійкості трьох типів геосистем. Заповніть таблицю, оцінюючи кожен фактор за шкалою: **низький (Н), середній (С), високий (В):**

Фактор стійкості	Монокультурна ділянка соснового лісу	Мішаний ліс (сосна, дуб, береза, вільха)	Лісо-болотний комплекс
Біорізноманітність			
Складність структури			
Наявність резервних елементів			
Гетерогенність середовища			
Здатність до самовідновлення			
ЗАГАЛЬНА СТІЙКІСТЬ			

Поясніть письмово (3-5 речень):

- Чому мішаний ліс стійкіший за монокультуру?
- Які конкретні механізми забезпечують високу стійкість лісо-болотного комплексу?

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 64 / 6

Завдання 3. Кейс-аналіз: оцінка природної стійкості

Ситуація: У басейні річки Прип'ять планується осушення заболоченої ділянки площею 1200 га для сільськогосподарського використання.

Наявна інформація:

- Болотна геосистема існує понад 8000 років
- Видове різноманіття: 47 видів рослин, 23 види птахів, 12 видів ссавців
- Виконує функції регулювання стоку, очищення води, депонування вуглецю
- Має складну мозаїчну структуру (відкриті болота, заболочені ліси, озера)
- З'єднана гідрологічно з п'ятьма меншими болотними масивами

Проаналізуйте:

1. **Визначте природні фактори стійкості цієї геосистеми** (перерахуйте не менше 5 факторів з обґрунтуванням)
2. **Оцініть можливі наслідки порушення структури:**
 - Які функціональні зв'язки будуть розірвані?
 - Як це вплине на стійкість всієї системи басейну?
3. **Запропонуйте альтернативне рішення**, яке збереже природні фактори стійкості геосистеми

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає різниця між компонентною та функціональною структурою геосистеми?
2. Чому геосистеми регіонального рівня зазвичай більш стійкі, ніж локального?
3. Який зв'язок між біорізноманітністю та стійкістю геосистеми?
4. Що таке функціональне резервування і як воно проявляється в природних геосистемах?
5. Наведіть приклади прямих та зворотних зв'язків у геосистемі вашого регіону.
6. Як гетерогенність середовища впливає на адаптаційні можливості геосистеми?
7. Чи може проста за структурою геосистема бути стійкою? Обґрунтуйте.

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 64 / 7

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Методи кількісної оцінки стійкості геосистем. Якісні підходи до оцінки стійкості природних комплексів

Мета: Вивчити різні методи та підходи до оцінки стійкості геосистем, навчитися обирати оптимальні методи залежно від характеру дослідження та доступних даних.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Оцінка стійкості геосистем – комплексний процес визначення здатності природної системи зберігати свою структуру та функції під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників.

Класифікація методів оцінки:

1. За типом отриманих результатів:

- **Кількісні методи** – дають числові показники (індекси, коефіцієнти, бали)
- **Якісні методи** – описують стан через категорії (висока/середня/низька стійкість)
- **Напівкількісні** – поєднують бальні оцінки з якісними характеристиками

2. За масштабом дослідження:

- Локальні (фація, урочище)
- Регіональні (ландшафт, басейн)
- Глобальні (біом, географічна оболонка)

3. За об'єктом оцінки:

- Компонентні (грунти, рослинність, водні об'єкти)
- Комплексні (геосистема в цілому)
- Функціональні (окремі екосистемні функції)

Основні групи методів:

А. Індикаторні методи – базуються на виборі та аналізі індикаторів стійкості

- Біоіндикація
- Геоіндикація
- Інтегральні індекси

Б. Балансові методи – аналізують рівновагу в системі

- Водний баланс
- Баланс речовин
- Енергетичний баланс

В. Порівняльно-географічні методи – зіставлення з еталонними (незмінними) системами

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 64 / 8

- Метод аналогів
- Контрольних ділянок
- Часових зрізів

Г. Системно-структурні методи – оцінка через аналіз структури

- Аналіз різноманітності
- Зв'язність системи
- Наявність буферних зон

Д. Експертні методи – оцінка на основі думки фахівців

- Експертне опитування
- Методи ранжування
- Дельфі-метод

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Порівняльний аналіз методологічних підходів

Проаналізуйте наведені нижче методи оцінки стійкості геосистем. Заповніть порівняльну таблицю:

Метод А: Оцінка стійкості лісової геосистеми через визначення видового різноманіття деревостану, вікової структури, ярусності, наявності підросту та підліску. Результат – якісна характеристика "стійкий/умовно стійкий/нестійкий ліс".

Метод Б: Розрахунок індексу стійкості ґрунтів на основі 10 показників (вміст гумусу, структура, щільність, рН, тощо) з подальшим обчисленням інтегрального коефіцієнта стійкості (0-100 балів).

Метод В: Порівняння сучасного стану водно-болотного угіддя з його станом 30 років тому на основі аерофотознімків, гідрологічних даних та флористичних описів.

Метод Г: Експертна оцінка стійкості степової екосистеми групою з 15 фахівців (ботаніки, ґрунтознавці, гідрологи) з використанням спеціально розробленої анкети та узгодженням оцінок.

Критерій	Метод А	Метод Б	Метод В	Метод Г
Тип методу (кількісний/якісний/напівкількісний)				
Група методу (індикаторний/балансовий/порівняльний/структурний/експертний)				
Об'єктивність результатів				

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 64 / 9

висока/середня/низька)				
Потреба в тривалих спостереженнях (так/ні)				
Складність виконання (проста/середня/складна)				
Відтворюваність результатів (висока/середня/низька)				
Можливість порівняння різних геосистем (так/ні/обмежено)				

Письмово відповісти (5-7 речень): Який з методів ви вважаєте найбільш надійним і чому? В яких ситуаціях кожен метод буде найбільш доцільним?

Завдання 2. Аналіз індикаторів стійкості

Для оцінки стійкості річкової геосистеми різні дослідники пропонують використовувати різні набори індикаторів.

Набір індикаторів А (екологічний підхід):

- Індекс біотичної цілісності (видовий склад риб)
- Різноманітність макробезхребетних
- Покриття макрофітами
- Наявність аборигенних видів

Набір індикаторів Б (гідрологічний підхід):

- Стабільність витрат води
- Коефіцієнт варіації стоку
- Швидкість течії
- Температурний режим
- Мутність води

Набір індикаторів В (морфологічний підхід):

- Стабільність русла
- Наявність меандрів
- Розвиток заплави
- Тип берегів
- Донні відклади

Набір індикаторів Г (інтегральний підхід):

- 2-3 індикатори з кожного попереднього набору
- Стан прибережної рослинності
- Антропогенне навантаження

Проаналізуйте:

1. Переваги та недоліки кожного набору (заповніть таблицю):

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 64 / 10

Набір	Переваги	Недоліки	Для якого типу досліджень підходить?
А			
Б			
В			
Г			

2. Обґрунтуйте письмово (7-10 речень):

- Чому інтегральний підхід може бути кращим за вузькоспеціалізовані?
- Які ризики пов'язані з використанням занадто великої кількості індикаторів?
- Як би ви сформуливали оптимальний набір індикаторів для річки вашого регіону?

Завдання 3. Кейс-аналіз: вибір методу оцінки

Проаналізуйте три дослідницькі ситуації та обґрунтуйте вибір найбільш відповідного методу оцінки стійкості.

Ситуація 1: Потрібно оцінити стійкість 50 лісових урочищ у басейні річки протягом 3 місяців для розробки плану лісокористування. Наявні: топографічні карти, дані лісовпорядкування, можливість проведення польових маршрутів. Бюджет обмежений.

Ситуація 2: Науково-дослідна робота з вивчення деградації степових екосистем. Термін: 5 років. Є фінансування, обладнання для вимірювань, архівні дані за 40 років, можливість закладки стаціонарів. Потрібні публікації в міжнародних журналах.

Ситуація 3: Швидка оцінка стійкості водно-болотного угіддя для подання на отримання статусу об'єкта природно-заповідного фонду. Термін: 1 місяць. Є старі описи угіддя (20-річної давнини), карти, можливість залучити експертів.

Для кожної ситуації:

1. Запропонуйте метод(и) оцінки з обґрунтуванням вибору
2. Вкажіть ключові індикатори, які слід використати
3. Опишіть очікувану форму результату (якісна/кількісна оцінка, картосхема, бали, тощо)
4. Визначте можливі обмеження обраного методу

Оформіть у вигляді таблиці або структурованого тексту (по 0,5 сторінки на кожну ситуацію).

Завдання 4. Критичний аналіз якісних vs кількісних підходів

Прочитайте два уривки з наукових праць про оцінку стійкості геосистем:

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 64 / 11

Позиція 1 (прибічник кількісних методів): *"Лише кількісні методи дають об'єктивну, відтворювану оцінку стійкості. Числові показники можна порівнювати між різними територіями та в часі, проводити статистичний аналіз, будувати моделі прогнозу. Якісні описи суб'єктивні та не дозволяють точно оцінити динаміку змін."*

Позиція 2 (прибічник якісних методів): *"Складність геосистем неможливо звести до набору цифр. Якісний аналіз дозволяє врахувати унікальність кожної системи, специфіку її функціонування, які губляться при формалізації. Досвід дослідника та комплексний підхід важливіші за точність вимірювань окремих параметрів."*

Завдання:

1. Складіть аргументи "За" і "Проти" для кожної позиції (мінімум по 4 аргументи):

Позиція	Аргументи "ЗА"	Аргументи "ПРОТИ"
Кількісні методи	1. 2. 3. 4.	1. 2. 3. 4.
Якісні методи	1. 2. 3. 4.	1. 2. 3. 4.

2. Сформулюйте власну позицію (10-12 речень):

- Чи можна вважати один підхід універсально кращим?
- В яких випадках виправдані кількісні, а в яких – якісні методи?
- Як можна поєднати обидва підходи для отримання найбільш повної оцінки?
- Наведіть конкретний приклад геосистеми, для якої доцільне поєднання методів

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає принципова різниця між кількісною та якісною оцінкою стійкості?
2. Що таке індикатори стійкості? Які вимоги до них висуваються?
3. Чому для оцінки стійкості складних геосистем рекомендують використовувати інтегральні підходи?
4. Які переваги має метод порівняння з еталонною (незміненою) системою?
5. В чому полягають обмеження експертних методів оцінки?
6. Як масштаб дослідження впливає на вибір методу оцінки?
7. Чи може один індикатор адекватно відображати стійкість геосистеми? Чому?

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 64 / 12

8. Що важливіше при оцінці стійкості – точність вимірювань чи комплексність підходу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Резильєнтність ґрунтових систем

Мета: Вивчити концепцію резильєнтності ґрунтових систем, фактори, що її визначають, та механізми відновлення ґрунтів після порушень.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Резильєнтність ґрунту (soil resilience) – здатність ґрунту відновлювати свою структуру, функції та продуктивність після порушення (механічного, хімічного, біологічного впливу).

Резистентність ґрунту (soil resistance) – здатність ґрунту протистояти порушенням, зберігаючи свої властивості незмінними під час впливу.

Ключова різниця:

- Резистентність – "не змінюватися під впливом"
- Резильєнтність – "швидко відновлюватися після впливу"

Компоненти резильєнтності ґрунту:

1. **Структурна резильєнтність** – відновлення агрегатного складу, пористості
2. **Біологічна резильєнтність** – відновлення мікробіому, ґрунтової фауни
3. **Хімічна резильєнтність** – відновлення балансу елементів живлення, рН
4. **Функціональна резильєнтність** – відновлення екосистемних функцій (фільтрація, родючість)

Фактори, що визначають резильєнтність:

Внутрішні (властивості ґрунту):

- Гранулометричний склад
- Вміст органічної речовини
- Буферна ємність
- Біологічна активність
- Товщина гумусового горизонту
- Структура та агрегованість

Зовнішні (умови середовища):

- Клімат (температура, вологість)
- Рослинний покрив
- Рельєф

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСЬКА 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 64 / 13

- Характер материнської породи
- Гідрологічний режим

Часові аспекти резильєнтності:

- **Швидка резильєнтність** – дні, тижні (відновлення мікробної активності)
- **Середня резильєнтність** – місяці, роки (відновлення структури)
- **Повільна резильєнтність** – десятиліття, століття (відновлення гумусу, профілю)

Типи порушень ґрунтів:

- Механічні (ущільнення, ерозія)
- Хімічні (забруднення, підкислення, засолення)
- Біологічні (знищення біоти, інвазії)
- Фізичні (зміна водного режиму, опустелювання)

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Порівняльний аналіз резильєнтності різних типів ґрунтів

Проаналізуйте резильєнтність чотирьох типів ґрунтів України після однакового порушення (інтенсивна оранка протягом 10 років з наступним припиненням обробки).

Ґрунт А: Чорнозем типовий

- Гумус: 6-8%
- Гранулометричний склад: важкосуглинковий
- Потужність гумусового горизонту: 80-120 см
- Структура: зерниста, водостійка
- Біологічна активність: висока

Ґрунт Б: Дерново-підзолистий

- Гумус: 1,5-2,5%
- Гранулометричний склад: супіщаний
- Потужність гумусового горизонту: 15-25 см
- Структура: слабка, нестійка
- Біологічна активність: середня

Ґрунт В: Сірий лісовий

- Гумус: 2-4%
- Гранулометричний склад: легкосуглинковий
- Потужність гумусового горизонту: 25-40 см
- Структура: грудкувато-зерниста
- Біологічна активність: середня-висока

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 64 / 14

Ґрунт Г: Каштановий

- Гумус: 2,5-3,5%
- Гранулометричний склад: середньосуглинковий
- Потужність гумусового горизонту: 30-45 см
- Структура: грудкувата, середньої міцності
- Біологічна активність: низька-середня (лімітована вологістю)

Заповніть таблицю, оцінюючи кожен показник за шкалою: низька (Н), середня (С), висока (В):

Показник резильєнтності	Чорнозем	Дерново-підзолистий	Сірий лісовий	Каштановий
Швидкість відновлення структури				
Швидкість відновлення біоти				
Стійкість до ерозії при відновленні				
Здатність до накопичення гумусу				
Буферна ємність				
Загальна резильєнтність				
Прогнозований час повного відновлення				

Письмово обґрунтуйте (8-10 речень):

- Чому чорнозем має найвищу резильєнтність?
- Які конкретні властивості дерново-підзолистого ґрунту знижують його резильєнтність?
- За яких умов каштановий ґрунт може виявити вищу резильєнтність, ніж очікується?

Завдання 2. Аналіз факторів резильєнтності

Розгляньте вплив різних факторів на резильєнтність ґрунтів. Для кожного фактора визначте механізм впливу та оцініть важливість.

Фактор 1: Вміст органічної речовини (гумусу)

Порівняйте два ділянки чорнозему:

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 64 / 15

- Ділянка А: вміст гумусу 7%, не удобрювалась 20 років
- Ділянка Б: вміст гумусу 3%, інтенсивне землеробство без внесення органіки

Обидві ділянки зазнали ущільнення важкою технікою.

Проаналізуйте:

1. Яка ділянка швидше відновить структуру? Чому?
2. Як гумус впливає на біологічну активність при відновленні?
3. Чи можливе повне відновлення ділянки Б? За який час?

Фактор 2: Гранулометричний склад

Три ділянки зазнали водної ерозії однакової інтенсивності:

- Супіщаний ґрунт
- Суглинковий ґрунт
- Глинистий ґрунт

Визначте:

1. Який ґрунт постраждав найбільше? Чому?
2. Який відновиться найшвидше?
3. Яка роль рослинності у відновленні кожного типу?

Фактор 3: Біологічна активність

Два ґрунти після хімічного забруднення (нафтопродукти):

- Ґрунт А: висока початкова мікробна активність, різноманітна мезофауна
- Ґрунт Б: низька мікробна активність, збіднена фауна

Поясніть:

1. Які групи організмів найважливіші для деградації забруднювача?
2. Чому біорізноманітність важлива для резильєнтності?
3. Як можна прискорити відновлення ґрунту Б?

Результати оформіть у вигляді таблиці:

Фактор	Механізм впливу на резильєнтність	Важливість (висока/середня/низька)	Можливість управління
Вміст органічної речовини			
Гранулометричний склад			
Біологічна активність			

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 64 / 16

Завдання 3. Кейс-аналіз: оцінка резильєнтності та стратегії відновлення

Кейс 1: Рекультивація кар'єру

Ситуація: Після закриття піщаного кар'єру залишилась територія 15 га з порушеним ґрунтовим покривом. Умови:

- Материнська порода: пісок
- Клімат: помірно-континентальний, опади 600 мм/рік
- Прилегла територія: сосновий ліс на дерново-підзолистих ґрунтах
- Глибина виїмки: 3-8 м
- Зональний тип ґрунту: дерново-підзолистий

Проаналізуйте:

1. **Оцініть природну резильєнтність** – чи відновиться ґрунт самостійно? За який час?
2. **Визначте лімітуючі фактори** відновлення (не менше 5):
3. **Запропонуйте стратегію прискорення відновлення:**
 - Які матеріали можна внести для покращення властивостей?
 - Яку рослинність використати на різних етапах?
 - Яка послідовність дій оптимальна?
4. **Прогнозований час відновлення** при природному процесі та при запропонованих заходах

Кейс 2: Деградовані чорноземи

Ситуація: Чорнозем типовий після 50 років інтенсивного землеробства без внесення органічних добрив:

- Втрата гумусу: з 7% до 3,5%
- Ущільнення орного шару
- Зниження біологічної активності на 60%
- Погіршення структури
- Розвиток водної ерозії (змив до 15 см верхнього шару на схилах)
- Площа: 200 га

Власник хоче відновити родючість для органічного землеробства.

Розробіть план аналізу:

1. **Визначте рівень резильєнтності ґрунту** в поточному стані (висока/середня/низька) з обґрунтуванням
2. **Які властивості чорнозему** можуть забезпечити відновлення навіть після значної 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 64 / 17

3. **Запропонуйте комплекс заходів** з відновлення (агротехнічні, біологічні, організаційні)

4. **Етапи відновлення:**

- Короткотерміновий період (1-3 роки) – які показники покращаться?
- Середньотерміновий період (5-10 років) – очікувані зміни?
- Довготерміновий період (15-30 років) – повне відновлення можливе?

5. **Індикатори успішності відновлення** – які параметри слід моніторити?

Кейс 3: Засолення зрошуваних земель

Ситуація: Каштанові ґрунти в зоні зрошення після 30 років неправильної експлуатації:

- Вторинне засолення верхнього горизонту
- Підняття рівня ґрунтових вод
- Зміна складу поглинаючого комплексу (натрієве засолення)
- Руйнування структури
- Зниження врожайності на 70%
- Площа: 500 га

Завдання для аналізу:

1. **Оцініть резильєнтність** каштанового ґрунту до засолення:

- Чи може ґрунт відновитися самостійно після припинення зрошення?
- Які процеси будуть гальмувати відновлення?

2. **Порівняйте два сценарії:**

- Сценарій А: повне припинення зрошення, природне відновлення
- Сценарій Б: промивні поливи + меліорація + внесення гіпсу + фіторемедіація

Який ефективніший? Чому?

3. **Обґрунтуйте вибір стратегії** з урахуванням:

- Природної резильєнтності ґрунту
- Економічної доцільності
- Термінів відновлення
- Екологічних ризиків

Завдання 4. Розробка системи індикаторів резильєнтності

На основі вивченого матеріалу запропонуйте систему індикаторів для оцінки

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 64 / 18

резильєнтності ґрунтів.

Розробіть таблицю індикаторів:

Група індикаторів	Конкретні показники (3-5 для кожної групи)	Метод визначення	Порогові значення (орієнтовно)
Фізичні властивості			
Хімічні властивості			
Біологічні властивості			
Функціональні показники			

Письмово обґрунтуйте (10-12 речень):

1. Чому ви вибрали саме ці індикатори?
2. Які з них найбільш чутливі до ранніх стадій деградації?
3. Які індикатори можуть свідчити про відновлення?
4. Як часто потрібно проводити моніторинг для оцінки резильєнтності?
5. Чи можна розробити універсальну систему індикаторів для всіх типів ґрунтів?

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому різниця між резильєнтністю та резистентністю ґрунтів? Наведіть приклади.
2. Чому чорноземи мають високу резильєнтність порівняно з підзолистими ґрунтами?
3. Як вміст органічної речовини впливає на здатність ґрунту до відновлення?
4. Яка роль ґрунтової біоти у процесах резильєнтності?
5. Чому важкі за гранулометричним складом ґрунти часто мають вищу резильєнтність?
6. Які типи порушень найнебезпечніші для резильєнтності ґрунтів?
7. Як зміна клімату може вплинути на резильєнтність ґрунтових систем?
8. Які агротехнічні прийоми підвищують резильєнтність орних ґрунтів?
9. Чи можливе повне відновлення сильно деградованого ґрунту? За яких умов?
10. Як час впливає на оцінку резильєнтності?

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 64 / 19

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: Стійкість малих водотоків. Стійкість річкових басейнів

Мета: Вивчити фактори та механізми стійкості малих річок і річкових басейнів, навчитися аналізувати загрози стійкості та оцінювати потенціал відновлення водних систем.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Стійкість водотоку – здатність річкової системи зберігати свою структуру, гідрологічний режим, морфологічні характеристики та екологічні функції при дії природних та антропогенних факторів.

Стійкість річкового басейну – здатність басейнової системи як цілісного комплексу (русло + заплава + схили + водозбір) підтримувати сталий водний баланс, якість води та екосистемні функції.

Компоненти стійкості водних систем:

1. Гідрологічна стійкість

- Стабільність витрат води
- Регулярність водного режиму
- Стійкість до паводків і меженей
- Збереження підземного живлення

2. Морфологічна стійкість

- Стабільність русла (плану, профілю)
- Збереження меандрування
- Стійкість берегів до размиву
- Баланс ерозії-аккумуляції

3. Екологічна стійкість

- Збереження біорізноманіття
- Якість води
- Функціонування прибережних біоценозів
- Зв'язність місцепроживань

4. Ландшафтна стійкість басейну

- Залісненість водозбору
- Стан заплави
- Збереження природних регуляторів стоку

Фактори стійкості малих водотоків:

Природні фактори:

- Залісненість басейну (>30% – висока стійкість)
- Заболоченість (природні регулятори стоку)
- Геологічна будова (водотривкі породи збільшують стійкість)

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 64 / 20

- Морфометрія басейну (розгалуженість, форма)
- Розвиток заплави та прибережної рослинності
- Крутість схилів (пологі схили – більша стійкість)

Антропогенні фактори:

- Розораність басейну (>40% – зниження стійкості)
- Регулювання стоку (ставки, водосховища)
- Каналізація русла
- Забір води
- Скиди забруднень
- осушення боліт і заплав

Типи порушень стійкості:

1. Гідрологічні порушення:

- Зміна режиму стоку (збільшення паводків, зменшення меженого стоку)
- Виснаження ресурсів підземних вод
- Пересихання у літній період

2. Морфологічні порушення:

- Інцізія (врізання русла)
- Прискорена акумуляція наносів
- Руйнування берегів
- Випрямлення русла

3. Екологічні порушення:

- Евтрофікація
- Забруднення
- Втрата біорізноманіття
- Біологічні інвазії

Механізми саморегуляції:

- **Буферна ємність заплави** – поглинання паводкових вод
- **Меандрування** – природна адаптація до ерозії
- **Самоочищення** – біологічна переробка забруднень
- **Відновлення біоценозів** – природна сукцесія

Критерії оцінки стійкості:

- Коефіцієнт варіації стоку (<0,3 – стійкий режим)
- Індекс залісненості басейну
- Стан прибережних екосистем
- Якість води (за гідробіологічними показниками)
- Морфологічна стабільність русла

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 64 / 21

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Аналіз факторів стійкості малих водотоків

Проаналізуйте чотири малі річки з різними характеристиками басейнів. Визначте рівень їхньої стійкості.

Річка А (Лісовий струмок)

- Довжина: 15 км
- Площа басейну: 45 км²
- Залісненість басейну: 65%
- Заболоченість: 12%
- Розораність: 5%
- Щільність населення: 8 осіб/км²
- Характер русла: природне меандрування
- Стан заплави: природна, заліснена
- Антропогенні об'єкти: 1 невеликий ставок
- Гідрологічний режим: стабільний, не пересихає

Річка Б (Сільськогосподарський водотік)

- Довжина: 22 км
- Площа басейну: 120 км²
- Залісненість басейну: 8%
- Заболоченість: 2% (більшість осушено)
- Розораність: 72%
- Щільність населення: 45 осіб/км²
- Характер русла: частково каналізоване
- Стан заплави: розорана
- Антропогенні об'єкти: 15 ставків, 3 села
- Гідрологічний режим: нестабільний, пересихає влітку

Річка В (Перехідний тип)

- Довжина: 18 км
- Площа басейну: 85 км²
- Залісненість басейну: 32%
- Заболоченість: 8%
- Розораність: 38%
- Щільність населення: 25 осіб/км²
- Характер русла: природне з локальними випрямленнями
- Стан заплави: змішана (луки + поодинокі розорані ділянки)
- Антропогенні об'єкти: 7 ставків, 2 села

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 64 / 22

- Гідрологічний режим: відносно стабільний, рідко пересихає

Річка Г (Урбанізований водотік)

- Довжина: 12 км
- Площа басейну: 35 км²
- Залісненість басейну: 15%
- Заболоченість: 0%
- Розораність: 10%
- Забудованість: 35%
- Характер русла: каналізоване (50% довжини)
- Стан заплави: забудована, частково у трубах
- Антропогенні об'єкти: міська забудова, зливової каналізація
- Гідрологічний режим: різко змінний, паводкові піки

Заповніть таблицю оцінки стійкості (оцінка за шкалою: висока (В), середня (С), низька (Н)):

Критерій стійкості	Річка А	Річка Б	Річка В	Річка Г
Гідрологічна стійкість				
Морфологічна стійкість				
Екологічна стійкість				
Буферна ємність басейну				
Здатність до самоочищення				
Стійкість до ерозії				
ІНТЕГРАЛЬНА СТІЙКІСТЬ				

Письмово проаналізуйте (10-12 речень):

1. Які фактори найбільше визначають стійкість кожної річки?
2. Чому річка Б має низьку стійкість, незважаючи на більшу площу басейну?
3. Які загрози стійкості є специфічними для урбанізованого водотоку (річка Г)?
4. Яку з річок легше відновити і чому?
5. Запропонуйте пріоритетні заходи для підвищення стійкості річки В

Завдання 2. Порівняльний аналіз стійкості річкових басейнів різних порядків

Басейни річок різних порядків мають різну стійкість до антропогенних впливів. Проаналізуйте, як розмір басейну впливає на його стійкість.

Басейн малої річки (І-ІІ порядок)

- Площа: 50-200 км²

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 64 / 23

- Швидкість реакції на зміни: дуже висока (години-дні)
- Буферна ємність: низька
- Розгалуженість мережі: низька
- Залежність від локальних факторів: дуже висока

Басейн середньої річки (III-IV порядок)

- Площа: 500-2000 км²
- Швидкість реакції на зміни: середня (дні-тижні)
- Буферна ємність: середня
- Розгалуженість мережі: середня
- Залежність від локальних факторів: середня

Басейн великої річки (V-VI порядок)

- Площа: >5000 км²
- Швидкість реакції на зміни: низька (тижні-місяці)
- Буферна ємність: висока
- Розгалуженість мережі: висока
- Залежність від локальних факторів: низька

Сценарій впливу: В басейні відбулася вирубка 30% лісів на площі 100 км².

Проаналізуйте для кожного типу басейну:

1. Наповніть таблицю:

Аспект впливу	Малий басейн	Середній басейн	Великий басейн
Швидкість прояву наслідків			
Інтенсивність впливу (сильний/помірний/слабкий)			
Просторовий масштаб порушення (весь басейн/частина)			
Ймовірність пересихання			
Зміна режиму паводків			
Здатність до самовідновлення			
Необхідність заходів відновлення			

2. Обґрунтуйте письмово (8-10 речень):

- Чому малі басейни вразливіші до локальних порушень?
- За яких умов вплив на великий басейн може бути критичним?
- Який тип басейну найлегше відновити?
- Як розгалуженість річкової мережі впливає на стійкість?

Завдання 3. Кейс-аналіз: діагностика порушень стійкості та шляхи

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 64 / 24

ВІДНОВЛЕННЯ

Кейс 1: Деградація малої лісової річки

Вихідна ситуація (1990-ті роки):

- Річка Березнянка, довжина 25 км, басейн 95 км²
- Залісненість басейну: 58%
- Середньорічна витрата: 0,45 м³/с
- Мінімальна літня витрата: 0,12 м³/с
- Біорізноманіття: 12 видів риби, багата макрофауна
- Якість води: II клас (чиста)
- Заплава: природна, заболочена в пониззі

Поточна ситуація (2020-ті роки):

- Залісненість басейну: 25% (вирубки)
- Розораність: 45% (нові поля)
- Середньорічна витрата: 0,32 м³/с (↓ 29%)
- Мінімальна літня витрата: 0,03 м³/с (↓ 75%)
- Пересихання на окремих ділянках у липні-серпні
- Біорізноманіття: 6 видів риби
- Якість води: III клас (помірно забруднена)
- Заплава: частково осушена, розорана
- Ознаки ерозії берегів

Завдання для аналізу:

1. **Визначте типи порушень стійкості** (гідрологічні, морфологічні, екологічні) з конкретними проявами
2. **Побудуйте причинно-наслідкову схему** деградації:
3. Первинні фактори → Вторинні процеси → Наслідки для стійкості
4. **Оцініть можливість природного відновлення:**
 - Які процеси можуть відбутися самостійно?
 - Що необхідно для запуску відновлення?
 - Прогнозований час відновлення (якщо припинити вплив)
5. **Розробіть програму відновлення** (на 15 років):
 - Етап 1 (роки 1-3): Зупинка деградації**
 - Які заходи невідкладні?
 - Етап 2 (роки 4-8): Відновлення основних функцій**
 - Що необхідно відновити в першу чергу?
 - Етап 3 (роки 9-15): Повне відновлення**
 - Які показники мають бути досягнуті?
6. **Індикатори успішності відновлення:**

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 64 / 25

- Які параметри моніторити?
- Як часто проводити оцінку?

Кейс 2: Вплив каскаду ставків на річкову систему

Ситуація: На річці Вербівка (довжина 35 км, басейн 180 км²) протягом 15 років створено каскад з 23 ставків загальною площею дзеркала 12 га.

Спостережувані зміни:

- Фрагментація русла на ізольовані ділянки
- Зміна термічного режиму (нагрівання води у ставках влітку на 3-5°C)
- Зниження швидкості течії
- Накопичення мулу у ставках і вище них
- Акумуляція біогенів
- Розвиток синьо-зелених водоростей у ставках
- Зниження кисневого режиму нижче ставків
- Зникнення реофільних (люблячих течію) видів риб
- Заростання ділянок між ставками
- Ерозія нижче водоскидів ставків

Проаналізуйте:

1. **Як каскад ставків порушив стійкість річки?** Визначте вплив на:
 - Гідрологічний режим
 - Морфологію русла
 - Температурний режим
 - Екологічні процеси
 - Зв'язність екосистеми
2. **Які ставки найнебезпечніші для стійкості річки?**
 - Великі чи малі?
 - У верхів'ї чи пониззі басейну?
 - Обґрунтуйте
3. **Запропонуйте стратегії управління:**

Варіант А: Часткова ліквідація

 - Які ставки доцільно ліквідувати в першу чергу?
 - Який мінімальний відсоток ставків необхідно прибрати?

Варіант Б: Екологічна модернізація існуючих ставків

 - Які технічні рішення можуть зменшити негативний вплив?
 - Як забезпечити міграційні коридори для риб?

Варіант В: Регламентація

 - Які обмеження на експлуатацію ставків необхідні?

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 64 / 26

4. Обґрунтуйте вибір оптимальної стратегії з урахуванням:

- Економічних інтересів власників
- Екологічної стійкості річки
- Можливості компромісу

Кейс 3: Відновлення стійкості урбанізованого водотоку

Ситуація: Струмок Млинівка в межах міста (довжина 8 км в урбанізованій зоні):

- 60% довжини – у бетонному лотку або трубі
- Зливові скиди від 15 000 жителів
- Режим: різкі паводкові піки після злив (у 20 разів вище базового стоку)
- Практично відсутня біота
- Якість води: IV-V клас
- Заплава повністю забудована
- Ерозія на незакріплених ділянках

Міська влада хоче відновити екологічні функції струмка в рамках концепції "зеленої інфраструктури".

Розробіть концепцію відновлення:

1. **Які функції можна реально відновити в умовах міста?**
 - Що неможливо відновити? Чому?
2. **Природно-подібні рішення (Nature-based Solutions):**
 - Біоінженерні методи укріплення берегів
 - Створення "кишень біорізноманіття"
 - Відновлення прибережної рослинності
 - Демонтаж частини бетонних лотків
3. **Управління зливовим стоком:**
 - "Зелені дахи" та проникні покриття
 - Буферні водойми
 - Сповільнення стоку
4. **Реалістичні цільові показники:**
 - Гідрологічний режим (яке згладжування піків можливе?)
 - Якість води (який клас досяжний?)
 - Біорізноманіття (які види можуть повернутися?)
5. **Індикатори успішності проекту:**
 - Екологічні
 - Соціальні (рекреаційна цінність)
 - Економічні (зменшення ризику підтоплень)

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 64 / 27

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому різниця між стійкістю водотоку та стійкістю річкового басейну?
2. Чому залісненість басейну є критичним фактором стійкості малих річок?
3. Як розмір басейну впливає на його стійкість до антропогенних порушень?
4. Яка роль заплави у забезпеченні стійкості річкової системи?
5. Чому малі річки часто пересихають після осушення боліт у басейні?
6. Як урбанізація впливає на гідрологічний режим та стійкість водотоків?
7. Які механізми самоочищення працюють у природних річкових системах?
8. Чому каскади ставків знижують екологічну стійкість річок?
9. Які типи порушень стійкості найскладніше відновити?
10. Як зміна клімату може вплинути на стійкість малих річок України?
11. Які природно-подібні рішення можна застосувати для підвищення стійкості деградованих водотоків?
12. Чому морфологічна різноманітність русла підвищує екологічну стійкість?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: Механізми самовідновлення ландшафтів. Принципи ландшафтної стійкості

Мета: Вивчити природні механізми самовідновлення ландшафтних систем, засвоїти принципи ландшафтної стійкості та навчитися аналізувати потенціал відновлення порушених ландшафтів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Самовідновлення ландшафту – здатність ландшафтної системи повертатися до вихідного або близького до нього стану після порушення без зовнішнього втручання, за рахунок внутрішніх механізмів саморегуляції.

Ландшафтна стійкість – властивість ландшафту зберігати свою структуру та функції або повертатися до них після впливу зовнішніх та внутрішніх факторів.

Компоненти ландшафтної стійкості:

1. **Резистентність** (опірність) – здатність протистояти змінам
2. **Резильєнтність** (пружність) – здатність до відновлення
3. **Інертність** – здатність зберігати стан при невеликих впливах
4. **Пластичність** – здатність адаптуватися до нових умов

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 64 / 28

Механізми самовідновлення:

1. Екологічні сукцесії

- **Первинна сукцесія** – заселення субстрату, позбавленого ґрунту та рослинності (скелі, лава, кар'єри)
- **Вторинна сукцесія** – відновлення на порушених ділянках зі збереженим ґрунтом (вирубки, перелоги, згарища)

Стадії вторинної сукцесії (на прикладі лісової зони):

- Бур'янова (1-3 роки)
- Кореневищна (3-8 років)
- Чагарникова (8-15 років)
- Лісова піонерна (15-30 років: береза, осика)
- Проміжна лісова (30-80 років: змішаний ліс)
- Клімаксова (>80-100 років: корінний ліс)

2. Відновлення через банк насіння та діаспор

- Ґрунтовий банк насіння
- Поновлення від кореневих паростків
- Вегетативне розмноження

3. Міграційні процеси

- Занесення діаспор вітром, водою, тваринами
- Розселення тварин з прилеглих територій
- Відновлення зв'язків між популяціями

4. Відновлення ґрунтового покриву

- Накопичення органічної речовини
- Відновлення структури
- Активізація ґрунтової біоти
- Формування гумусового горизонту

5. Гідрологічне відновлення

- Нормалізація водного режиму
- Відновлення ґрунтових вод
- Стабілізація поверхневого стоку

Принципи ландшафтної стійкості:

1. Принцип різноманітності Чим вища ландшафтна різноманітність, тим вища стійкість системи. Мозаїчність забезпечує:

- Функціональне резервування
- Просторову буферність
- Альтернативні шляхи відновлення

2. Принцип зв'язності Стійкість залежить від зв'язків між елементами:

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 64 / 29

- Речовинно-енергетичні потоки
 - Біотичні міграції
 - Екологічні коридори
- 3. Принцип ієрархічності** Ландшафтна система має ієрархічну організацію:
- Фація → урочище → місцевість → ландшафт
 - Порухення нижчих рівнів компенсується вищими
- 4. Принцип оптимального співвідношення** Стійкість залежить від співвідношення екологічно стабільних та нестабільних територій:
- Ліси, луки, болота (стабілізатори) – >40-50%
 - Орні землі, забудова (дестабілізатори) – <50-60%
- 5. Принцип межових ефектів** Екотони (перехідні зони) підвищують стійкість:
- Висока біологічна продуктивність
 - Буферні властивості
 - Рефугіуми біорізноманіття
- 6. Принцип сукцесійної спрямованості** Відновлення йде у напрямку клімаксового стану:
- Детерміноване середовищем
 - Передбачуване
 - Але може бути відхилення (альтернативні стійкі стани)

Фактори, що впливають на самовідновлення:

Прискорюючі фактори:

- Наявність джерел діаспор поблизу
- Збережений ґрунтовий покрив
- Сприятливі кліматичні умови
- Відсутність повторних порушень
- Наявність тваринних векторів розселення

Гальмуючі фактори:

- Ізоляція від джерел заселення
- Деградований ґрунт
- Екстремальні умови (засуха, заболочення)
- Продовжуваний антропогенний вплив
- Інвазійні види
- Еродовані поверхні

Типи відновлення:

1. **Повне відновлення** – повернення до вихідного стану

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 64 / 30

2. **Часткове відновлення** – відновлення основних функцій при змінній структурі
3. **Відхилена сукцесія** – формування нового стійкого стану
4. **Деградаційна сукцесія** – рух до нижчого рівня організації

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Аналіз сукцесійних траєкторій відновлення

Розгляньте чотири сценарії порушення ландшафтів у лісовій зоні (Полісся України) та проаналізуйте траєкторії їх відновлення.

Сценарій А: Суцільна рубка лісу

- Вихідний стан: дубово-сосновий ліс віком 120 років на дерново-підзолистих ґрунтах
- Тип порушення: суцільна рубка без кореневищ
- Стан ґрунту: збережений, незначне ущільнення
- Відстань до джерел насіння: лісовий масив на відстані 50 м
- Супутні умови: відсутність випасу та пожеж

Сценарій Б: Закинуте поле

- Вихідний стан: сільськогосподарське поле на місці колишнього лісу
- Тривалість розорювання: 45 років
- Стан ґрунту: виснажений, втрата 40% гумусу, ущільнений
- Відстань до джерел насіння: лісова смуга 200 м, лісовий масив 1,5 км
- Супутні умови: зрідка випас худоби

Сценарій В: Торфовище після пожежі

- Вихідний стан: заболочений сосновий ліс на торфовищі
- Тип порушення: торф'яна пожежа (вигоріло 30-50 см торфу)
- Стан ґрунту: вигорілий торф, оголена мінеральна підстилка
- Відстань до джерел насіння: збережені ділянки 100-300 м
- Супутні умови: порушений гідрологічний режим

Сценарій Г: Піщаний кар'єр

- Вихідний стан: боріві землі на дюнних пісках
- Тип порушення: видобуток піску, кар'єр глибиною 5 м
- Стан ґрунту: повністю знищений, оголений пісок
- Відстань до джерел насіння: сосновий ліс 30 м
- Супутні умови: схили піддаються вітровій ерозії

Заповніть таблицю прогнозу сукцесій:

Стадія відновлення	Сценарій А (рубка)	Сценарій Б (перелог)	Сценарій В (пожежа на	Сценарій Г (кар'єр)
--------------------	--------------------	----------------------	-----------------------	---------------------

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 64 / 31

			торфовищі)	
Роки 1-3				
Роки 3-10				
Роки 10-25				
Роки 25-50				
Роки 50-100				
Кінцевий стан (прогноз)				
Час повного відновлення				

Письмово проаналізуйте (12-15 речень):

1. Чому траєкторії відновлення різні при порушенні однієї природної зони?
2. Який сценарій має найшвидше відновлення? Чому?
3. Який сценарій найменш передбачуваний? Які альтернативні траєкторії можливі?
4. Які фактори є критичними для успішного відновлення в кожному сценарії?
5. Чи можливе повне відновлення до вихідного стану в усіх випадках?
6. Які втручання могли б прискорити відновлення в кожному сценарії?

Завдання 2. Порівняльний аналіз відновного потенціалу різних типів ландшафтів

Різні типи ландшафтів мають різний потенціал самовідновлення. Проаналізуйте п'ять типів ландшафтів після однакового за інтенсивністю порушення.

Тип порушення: Лісова пожежа середньої інтенсивності (знищено надземну частину рослинності, підстилка частково збережена, деревостій мертвий).

Ландшафт А: Поліський заболочений

- Зональність: змішані ліси
- Ґрунти: торфово-болотні, дерново-підзолисті
- Зволоження: надмірне
- Рельєф: рівнинний
- Рослинність: вільхово-березові ліси, осоки, сфагнові мохи

Ландшафт Б: Лісостеповий

- Зональність: лісостеп
- Ґрунти: сірі лісові, чорноземи опідзолені
- Зволоження: достатнє

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 64 / 32

- Рельєф: хвилясто-горбистий
- Рослинність: дубово-грабові ліси, лучні степи

Ландшафт В: Степовий байрачний

- Зональність: степ
- Ґрунти: звичайні чорноземи
- Зволоження: недостатнє
- Рельєф: балково-яружний
- Рослинність: байрачні ліси (дуб, ясен, клен) у балках, степи на плакорах

Ландшафт Г: Гірський букових лісів

- Зональність: Карпати, середньогір'я
- Ґрунти: бурі лісові
- Зволоження: достатнє, надмірне
- Рельєф: крутосхилий
- Рослинність: букові праліси

Ландшафт Д: Гірський субальпійський

- Зональність: Карпати, високогір'я
- Ґрунти: гірсько-лучні
- Зволоження: достатнє
- Рельєф: круті схили, кам'янисті осипища
- Рослинність: криволісся, альпійські луки

Порівняйте відновний потенціал (заповніть таблицю з обґрунтуванням):

Критерій	Поліський	Лісостеповий	Степовий байрачний	Гірський буковий	Субальпійський
Швидкість заростання (років до відновлення рослинного покриву)					
Джерела відновлення (що домінує: насіння/паростки/вегетативне)					
Головні лімітуючі фактори					
Ризик ерозії після пожежі					

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 64 / 33

Ризик інвазій					
Вірогідність повернення до вихідного стану (висока/середня/низька)					
Загальний відновний потенціал					

Побудуйте ранжування ландшафтів за відновним потенціалом (від найвищого до найнижчого) та письмово обґрунтуйте (8-10 речень):

- Чому саме цей порядок?
- Які природні властивості визначають відновний потенціал?
- Як екстремальні умови (надмірне зволоження, посушливість, крутизна схилів) впливають на відновлення?

Завдання 3. Кейс-аналіз: самовідновлення vs керована реставрація

Кейс 1: Чорнобильська зона відчуження

Контекст: Після аварії на ЧАЕС (1986) та евакуації населення на великій території (≈ 2600 км²) припинилася господарська діяльність. Територія включає:

- Покинуті села та поля
- Зарощені луки
- Ліси різного віку
- Болота
- Водойми

Спостережувані процеси (37 років без людини):

Сільськогосподарські землі:

- Колишні поля заросли чагарниками (ліщина, терен, шипшина)
- Формуються піонерні лісові насадження (береза, осика, сосна)
- Відновлення степових видів на пасовищах
- У деяких місцях – формування нових боліт

Населені пункти:

- Руйнування будівель
- Заростання вулиць деревами (до 15 м висоти)
- Формування специфічних рудеральних угруповань
- Поступове "поглинання" лісом

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 64 / 34

Ліси:

- Розширення площі лісів на 30-40%
- Відновлення великих ссавців (лось, олень, кабан, вовк)
- Повернення рідкісних видів птахів
- Формування старовікових лісів

Проблеми:

- Лісові пожежі (ризик ресуспензії радіонуклідів)
- Бракон'єрство
- Інвазія борщівника Сосновського
- Деградація деяких торфовищ

Завдання для аналізу:

1. Оцініть успішність самовідновлення:

- Які позитивні результати досягнуто за 37 років?
- Які несподівані траєкторії відновлення спостерігаються?
- Чи формується "новий тип" ландшафту?

2. Порівняйте два підходи (таблиця):

Аспект	Природне самовідновлення (як зараз)	Керована реставрація (гіпотетично)
Траєкторія відновлення		
Швидкість процесів		
Біорізноманітність		
Ландшафтна мозаїчність		
Ризики (пожежі, інвазії)		
Витрати		
Передбачуваність результату		

3. Сформулюйте позицію (10-12 речень):

- Чи потрібне втручання в природні процеси відновлення в зоні відчуження?
- Які втручання виправдані (пожежогасіння, контроль інвазій)?
- Які уроки для розуміння самовідновлення дає чорнобильський експеримент?
- Чи можна вважати зону відчуження "еталоном природності"?

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 64 / 35

Кейс 2: Відновлення боліт після осушення

Ситуація: Верхове сфагнове болото площею 800 га було осушене в 1970-х роках для видобутку торфу. Після припинення видобутку (1995) постало питання про відновлення.

Стан після припинення осушення:

- Система каналів глибиною 1,5-2 м
- Вироблені торфові поля
- Пониження рівня торфу на 1-2 м
- Зміна рослинності (замість сфагнових – березово-чагарникові угруповання)
- Деградація гідрологічного режиму басейну

Варіант А: Природне самовідновлення (пасивний підхід)

- Просто припинити осушення
- Дозволити природним процесам
- Прогнозований час відновлення: >100-150 років
- Ризики: закріплення деградованого стану, інвазії, пожежі

Варіант Б: Активна ренатуралізація

- Заблокувати дренажні канали
- Підняти рівень води
- Внести сфагнові мохи
- Вилучити деревну рослинність
- Витрати: високі
- Прогнозований час відновлення: 30-50 років

Варіант В: Часткове відновлення (компромісний)

- Заблокувати частину каналів
- Створити зони з різним гідрорежимом
- Дозволити формування мозаїки: болото + заболочений ліс
- Прогнозований час: 50-80 років
- Формування нового типу екосистеми

Проаналізуйте:

1. **Які екологічні функції болота втрачені?** (не менше 7)
 - Регулювання водного режиму
 - ...
2. **Оцініть можливості відновлення кожної функції** при різних варіантах (таблиця з оцінкою: повне/часткове/неможливе відновлення)
3. **Обґрунтуйте вибір варіанта** з урахуванням:

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 64 / 36

- Екологічних цілей (які функції пріоритетні?)
- Економічних можливостей
- Часових рамок
- Ризиків невдачі

4. Критерії успішності відновлення:

- Які індикатори свідчатимуть про успіх?
- Через який час можна оцінювати результат?

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому різниця між первинною та вторинною сукцесією? Наведіть приклади.
2. Які фактори визначають швидкість самовідновлення ландшафту?
3. Чому збережений банк насіння в ґрунті критично важливий для відновлення?
4. Як принцип різноманітності пов'язаний зі стійкістю ландшафту?
5. Чому степові ландшафти відновлюються повільніше за лісові?
6. Яка роль тварин у процесах самовідновлення?
7. Що таке альтернативні стійкі стани? Наведіть приклад.
8. Як ізоляція порушеної ділянки впливає на можливості відновлення?
9. Чому гірські ландшафти мають нижчу здатність до відновлення?
10. Як зміна клімату може змінити траєкторії відновлення?
11. В яких випадках природне самовідновлення ефективніше за активну реставрацію?
12. Як співвідношення стабілізуючих та дестабілізуючих земель впливає на стійкість басейну?
13. Що таке сукцесійна пам'ять і як вона проявляється?
14. Чому екотони важливі для ландшафтної стійкості?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Стійкість антропогенно модифікованих геосистем

Мета: Вивчити особливості стійкості геосистем, трансформованих господарською діяльністю, навчитися аналізувати механізми підтримання стійкості в умовах постійного антропогенного впливу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Антропогенно модифікована геосистема – природна геосистема, структура та функціонування якої істотно змінені господарською діяльністю, але яка

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 64 / 37

зберігає здатність до саморегуляції при постійному або періодичному антропогенному впливі.

Типи антропогенних модифікацій:

1. За глибиною змін:

- **Слабкомодифіковані** – незначні зміни (рекреаційне використання лісів)
- **Помірно модифіковані** – суттєві, але оборотні зміни (лучне господарство)
- **Сильномодифіковані** – глибокі зміни структури (агрolandшафти)
- **Трансформовані** – повна зміна системи (урбанізовані території, техногенні ландшафти)

2. За характером використання:

- Агрогеосистеми
- Лісогосподарські
- Урбогеосистеми
- Гірничопромислові
- Водогосподарські
- Рекреаційні

Специфіка стійкості антропогенних геосистем:

Відмінності від природних систем:

Аспект	Природні геосистеми	Антропогенні геосистеми
Джерело енергії	Сонячна енергія	Сонце + додаткова енергія (паливо, добрива)
Регуляція	Саморегуляція	Саморегуляція + управління
Біорізноманітність	Висока	Знижена, часто штучно підтримувана
Структура	Складна, еволюційно сформована	Спрощена, штучно створена
Стійкість	Природна (еволюційно набута)	Керована (штучно підтримувана)
Продуктивність	Оптимальна для умов	Часто максимізована штучно

Механізми стійкості антропогенних систем:

1. Керована стійкість

- Регулярні втручання для підтримки бажаного стану
- Компенсація порушень через управління
- Штучна підтримка балансів

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 64 / 38

2. Функціональна компенсація

- Добрива компенсують виніс поживних речовин
- Зрошення компенсує дефіцит вологи
- Пестициди замінюють природну регуляцію шкідників

3. Залишкова природна саморегуляція

- Частина природних механізмів продовжує працювати
- Ґрунтова біота, кругообіг елементів
- Природні хижаки, запилювачі

Концепція екологічного балансу:

Антропогенне навантаження \leq Несуча здатність геосистеми

Несуча здатність (carrying capacity) – максимальне антропогенне навантаження, яке геосистема може витримувати без незворотної деградації.

Критичні пороги:

1. **Поріг стійкості** – межа, після якої система втрачає здатність до відновлення
2. **Поріг толерантності** – межа, за якою відбуваються незворотні зміни
3. **Точка неповернення (tipping point)** – стан, після якого система переходить в альтернативний стійкий стан

Парадокс антропогенних систем:

- Короткостроково: можуть бути дуже продуктивними
- Довгостроково: менш стійкі, потребують постійної підтримки
- При припиненні управління: швидка деградація або трансформація

Стратегії управління стійкістю:

1. Інтенсифікація з високими затратами

- Максимальна продуктивність
- Постійний контроль
- Висока вразливість
- Приклад: інтенсивне землеробство

2. Екстенсивне природоподібне використання

- Помірна продуктивність
- Мінімальне втручання
- Використання природних механізмів
- Приклад: органічне землеробство

3. Адаптивне управління

- Гнучкість підходів
- Моніторинг та корекція
- Баланс продуктивності та стійкості

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 64 / 39

- Приклад: інтегроване управління басейнами

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Порівняльний аналіз стійкості природних та антропогенних геосистем

Порівняйте стійкість чотирьох пар систем: природна геосистема vs її антропогенний аналог.

Пара А: Природна лучна степ vs Пасовищний агроландшафт

Природна система:

- Різнотравно-злакові угруповання (>50 видів рослин)
- Природний режим вологості
- Природні цикли вигорання та відновлення
- Складна ґрунтова біота
- Стійкість до посухи: висока

Антропогенна система:

- Культурне пасовище (5-8 видів трав)
- Регулярне підсівання
- Контрольований випас (>2 ВРХ/га)
- Періодичне удобрення
- Стійкість до посухи: середня

Пара Б: Природний заплашний ліс vs Урбанізований парк

Природна система:

- Вільхово-тополеві ліси
- Природний режим затоплення
- Багатоярусна структура
- Багато мертвої деревини
- Природна динаміка

Антропогенна система:

- Штучні насадження (декоративні види)
- Регульований стік (дамби)
- Газони, доглянуті алеї
- Видалення старих дерев
- Рекреаційне навантаження

Пара В: Сфагнове болото vs Сільськогосподарське поле на осушених торфовиках

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 64 / 40

Природна система:

- Сфагнові мохи, багато, журавлина
- Акумуляція торфу
- Високий рівень води
- Депонування вуглецю
- Регуляція стоку

Антропогенна система:

- Однорічні культури (овочі)
- Осушувальна система
- Деградація торфу (окислення)
- Емісія CO₂
- Порухений гідрорежим

Пара Г: Дубовий ліс vs Лісова плантація

Природна система:

- Різновікові деревостани (20-200+ років)
- Природне поновлення
- Багато підліску
- Складна мозаїка мікробіотопів
- Висока різноманітність безхребетних

Антропогенна система:

- Одновікові насадження (30-40 років)
- Штучне розведення
- Очищення від підросту
- Монотонна структура
- Знижене біорізноманіття

Заповніть порівняльну таблицю (оцінка: висока (В), середня (С), низька (Н)):

Критерій стійкості	Пара А (степ/пасови ще)	Пара Б (заплава/па рк)	Пара В (болото/по ле)	Пара Г (ліс/планта ція)
Природна система:				
Структурна складність				
Біорізноманітні				

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 64 / 41

сть				
Здатність до саморегуляції				
Стійкість без зовнішнього втручання				
Буферна ємність до стресів				
Антропогенна система:				
Залежність від управління				
Продуктивність				
Енергетичні затрати на підтримку				
Стійкість при припиненні управління				
Вразливість до кліматичних стресів				

Письмово проаналізуйте (12-15 речень):

1. В яких парах різниця в стійкості найбільш виражена? Чому?
2. Які механізми стійкості втрачаються при антропогенній модифікації?
3. Які переваги можуть мати антропогенні системи (окрім продуктивності)?
4. Що станеться з кожною антропогенною системою через 20 років після припинення управління?
5. Чи можливе поєднання високої продуктивності та стійкості? За яких умов?
6. Яка із пар демонструє найкращий баланс продуктивності та стійкості?

Завдання 2. Аналіз меж стійкості агроландшафтів

Агроландшафти – найпоширеніший тип антропогенних геосистем.

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 64 / 42

Проаналізуйте, як інтенсивність сільськогосподарського використання впливає на стійкість.

Розглянемо три моделі агроландшафту (басейн річки, площа 100 км²):

Модель 1: Екстенсивний агроландшафт (1950-ті роки)

- Розораність: 40%
- Залісненість: 25%
- Луки та пасовища: 20%
- Болота: 8%
- Інше: 7%
- Внесення мінеральних добрив: 20 кг/га NPK
- Пестициди: не використовуються
- Меліорація: відсутня
- Урожайність зернових: 12-15 ц/га
- Біорізноманітність: висока
- Ерозія: слабка (5% орних земель)

Модель 2: Інтенсивний агроландшафт (1980-ті роки)

- Розораність: 75%
- Залісненість: 10%
- Луки та пасовища: 5%
- Болота: 0,5% (осушено 94%)
- Інше: 9,5%
- Внесення мінеральних добрив: 180 кг/га NPK
- Пестициди: активне використання
- Меліорація: дренажна мережа 2 км/км²
- Урожайність зернових: 35-42 ц/га
- Біорізноманітність: знижена на 60%
- Ерозія: сильна (35% орних земель)

Модель 3: Адаптивний агроландшафт (сучасний підхід)

- Розораність: 50%
- Залісненість: 20% (відновлення)
- Луки та пасовища: 15%
- Болота: 3% (часткове відновлення)
- Захисні смуги, буферні зони: 5%
- Інше: 7%
- Внесення добрив: 80-100 кг/га NPK + органіка
- Пестициди: інтегрований захист (мінімізація)
- Меліорація: регульована

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 64 / 43

- Урожайність зернових: 28-35 ц/га
- Біорізноманітність: помірна (на 25% нижча природної)
- Ерозія: помірна (15% орних земель)

Проаналізуйте стійкість кожної моделі:

1. Заповніть таблицю оцінки:

Показник стійкості	Екстенсивний	Інтенсивний	Адаптивний
Гідрологічна стійкість (регуляція стоку)			
Стійкість ґрунтів до ерозії			
Біологічна стійкість (контроль шкідників природними ворогами)			
Буферність до кліматичних стресів (посуха, зливи)			
Залежність від зовнішніх ресурсів (добрива, пестициди, енергія)			
Здатність до відновлення при кризах			
Екосистемні послуги (крім продукції)			
Інтегральна стійкість			
Продуктивність			
Співвідношення стійкість/продуктивність			

2. Побудуйте графічну модель "Компроміс продуктивності та стійкості": Накресліть схематичний графік (вісь X – продуктивність, вісь Y – стійкість) та позначте на ньому три моделі. З'єднайте точки – це траєкторія розвитку агроландшафтів.

3. Письмово обґрунтуйте (10-12 речень):

- Чому інтенсифікація знижує стійкість?
- Які критичні пороги були перейдені в моделі 2?
- Як модель 3 досягає балансу?
- Чи є межа інтенсифікації, за якою стійкість падає катастрофічно?
- Які елементи ландшафту найважливіші для підтримання стійкості в агроландшафті?

4. Прогноз під час кліматичної кризи:

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 64 / 44

Як кожна модель відреагує на:

- Збільшення частоти посух (+30% посушливих років)
- Інтенсивні зливи (ерозійне навантаження +50%)
- Інвазії нових шкідників

Яка модель найбільш вразлива? Яка найадаптивніша?

Завдання 3. Розробка принципів управління стійкістю антропогенних геосистем

На основі вивченого матеріалу сформулюйте практичні принципи управління стійкістю для різних типів антропогенних систем.

Для трьох типів систем розробіть рекомендації:

1. Агроландшафт (інтенсивного використання)

Принцип 1: Ландшафтна мозаїчність

- Формулювання принципу: ...
- Як застосувати: ...
- Очікуваний ефект на стійкість: ...

Принцип 2: Підтримання природних регуляторних механізмів

- Формулювання принципу: ...
- Конкретні заходи: ...
- Очікуваний ефект: ...

Принцип 3: ... (запропонуйте ще 2-3 принципи)

2. Урбогеосистема

Принцип 1: Багатофункціональність зелених елементів

- ...

Принцип 2: Збереження та інтеграція природних фрагментів

- ...

Принцип 3: ... (запропонуйте ще 2-3 принципи)

3. Рекультивована постіндустріальна територія

Принцип 1: Використання наявного рельєфу як ресурсу

- ...

Принцип 2: Створення мозаїки біотопів

- ...

Принцип 3: ... (запропонуйте ще 2-3 принципи)

Загальні принципи для всіх типів:

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 64 / 45

Сформулюйте 5 універсальних принципів управління стійкістю антропогенних геосистем, які застосовні до будь-якого типу (8-10 речень на кожний принцип з обґрунтуванням та прикладами):

1. **Принцип збереження залишкових природних елементів**
2. **Принцип адаптивного управління**
3. **Принцип багатофункціональності**
4. **Принцип...** (запропонуйте ще 2 принципи)

Практичне застосування:

Оберіть конкретну територію вашого регіону (аглоландшафт, міський район, або постіндустріальна зона) та:

1. Опишіть поточний стан (тип геосистеми, основні проблеми стійкості)
2. Застосуйте розроблені принципи (які принципи найактуальніші?)
3. Запропонуйте конкретні заходи (що зробити в першу чергу?)
4. Визначте індикатори покращення стійкості (як оцінити успіх?)

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому принципова різниця між стійкістю природних та антропогенних геосистем?
2. Що таке "керована стійкість"? Наведіть приклади.
3. Чому спрощення структури при антропогенізації знижує стійкість?
4. Як співвідносяться продуктивність та стійкість в агроландшафтах?
5. Що таке "несуча здатність" геосистеми? Як її визначити?
6. Які механізми природної саморегуляції зберігаються в антропогенних системах?
7. Чому урбогеосистеми особливо вразливі до кліматичних стресів?
8. Як зелена інфраструктура підвищує стійкість міст?
9. Що станеться з інтенсивним агроландшафтом при припиненні управління?
10. Які принципи екологічної рекультивациі відрізняються від технічної?
11. Як концепція багатофункціональності пов'язана зі стійкістю?
12. Чому адаптивне управління ефективніше за жорстке планування?
13. Які межі антропогенного навантаження можна вважати критичними?
14. Як зміна клімату впливає на стійкість антропогенних систем?

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 64 / 46

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: Біорізноманіття як фактор стійкості геосистем. Зміни геосистем в умовах кліматичних трансформацій

Мета: Вивчити роль біорізноманіття у забезпеченні стійкості геосистем, проаналізувати вплив кліматичних змін на функціонування природних систем та оцінити адаптаційний потенціал різних типів геосистем.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

ЧАСТИНА 1: БІОРИЗНОМАНІТТЯ ТА СТІЙКІСТЬ

Біорізноманіття – варіабельність живих організмів з усіх джерел, включаючи генетичне, видове та екосистемне різноманіття.

Рівні біорізноманіття:

1. **Генетичне різноманіття** – варіабельність генів всередині виду
 - Забезпечує адаптивний потенціал
 - Основа мікроеволюції
 - Приклад: різні популяції дуба звичайного мають різну стійкість до посухи
2. **Видове різноманіття** – кількість видів в екосистемі
 - Багатство видів (species richness)
 - Вирівняність (evenness)
 - Приклад: в букових пралісах Карпат >200 видів судинних рослин
3. **Екосистемне різноманіття** – різноманіття біотопів та екосистем
 - Ландшафтна мозаїчність
 - Функціональне різноманіття
 - Приклад: мозаїка лісів, боліт, луків у басейні річки

Механізми впливу біорізноманіття на стійкість:

1. Функціональна надмірність (redundancy)

- Декілька видів виконують подібні функції
- При втраті одного виду інші компенсують
- Приклад: у степу багато видів-запилювачів; зникнення одного не критичне

2. Ефект портфеля (portfolio effect)

- Різні види по-різному реагують на стреси
- Усереднення відгуків стабілізує систему
- Приклад: у посуху одні рослини ростуть краще, інші гірше – загальна біомаса стабільніша

3. Компенсаторна динаміка

- Зниження чисельності одних видів компенсується зростанням інших

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 64 / 47

- Підтримує сумарні показники екосистеми
- Приклад: у різнотравному лузі при посусі злаки замінюються різнотрав'ям

4. Ефект страхування (insurance hypothesis)

- Видове багатство "страхує" від непередбачуваних змін
- Рідкісні види можуть стати важливими при нових умовах
- Приклад: теплолюбні види, рідкісні зараз, можуть домінувати при потеплінні

5. Посилення екосистемних процесів

- Більше видів → ефективніше використання ресурсів
- Повніше заповнення екологічних ніш
- Приклад: багатовидовий ліс продуктивніший за монокультуру

6. Стабілізація трофічних мереж

- Складна мережа харчових зв'язків стійкіша до порушень
- Багато альтернативних шляхів потоку енергії
- Приклад: якщо зникає один вид здобичі, хижак переключається на інший

Зв'язок біорізноманіття-стійкість:

Гіпотеза "різноманіття-стабільність" (diversity-stability hypothesis):

- Більш різноманітні екосистеми стабільніші
- Підтверджується багатьма дослідженнями
- Але не універсальна (є винятки)

Критичні пороги:

- Втрата ключових видів критичніша за втрату багатьох звичайних
- Існують "архітектори екосистем" (ecosystem engineers)
- Приклад: бобри кардинально змінюють водні екосистеми

Функціональні групи:

- Продуценти, консументи, редуценти
- Втрата цілої функціональної групи катастрофічна
- Різноманіття всередині груп забезпечує стійкість

ЧАСТИНА 2: КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА ГЕОСИСТЕМИ

Глобальні кліматичні зміни:

Спостережувані тренди (глобально):

- Підвищення температури: +1,1°C з доіндустріальної епохи
- Зміна режиму опадів: нерівномірність
- Збільшення частоти екстремальних явищ

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 64 / 48

- Підвищення рівня моря
- Танення льодовиків

Зміни клімату в Україні (спостереження та прогнози):

Температурний режим:

- Потепління за ХХ століття: +0,8-1,2°C
- Прогноз до 2050: +1,5-2,5°C
- Прогноз до 2100: +3-5°C (за песимістичним сценарієм)
- Найбільше потепління взимку
- Збільшення тривалості безморозного періоду

Режим опадів:

- Загальна тенденція: збільшення на 5-10%
- Але розподіл нерівномірний:
 - Західна Україна: +10-15%
 - Південна Україна: -5-10%
- Збільшення інтенсивних злив
- Зростання посушливості літніх періодів

Екстремальні явища:

- Частота посух: +30-50%
- Хвилі спеки: тривалість +5-10 днів
- Зливи високої інтенсивності: +20-40%
- Пізні весняні заморозки: непередбачуваність

Відгук геосистем на кліматичні зміни:

1. Зміни ареалів видів

- Зсув на північ (у Європі: 6-7 км/рік для рослин, 20 км/рік для птахів)
- Підйом у гори (10-30 м/десятиліття)
- Розширення/скорочення ареалів
- Зміна меж біомів

2. Фенологічні зміни

- Раннє розпускання листя (5-10 днів за 50 років)
- Подовження вегетаційного сезону (+10-14 днів)
- Зміщення термінів міграцій птахів
- Десинхронізація (mismatches) трофічних зв'язків

3. Зміни продуктивності

- Збільшення в помірних зонах (подовження сезону, CO₂-ефект)
- Зниження в посушливих регіонах (водний стрес)
- Зміна конкурентних відносин

4. Порушення циклів

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 64 / 49

- Вуглецевий цикл (зміна балансу поглинання/емісії)
- Гідрологічний цикл (зміна стоку, евапотранспірації)
- Цикли поживних речовин

5. Екстремальні події та порушення

- Пожежі (частота, інтенсивність)
- Спалахи шкідників (зимуючі у м'якому кліматі)
- Інвазії чужорідних видів
- Масові всихання лісів

Вразливість геосистем:

Високо вразливі:

- Гірські екосистеми (обмежені можливості міграції вверх)
- Арктичні та альпійські тундри
- Екосистеми на межах біомів
- Водно-болотні угіддя (залежність від гідрорежиму)
- Острівні екосистеми

Помірно вразливі:

- Бореальні ліси
- Степи та савани
- Прибережні екосистеми

Відносно стійкі:

- Тропічні дощові ліси (але під загрозою через вирубку)
- Широколистяні ліси помірного поясу

Адаптаційна здатність геосистем:

Фактори, що визначають адаптацію:

1. **Генетичне різноманіття** – основа еволюційної адаптації
2. **Міграційна здатність** – можливість зміщення ареалів
3. **Фенотипічна пластичність** – швидка негенетична адаптація
4. **Швидкість генерацій** – швидша еволюція у короткоживучих видів
5. **Зв'язність ландшафту** – коридори для міграцій

Стратегії адаптації:

Природні:

- Еволюційна адаптація
- Міграція в нові райони
- Зміна фенології
- Пластичні відгуки

За участю людини:

- Асистована міграція видів

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 64 / 50

- Створення екологічних коридорів
- Збереження генетичного різноманіття
- Ренатуралізація порушених територій
- Адаптивне управління

Синергізм стресів:

Кліматичні зміни діють не ізольовано:

- Клімат + фрагментація місцепроживань
- Клімат + забруднення
- Клімат + інвазії
- Клімат + надмірна експлуатація

Переломні точки (tipping points):

Критичні пороги, після яких система різко змінюється:

- Танення вічної мерзлоти → емісія метану
- Всихання тропічних лісів → перехід в савану
- Руйнування коралових рифів

Для України актуальні:

- Деградація степів → опустелювання
- Всихання соснових лісів Полісся
- Деградація гірських екосистем Карпат

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Завдання 1. Аналіз зв'язку біорізноманіття-стійкість

Проаналізуйте, як рівень біорізноманіття впливає на стійкість екосистем на прикладі різних типів лучних угруповань.

Система А: Монодомінантний луг (агрокультура)

- Видове багатство: 3-5 видів (лише посіяні кормові трави)
- Генетичне різноманіття: низьке (сорти)
- Структура: один ярус, однорідна
- Управління: регулярне підживлення, скошування
- Продуктивність: 6-8 т/га сіна

Система Б: Збіднений культурний луг

- Видове багатство: 15-20 видів (кормові трави + бур'яни)
- Генетичне різноманіття: помірне
- Структура: переважно один ярус
- Управління: періодичне підживлення, скошування
- Продуктивність: 4-5 т/га

Система В: Різотравний природний луг

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 64 / 51

- Видове багатство: 40-60 видів (злаки, бобові, різнотрав'я)
- Генетичне різноманіття: високе
- Структура: багаторясна, мозаїчна
- Управління: помірний випас або пізнє скошування
- Продуктивність: 3-4 т/га

Система Г: Луг високого біорізноманіття (заповідний)

- Видове багатство: 80-120 видів (включно з рідкісними)
- Генетичне різноманіття: дуже високе
- Структура: складна мозаїка мікробіотопів
- Управління: мінімальне (імітація природних процесів)
- Продуктивність: 2-3 т/га

Сценарій стресу 1: Посуха (2 місяці без опадів)

Проаналізуйте відгук кожної системи (заповніть таблицю):

Показник	Система А	Система Б	Система В	Система Г
Зниження продуктивності (%)				
Кількість видів, що зникли				
Швидкість відновлення після стресу (місяців)				
Зміна видового складу (сильна/помірна/слабка)				
Ризик інвазій бур'янів (високий/середній/низький)				

Обґрунтуйте (для кожної системи по 3-4 речення), які механізми забезпечують стійкість або чому система вразлива.

Сценарій стресу 2: Спалах шкідника (лучний метелик)

Показник	Система А	Система Б	Система В	Система Г
Пошкодження рослин (%)				
Наявність природних ворогів шкідника				
Необхідність пестицидів (так/ні/частково)				
Вплив на сінокісну продуктивність (%)				

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 64 / 52

Швидкість відновлення				
-----------------------	--	--	--	--

Сценарій стресу 3: Зміна режиму скошування (припинення на 5 років)

Показник	Система А	Система Б	Система В	Система Г
Траєкторія сукцесії (що відбудеться?)				
Втрата типових видів				
Експансія агресивних видів				
Можливість повернення до вихідного стану				

Письмовий аналіз (15-18 речень):

1. Як видове багатство впливає на стабільність продуктивності при стресах?
2. Чому система А найпродуктивніша, але найменш стійка?
3. Яка роль функціональної надмірності? Наведіть приклади з лучних систем.
4. Як генетичне різноманіття допомагає адаптації до непередбачуваних стресів?
5. Чи існує оптимальний рівень біорізноманіття для балансу продуктивності та стійкості?
6. Які механізми стійкості працюють у системі Г, але відсутні в системі А?
7. За яких умов доцільно штучно підвищувати біорізноманіття агроecosystem?

Завдання 2. Аналіз наслідків втрати функціональних груп

Розгляньте лісову екосистему як систему взаємопов'язаних функціональних груп. Проаналізуйте, що станеться при втраті різних груп.

Базова система: Дубово-грабовий ліс лісостепової зони

Функціональні групи:

1. **Продуценти деревостану:** дуб, граб, клен, липа (5-8 видів)
2. **Підлісок:** ліщина, бруслина, глід (8-12 видів)
3. **Трав'яний покрив:** осока, зірочник, яглиця (30-50 видів)
4. **Запилювачі:** бджоли, джмелі, метелики (>100 видів)
5. **Дисперсанти насіння:** птахи, гризуни (15-20 видів)
6. **Великі трав'яні:** козулі, кабани (історично також олені, зубри)

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 64 / 53

7. **Хижаки:** вовк, лисиця, куниця, хижі птахи (10-15 видів)
8. **Редуценти:** гриби, бактерії, безхребетні ґрунту (тисячі видів)
9. **Інженери екосистем:** дятли (6-8 видів), мурахи, земляні черви

Сценарії втрат:

Сценарій 1: Зникнення великих трав'янистих (Історична ситуація: винищення великих ссавців)

Проаналізуйте каскадні ефекти:

- Що відбудеться з підростом дерев? (ущільнення/розрідження)
- Як зміниться структура трав'яного покриву?
- Вплив на кругообіг речовин (перерозподіл біогенів)
- Зміна світлового режиму
- Наслідки для інших функціональних груп
- Загальна стійкість екосистеми через 50 років

Сценарій 2: Втрата запилювачів (на 80%) (Актуальна проблема: колапс популяцій комах)

Каскадні ефекти:

- Які рослини постраждають найбільше?
- Зміна видового складу (які види зникнуть, які експансують?)
- Вплив на плодоношення дерев та чагарників
- Наслідки для дисперсантів (птахів, що харчуються плодами)
- Репродуктивна стійкість лісу
- Чи може ліс відновлюватися?

Сценарій 3: Деградація редуцентів (Наприклад, через забруднення ґрунтів)

Каскадні ефекти:

- Накопичення мертвої органіки
- Порушення кругообігу поживних речовин
- Вплив на родючість ґрунту
- Зміна продуктивності дерев
- Накопичення патогенів
- Ризик катастрофічних пожеж

Сценарій 4: Втрата інженерів екосистем (дятли)

Каскадні ефекти:

- Відсутність дупел для інших видів (вторинні дуплогнізники)
- Спалахи комах-ксилофагів

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 64 / 54

- Зміна мікробіотопів (дупла як рефугіуми)
- Вплив на всю спільноту птахів
- Порушення санітарного стану лісу

Порівняльна таблиця наслідків:

Критерій впливу	Сценарій 1 (травоїдні)	Сценарій 2 (запилювачі)	Сценарій 3 (редуценти)	Сценарій 4 (інженери)
Швидкість прояву ефектів (роки)				
Глибина змін структури (сильна/помірна/слабка)				
Кількість порушених зв'язків				
Можливість компенсації іншими групами				
Можливість природного відновлення				
Критичність для існування екосистеми				

Письмовий аналіз (12-15 речень):

1. Яка втрата найкритичніша? Обґрунтуйте.
2. Поясніть концепцію "каскадних ефектів" на прикладі одного зі сценаріїв.
3. Чому втрата однієї функціональної групи впливає на інші (навіть не пов'язані безпосередньо)?
4. Яка роль "ключових видів" (keystone species)? Наведіть приклади з ваших сценаріїв.
5. Чи можлива повна компенсація втрати функціональної групи? Чому?

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 64 / 55

6. Як взаємозамінність видів всередині функціональної групи забезпечує стійкість?

Завдання 3. Кейс-аналіз: зміни геосистем під впливом кліматичних трансформацій

Кейс 1: Соснові ліси Полісся в умовах потепління та посушливості

Базова інформація:

- Основна порода: сосна звичайна (*Pinus sylvestris*)
- Ґрунти: дерново-підзолисті, піщані
- Водний режим: історично достатній
- Асоційовані види: верес, брусниця, чорниця

Спостережувані зміни (1990-2024):

- Температура вегетаційного періоду: +1,5°C
- Зменшення опадів влітку: -15%
- Збільшення частоти посух: з 1 на 10 років до 1 на 3-4 роки
- Зниження рівня ґрунтових вод: -30-50 см

Прояви в екосистемі:

- Масове всихання сосен (особливо 40-60 років)
- Спалахи короїда-типографа (+400% за 10 років)
- Збільшення пожеж у 3 рази
- Експансія берези, осики на місці загиблих сосняків
- Зміна підліску: зникнення чорниці, експансія молінії
- Зміщення південної межі сосни на північ (~50 км)

Прогноз до 2050 року:

Песимістичний сценарій (потепління +2,5°C, опади -20%):

- Тотальна деградація соснових лісів на півдні Полісся
- Заміна на березово-дубові ліси
- Втрата типових бореальних видів
- Посилення пожежної небезпеки

Оптимістичний сценарій (потепління +1,5°C, адаптивне управління):

- Трансформація в мішані ліси
- Збереження сосни на найбільш сприятливих ділянках
- Штучна підтримка популяцій через лісівництво

Завдання для аналізу:

1. Оцініть вразливість соснових лісів:

Фактор вразливості	Оцінка	Обґрунтування
--------------------	--------	---------------

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 64 / 56

	(висока/середня/низька)	
Низька генетична різноманітність (монокультури)		
Неглибока коренева система (обмежений доступ до води)		
Повільна міграційна здатність		
Спеціалізованість до бореальних умов		
Вразливість до шкідників при стресі		
Легка займистість		

2. Проаналізуйте механізми деградації:

Побудуйте схему зворотних зв'язків (порочного кола):

Посуха → Ослаблення дерев → Спалах короїда → Масове всихання →
→ Накопичення сухостою → Пожежі → Руйнування ґрунту → Ще менша
вологоємність → Посилення посухи

Додайте до схеми ще 2-3 зворотні зв'язки, які посилюють деградацію.

3. Адаптаційні стратегії:

Стратегія А: "Збереження сосни будь-якою ціною"

- Інтенсивний догляд, зрошення
- Боротьба з шкідниками
- Штучне лісорозведення
- Оцініть реалістичність та витрати

Стратегія Б: "Асистована трансформація"

- Сприяння заміні сосни на більш стійкі породи (дуб, граб)
- Створення мішаних деревостанів
- Збереження сосни лише на оптимальних ділянках
- Оцініть екологічні наслідки

Стратегія В: "Природна адаптація"

- Мінімальне втручання
- Дозвіл природній сукцесії
- Моніторинг процесів
- Оцініть ризики та терміни

Яку стратегію ви б обрали? Обґрунтуйте (8-10 речень)

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 64 / 57

4. Роль біорізноманіття:

- Чому монокультурні соснові ліси вразливіші за мішані?
- Як би допомогло вище біорізноманіття (більше видів дерев, багатший підлісок)?
- Запропонуйте заходи підвищення біорізноманіття для адаптації

Кейс 2: Гірські екосистеми Карпат – зсув поясів

Базова інформація:

- Вертикальна поясність: букові ліси (500-1400 м) → ялина (1400-1800 м) → криволісся (1800-2000 м) → альпійські луки (>2000 м)
- Історично стабільні межі поясів

Спостережувані зміни:

- Підняття меж поясів: +100-150 м за 50 років
- Потепління особливо виражене взимку
- Зміна режиму снігового покриву (менша тривалість)
- Збільшення зливових опадів

Прояви в екосистемах:

Букові ліси:

- Експансія вгору
- Поліпшення росту (подовження вегетації)
- Але ризик пошкодження весняними заморозками (раннє розпускання листя)

Ялинові ліси:

- "Стискання" поясу (бук знизу, бук+сосна зверху)
- Спалахи короїда
- Вітровали (зміна вітрового режиму)

Криволісся та альпійські луки:

- Заростання чагарниками
- Зсув вгору (але обмежено вершинами!)
- Втрата площі
- Зникнення реліктових видів (немає куди мігрувати)

Ендемічні та реліктові види:

- Едельвейс альпійський – скорочення ареалу
- Рододендрон карпатський – конкуренція з експансивними видами
- Ялівець сибірський – деградація місцепроживань

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 64 / 58

Завдання для аналізу:

1. Специфіка вразливості гірських екосистем:

Фактор	Як проявляється в Карпатах?	Чому це критично?
Обмеженість простору для міграції вгору		
Фрагментація місцепроживань		
Ендемізм		
Залежність від снігового покриву		
Швидкість зміни умов з висотою		

2. Переможці та переможені:

Види-переможці (розширюють ареали, збільшують чисельність):

- Бук лісовий
- Широколисті чагарники
- ...

Види-переможені (втрачають місцепроживання):

- Альпійські реліктові види
- Ялина на верхній межі
- ...

Чому одні виграють, інші програють? Які риси визначають?

3. Каскадні ефекти зсуву поясів:

Побудуйте схему:

Потепління → Зсув меж лісу вгору → Скорочення альпійських лук →
→ Втрата пасовищ для травоїдних → Зміна режиму відновлення лісу →
→ ... (продовжте ланцюг)

4. Стратегії збереження:

Для рідкісних високогірних видів:

Варіант А: In situ (на місці)

- Створення мікрорезерватів
- Підтримання сприятливих умов (розчищення від чагарників)
- Обмеження: простір скорочується

Варіант Б: Ex situ (поза місцем)

- Ботанічні сади, насінні банки
- Можливість повернення у майбутньому?
- Етичні питання

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 64 / 59

Варіант В: Асистована міграція

- Переселення на вищі гори (інші регіони)
- Створення нових популяцій північніше
- Ризики: екологічні, етичні

Обговоріть кожен варіант (переваги, недоліки, доцільність)

5. Роль біорізноманіття в адаптації:

Чи допоможе високе біорізноманіття Карпат в адаптації? Які механізми спрацюють, які ні?

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як видове багатство впливає на стабільність екосистемних функцій?
2. Що таке функціональна надмірність і чому вона важлива для стійкості?
3. Поясніть "ефект портфеля" на конкретному прикладі екосистеми.
4. Чому втрата ключових видів критичніша за втрату багатьох звичайних?
5. Які основні прояви кліматичних змін в Україні?
6. Як фенологічні зміни можуть порушити трофічні зв'язки?
7. Чому гірські екосистеми особливо вразливі до потепління?
8. Що таке "асистована міграція" і коли вона виправдана?
9. Як фрагментація місцепроживань знижує адаптаційну здатність?
10. Чому монокультури вразливіші до кліматичних стресів?
11. Що таке "переломні точки" (tipping points) в екосистемах? Наведіть приклади.
12. Як синергізм кліматичних змін та інших стресів посилює деградацію?
13. Яка роль генетичного різноманіття в адаптації до нових умов?
14. Чому екологічні коридори важливі в умовах кліматичних змін?
15. Як підвищення біорізноманіття може бути стратегією адаптації?

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 64 / 60

Індивідуальні самостійні завдання

Перелік тем:

1. Оцінка стійкості малого річкового басейну (на прикладі конкретної території) та розробка рекомендацій щодо її підвищення.
2. Дослідження факторів стійкості ґрунтових систем агроландшафтів та розробка заходів щодо запобігання їх деградації.
3. Аналіз механізмів самовідновлення лісових геосистем після пожеж та розробка рекомендацій щодо їх реабілітації.
4. Оцінка стійкості водно-болотних угідь до антропогенного впливу та розробка природоохоронних заходів.
5. Дослідження стійкості урбогеосистем до техногенного навантаження на прикладі конкретного міста.
6. Аналіз впливу рекреаційної діяльності на стійкість прибережних геосистем та розробка заходів щодо їх збереження.
7. Оцінка ролі екологічних коридорів у підтримці стійкості регіональних геосистем.
8. Дослідження стійкості степових екосистем до кліматичних змін та розробка адаптаційних заходів.
9. Аналіз впливу меліоративних систем на стійкість природних геосистем та шляхи оптимізації.
10. Оцінка стійкості геосистем гірських територій до природних загроз та розробка превентивних заходів.
11. Дослідження факторів стійкості заплавної екосистем та розробка рекомендацій щодо їх збереження.
12. Аналіз впливу фрагментації ландшафтів на стійкість природних геосистем та шляхи мінімізації негативних наслідків.
13. Оцінка стійкості природоохоронних територій до антропогенного впливу та розробка менеджмент-планів.
14. Дослідження ролі біорізноманіття у підтримці стійкості агроландшафтів та розробка заходів щодо його збереження.
15. Аналіз стійкості карстових геосистем та розробка рекомендацій щодо їх раціонального використання.

Індивідуальне завдання має бути виконане за вибором у вигляді однієї з форм: 1) письмовий звіт обсягом 10-15 сторінок, що містить теоретичне обґрунтування та опис методики дослідження, оформлений згідно стандартних вимог (Times New Roman, 14 пт, інтервал 1,5); 2) у вигляді моделі, реалізованої в спеціалізованому програмному забезпеченні, з візуалізацією результатів у формі графіків, діаграм чи карт. Результати роботи представляються у вигляді презентації (7-10 слайдів) з демонстрацією робочої моделі за наявності.

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 64 / 61

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: <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.

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 64 / 62

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

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

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

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>

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

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 64 / 63

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://eco.j.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)
URL: <https://dsns.gov.ua/>
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
URL: <https://mepr.gov.ua/>

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 64 / 64

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/>