

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ШЕВЧУК ЛАРИСА МИКОЛАЇВНА

УДК 504.453:574.587(477)

**МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ
МОНІТОРИНГУ ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ НА ОСНОВІ
ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ З УРАХУВАННЯМ МІЖНАРОДНИХ
СТАНДАРТІВ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Реферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Житомир – 2026

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Роботу виконано в Державному університеті «Житомирська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

**Офіційні
опоненти:**

доктор технічних наук, професор
ТРОХИМЕНКО Ганна Григорівна,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України,
завідувачка кафедри екології та природоохоронних технологій,
м. Миколаїв

доктор технічних наук, професор
ПОПОВИЧ Василь Васильович,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Державної служби України з надзвичайних ситуацій
Міністерства освіти і науки України,
проректор з наукової роботи, професор кафедри
екологічної безпеки, м. Львів

доктор технічних наук, професор
СТЕПОВА Олена Валеріївна,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка», проректор з наукової роботи, професор кафедри
прикладної екології та природокористування, м. Полтава

Захист дисертації відбудеться «08» липня 2026 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 14.052.04 у Державному університеті «Житомирська політехніка» за адресою: 10005, Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, конференц-зала.

З дисертацією можна ознайомитися на офіційному сайті університету за посиланням <https://ztu.edu.ua> та у бібліотеці Державного університету «Житомирська політехніка» за адресою: 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 14.052.04

Г.В. Кірейцева

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах зростаючого антропогенного навантаження, кліматичних змін та наслідків збройного конфлікту прісноводні екосистеми України зазнають системної деградації: популяції прісноводних видів-індикаторів скоротилися критично, тоді як стан водних тіл є визначальним чинником екологічної безпеки країни та якості водних ресурсів. Забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем потребує переходу від фрагментарних спостережень до інтегрованої системи моніторингу, заснованої на технічному регламенті, гармонізованому з міжнародними стандартами.

Аналіз чинної системи екологічного моніторингу в Україні виявив її принципові недоліки: оцінка популяційного стану видів-індикаторів, біотопічна оцінка середовища та басейновий аналіз антропогенних навантажень здійснюються ізольовано, без інтеграції даних та єдиних стандартизованих протоколів. Це унеможливує відтворюваність результатів між різними виконавцями та регіонами – критичну умову для підготовки звітності відповідно до вимог Статті 17 Директиви про оселища 92/43/ЄС та Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС. Відсутність технічного регламенту моніторингу прісноводних екосистем є прямою перешкодою для виконання зобов'язань в рамках Угоди про асоціацію з ЄС.

Методологічною основою для подолання цих прогалин слугує стандарт CEN EN 16859:2017 – перший у Європі стандарт моніторингу окремого виду природоохоронного значення, а також досвід національних програм моніторингу країн ЄС. Для розробки та верифікації інтегрованої системи використано *Unio crassus* як модельний вид-індикатор: його унікальний правовий статус на перетині двох ключових директив ЄС та доведені біоіндикаторні властивості роблять моніторинг цього виду інструментом одночасного виконання зобов'язань у сфері екологічної безпеки водних ресурсів.

Розробка методологічних основ інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем на базі технічного регламенту, гармонізованого з міжнародними стандартами, є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої відповідає Перспективному плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Державного університету «Житомирська політехніка» та стратегічним завданням євроінтеграції України.

Популяції прісноводних видів-індикаторів скоротилися на 83% з 1970 року – найвищий показник серед усіх типів екосистем. *U. crassus* включено до Додатків II та IV Директиви Ради 92/43/ЄС, Резолюції № 6 Бернської конвенції та Червоної книги України (2021, статус EN). У звітному циклі 2013–2018 рр. за Статтею 17 Директиви про оселища більшість держав-членів ЄС оцінили природоохоронний статус виду як «несприятливий-поганий». Для України критичність ситуації посилюється відсутністю систематичної програми моніторингу виду, що унеможливує науково обґрунтоване управління екологічною безпекою прісноводних екосистем та виконання зобов'язань за Угодою про асоціацію з ЄС у природоохоронній сфері.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано відповідно до Перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Державного університету «Житомирська політехніка».

Автор є керівником госпдоговірної теми «Дослідження впливу Теснівської меліоративної системи на рівень води в криницях населених пунктів, аналіз впливу хімічного складу води в каналах на життєдіяльність людей та тварин» (№ 0125U004198, 2025-2026 рр.) та відповідальним виконавцем госпдоговірної теми «Гідрографічні особливості, екологічний стан та стійкість водних об'єктів Житомирської області» (№ 0125U002335, 2025 р.).

Окремі положення дисертації розроблено в рамках міжнародних грантів COST Action CA 18239 «Conservation of freshwater mussels: a pan-European approach» (2022-2023 рр., Інститут охорони природи Польської академії наук). Польові дані включено до міжнародної бази даних GBIF у рамках проєкту The Habitat Foundation (№ nlbif2018.2019.004/19-03). Результати дослідження відповідають Водній рамковій директиві ЄС (2000/60/ЄС), узгоджуються з міжнародними стандартами ISO 8689 та ISO 7828, використовуються в освітньому процесі підготовки здобувачів вищої освіти.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є розроблення методологічних основ створення інтегрованої системи екологічного моніторингу прісноводних екосистем України на базі технічного регламенту, що відповідає міжнародним стандартам, з використанням *U. crassus* як модельного виду-індикатора в контексті імплементації Директиви Ради 92/43/ЄЕС про оселища та Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

1. Здійснити комплексний аналіз теоретико-методологічних основ забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем і систематизувати європейський досвід стандартизованого біоіндикаційного моніторингу в контексті імплементації Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄЕС.

2. Розробити методологію біоіндикаційної оцінки прісноводних екосистем на основі популяційно-демографічних показників *U. crassus*, включаючи систему кількісних критеріїв для звітності відповідно до Статті 17 Директиви про оселища.

3. Розробити індекс соціологічної значущості локалітетів як інструмент пріоритизації моніторингових територій та оптимізації розподілу ресурсів для забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем.

4. Здійснити аналіз природоохоронного забезпечення та обґрунтувати науково-методичні засади формування національної мережі моніторингових пунктів з урахуванням просторового зв'язку із системою Смарагдової мережі України.

5. Адаптувати та верифікувати систему багатопараметричної біотопічної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі критичних діапазонів показників середовища, встановлених у міжнародній практиці, та розробити біотопічний компонент інтегрованої системи моніторингу.

6. Застосувати методи дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу для басейнової оцінки стану екологічної безпеки прісноводних екосистем та обґрунтувати їх роль як басейнового компонента інтегрованої системи моніторингу.

7. Розробити методологічні основи і структуру технічного регламенту національної інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем України через синтез популяційного, біотопічного та басейнового підходів із верифікацією на емпіричних даних 47 локалітетів у восьми річкових басейнах.

8. Розробити автоматизований цифровий інструментарій інтегрованої оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі синтезу популяційних та біотопічних показників із чотирирівневою градацією стану безпеки.

9. Обґрунтувати стратегію впровадження національної інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем та визначити її роль у забезпеченні екологічної безпеки України в умовах євроінтеграції.

Об'єкт дослідження – процеси забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем України.

Предмет дослідження – науково-методичні основи створення інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем на основі технічного регламенту з урахуванням міжнародних стандартів із застосуванням *U. crassus* як модельного індикаторного виду.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс методів: польового моніторингу (візуальне обстеження річкових ділянок, закладання трансектів); лабораторного аналізу (морфометричні вимірювання стулок, визначення віку за лініями росту, аналіз демографічної структури); статистичної обробки даних (методи статистики, розрахунок коефіцієнтів K_r , I_{aging} , PSI , $CV\%$, тристадійний алгоритм класифікації стану екосистем); геоінформаційного аналізу (ГІС-картування у системі WGS 84, інтеграція з базами Смарагдової мережі України); дистанційного зондування Землі (обробка знімків Sentinel-2 L2A, розрахунок індексів NDVI, NDWI, NDMI, FCD, часовий аналіз за 2015-2025 рр.); гідрохімічних та гідроморфологічних вимірювань; соціологічного аналізу (розробка та застосування ІС3);

бібліометричного аналізу публікацій бази Scopus; стратегічного аналізу (SWOT); порівняльного правового аналізу (Директива 92/43/ЄЕС, ВРД 2000/60/ЄС, Бернська конвенція, CEN EN 16859:2017); порівняльного аналізу національних програм моніторингу *U. crassus* у країнах ЄС.

Наукова новизна одержаних результатів

Вперше:

1. Вперше в Україні розроблено методологію біоіндикаційної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі системи популяційно-демографічних показників *U. crassus*, що включає сім статистичних параметрів та три спеціалізовані індекси (коефіцієнт відновлення, індекс старіння, індекс популяційної стійкості) з кількісними критеріями для категорій екологічного стану FV, U1 та U2 відповідно до вимог Статті 17 Директиви про оселища та індекс соціологічної значущості локалітетів як кількісний інструмент пріоритизації територій моніторингу та оптимізації розподілу ресурсів в системі управління екологічною безпекою, верифіковані на основі аналізу 47 локалітетів у восьми річкових басейнах України.
2. Вперше розроблено цифровий автоматизований інструментарій інтегрованої оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на платформі Google Colab/Python з інтерфейсом Google Sheets, що забезпечує стандартизоване прийняття управлінських рішень з мінімізації екологічних ризиків на основі чотирирівневої градації стану безпеки.
3. Вперше розроблено методологічні основи і структуру технічного регламенту національної інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем України, гармонізованого з вимогами CEN EN 16859:2017, WFD 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄЕС, верифікованого на емпіричних даних 47 локалітетів у восьми річкових басейнах та адаптованого як методологічна основа для розроблення аналогічних регламентів моніторингу інших пріоритетних видів прісноводних екосистем.

Удосконалено:

1. Методологію багатопараметричної біотопічної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем шляхом адаптації та верифікації застосовності системи шести груп параметрів середовища, встановлених у міжнародній практиці, до умов українських річкових басейнів на основі проведеного аналізу оригінальних польових даних з референтними діапазонами, встановленими в міжнародній практиці біотопічної оцінки.
2. Методологію демографічної діагностики стану прісноводних екосистем через аналіз показників вікової структури популяцій довгоживучих біоіндикаторних видів для ранньої діагностики загроз репродуктивному потенціалу як індикатора екологічної безпеки.

Набуло подальшого розвитку:

1. Концепція ієрархічної організації систем екологічного моніторингу через обґрунтування триступеневої системи використання результатів біоіндикаційного моніторингу (локальний – діагностика загроз біотопам; національний – оцінка стану популяцій у річкових басейнах; міжнародний – звітність за Статтею 17 Директиви про оселища, WFD 2000/60/ЄС та Бернською конвенцією) для інтеграції у систему управління екологічною безпекою на різних адміністративних рівнях.
2. Методологія виявлення антропогенних загроз екологічній безпеці прісноводних екосистем шляхом інтеграції методів дистанційного зондування Землі з біоіндикаційними польовими даними для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між змінами землекористування у басейні та деградацією популяцій гідробіонтів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження впроваджено на:

міжнародному рівні: польові дані включено до міжнародної бази даних GBIF (DOI: <https://doi.org/10.15468/c3uyv5>); дані щодо поширення та стану популяцій *U. crassus* в Україні внесено до бази даних Червоного списку МСОП за результатами участі автора в роботі експертної групи (Вербанія, Італія, 2023 р.);

національному рівні: за науковим обґрунтуванням автора *U. crassus* внесено до Червоної книги України; розроблено цифровий інструмент автоматизованої оцінки демографічного стану

популяцій, валідований на даних 47 локалітетів восьми річкових басейнів; розроблено методологічні рекомендації щодо здійснення моніторингових досліджень *U. crassus*;

регіональному рівні: результати передано до Басейнового управління річки Прип'яті для врахування при розробці Плану управління річковим басейном (довідка № 02-295/1 від 20.01.2026 р.); результати враховано при формуванні регіональних природоохоронних програм Департаменту екології та природних ресурсів Житомирської ОДА (довідка від 15.01.2026 р.); ТОВ «ЕКО-МБ» (довідка від 20.02.2026 р.)

в освітньому процесі: результати впроваджено у викладання дисциплін «Управління земельними та водними ресурсами», «Основи стійкості геосистем», «Аналіз та оцінка надзвичайних ситуацій» та «Екологічна безпека водного та геологічного середовища урбанізованих територій України» у Державному університеті «Житомирська політехніка» (довідка № 44-01.00/355 від 18.02.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням, у якому реалізовано авторське бачення методологічних основ створення інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем на основі технічного регламенту з урахуванням міжнародних стандартів. Авторка особисто провела польові дослідження на 47 локалітетах у восьми річкових басейнах України впродовж 1995-2024 рр., здійснила збір, визначення та опрацювання малакологічного матеріалу, розробила стандартизовану систему демографічних показників оцінки екологічної безпеки популяцій *U. crassus* та індекс соціологічної значущості (ІСЗ). Особисто виконано аналіз супутникових знімків Sentinel-2 L2A, розрахунки спектральних індексів та оцінку масштабів антропогенної трансформації водозбірного басейну річки Уборть. Авторкою розроблено цифрову модель автоматизованої оцінки демографічного стану популяцій на платформі Google Colab/Python, уніфіковану методику моніторингу *U. crassus*, гармонізовану з європейськими стандартами, та чотириетапну стратегію впровадження національної системи моніторингу. Висновки та положення, викладені у тексті роботи, отримані авторкою самостійно. У публікаціях, написаних у співавторстві, авторці належить постановка наукової проблеми, організація та проведення польових досліджень, аналіз і інтерпретація результатів, формування висновків. Внесок співавторів не запозичено.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на: VII Міжнародній науково-практичній конференції «Молюски: результати, проблеми та перспективи досліджень» (Житомир, 2024 р.); 18th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Навколишнє середовище для майбутнього через наукову освіту» (Ужгород, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Challenges, Threats and Developments in Biology, Agriculture, Ecology, Geography, Geology and Chemistry» (Люблін, Польща, 2021 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України» (Житомир, 2025 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Research in Science, Technology and Economics» (Люксембург, 2025 р.); Міжнародному науково-прикладному семінарі, присвяченому 25-річчю підписання Європейської ландшафтної конвенції (Київ, 2025 р.); Всеукраїнській науковій конференції «Екологічна безпека та раціональне природокористування» (Житомир, 2023, 2024 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень» (Житомир, 2021, 2023, 2025 рр.); Регіональній науково-краєзнавчій конференції «Краєзнавство рідного краю: історія та сьогодення» (Житомир, 2022 р.); Науковій конференції «Дні науки» Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи» (Полтава, 2023 р.); Міжнародній тренінговій школі з відтворення прісноводних двостулкових молюсків (Келборн, Люксембург, 2023 р.); засіданні експертної групи МСОП (IUCN) з оцінки охоронного статусу прісноводних двостулкових молюсків Західної Палеарктики (Вербанія, Італія, 2023 р.).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 50 наукових праць, серед них: 9 публікацій у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною базою даних Scopus, з яких 3 у виданнях першого квартиля (Q1): Conservation Letters, Conservation Biology та Scientific Data; 3 навчальні посібники; 1 офіційний звіт Комісії з виживання видів Міжнародного союзу охорони природи (IUCN SSC); 1 датасет у міжнародній базі даних GBIF; 14 наукових статей у фахових виданнях України категорії Б; 6 публікацій в інших наукових виданнях України; 20 тез доповідей у збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 495 сторінок, робота містить 67 рисунків та 29 таблиць. Список використаних джерел налічує 442 найменування, додатки займають 12 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано ідею, мету і завдання досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації, структуру і обсяг роботи.

У першому розділі «Теоретико-методологічні основи стандартизації екологічного моніторингу для забезпечення екологічної безпеки» здійснено комплексний аналіз концептуальних засад екологічної безпеки прісноводних екосистем, теоретичних основ біоіндикації та методологічного значення стандартизованого моніторингу.

Обґрунтовано методологічну роль двостулкових молюсків родини Unionidae як біоіндикаторів екологічної безпеки водотоків. Показано, що *U. crassus* є унікальним модельним видом-індикатором на перетині Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄЕС (рис. 1). Широка поширеність виду в усіх річкових басейнах України, транскордонний характер популяцій та статус зникаючого виду (EN) в Червоній книзі України (2021) визначають пріоритетність виду для стандартизованого моніторингу.

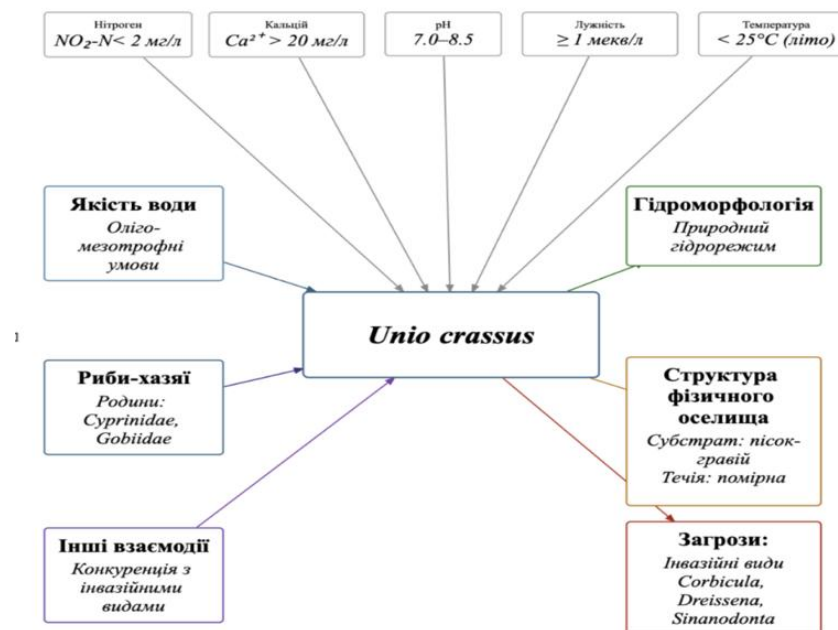


Рис.1. Екологічні вимоги *U. crassus*

Комплексний бібліометричний аналіз 144 публікацій бази Scopus за 1964-2025 роки виявив еволюцію наукових підходів від епізодичних досліджень до комплексних міждисциплінарних програм та підтвердив методологічну зрілість європейських систем моніторингу. Порівняльний аналіз методологічних підходів стандарту CEN EN 16859:2017 та вимог формату звітності за Статтею 17 Директиви 92/43/ЄЕС дозволив ідентифікувати принципи, найбільш адаптивні до умов України.

У другому розділі «Об'єкт, матеріали та методи дослідження» обґрунтовано вибір *U. crassus* як модельного виду-індикатора, визначено просторово-часові параметри досліджень та розроблено комплексну методологію оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем.

Вибір *U. crassus* як модельного виду-індикатора зумовлений сукупністю біологічних, правових та методологічних чинників. Вид характеризується довгою тривалістю життя – до 16–29 років у європейських популяціях та до 10 років в українських, – седентарним способом життя дорослих особин та інтегральною чутливістю до комплексу параметрів водного середовища, що робить його надійним індикатором хронічних і кумулятивних антропогенних впливів на рівні водозбірного басейну. Личинкова стадія розвитку – глохідій – є облігатним паразитом риб (переважно *Cottus gobio* та інших видів бичкових), що робить успішне розмноження залежним від наявності відповідних риб-хазяїв у достатній кількості та забезпечує інтегральну оцінку стану іхтіофауни як компонента екологічної безпеки водних екосистем. Правовий статус виду на перетині Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄЕС (Додатки II та IV) забезпечує методологічну двоїстість моніторингу: одночасну оцінку екологічного стану водних тіл і стану збереження охоронюваного виду. Включення *U. crassus* до Червоної книги України (2021, статус EN) та Резолюції № 6 Бернської конвенції підтверджує пріоритетність виду для національної системи екологічної безпеки.

Емпірична база охоплює 47 локалітетів у восьми річкових басейнах України (Дунай, Дністер, Прип'ять, Десна, Південний Буг, Дніпро, Сіверський Донець, Тиса) за темпоральним масштабом 29 років (1995-2024 рр.). Просторове охоплення забезпечує представлення трьох біогеографічних регіонів: Паннонського, Степового та Континентального (рис. 2).

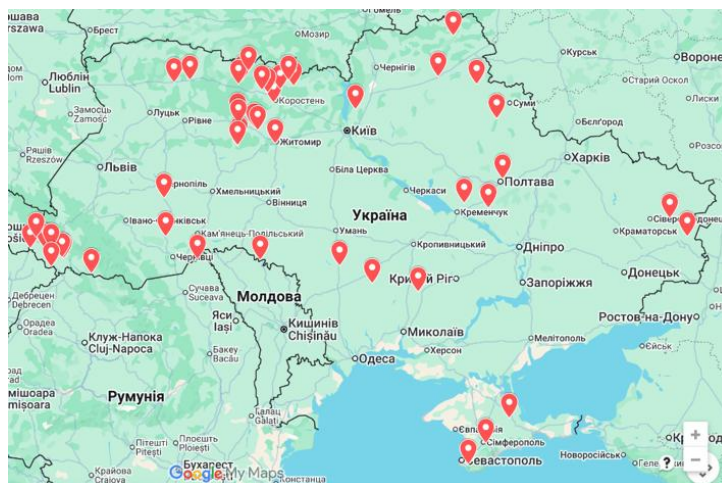


Рис. 2. Мережа пунктів моніторингу *U. crassus* (1995-2024 роки)

Розроблено та обґрунтовано методику оцінки екологічної безпеки на основі системи популяційно-демографічних показників: коефіцієнта відновлення (K_r), індексу старіння (I_{aging}), індексу популяційної стійкості (PSI), коефіцієнта варіації ($CV\%$). Тристадійний алгоритм класифікації стану екосистем відповідно до категорій Статті 17 Директиви про оселища (FV/U1/U2/XX) забезпечує стандартизоване прийняття управлінських рішень. Розроблено методику розрахунку індексу екологічної значущості (IC3) для пріоритизації моніторингових локалітетів.

Описано архітектуру цифрового автоматизованого інструментарію на платформі Google Colab/Python з інтерфейсом Google Sheets.

Тристадійний алгоритм включає послідовну перевірку: (1) обсягу вибірки для статистичної надійності ($N \geq 15$); (2) наявності критичних ознак стану U2 – середній вік популяції менше 4 або більше 8 років, коефіцієнт відновлення Kr менше 0,5, відсутність трьох і більше вікових груп; (3) диференціацію між станами FV та U1 на основі Kr, I_aging, PSI та CV%. Алгоритм забезпечує стандартизовану процедуру оцінки ризиків і відтворюваність між виконавцями та регіонами.

Індекс созологічної значущості (IC3): $IC3 = (W_u \times N_u + W_a \times N_a + W_p \times N_p) / N_{zag}$, де W_u , W_a , W_p – вагові коефіцієнти для *U. crassus*, *A. cygnea* та *P. complanata*; N_u , N_a , N_p – наявність видів у локалітеті. Диференціація за трьома рівнями: критично важливі (IC3 понад 3,0), локалітети високої созологічної цінності (IC3 2,0–3,0) та базової пріоритетності (IC3 до 2,0). Для кількісної оцінки співіснування видів застосовано коефіцієнти Жаккара та Сьоренсена-Чекановського.

У третьому розділі «Європейський досвід управління екологічними ризиками через стандартизований моніторинг» проведено наукометричний аналіз та порівняльне дослідження національних моделей моніторингу країн ЄС.

Наукометричний аналіз 144 публікацій бази Scopus за 1964–2025 роки виявив еволюцію наукових підходів від епізодичних до комплексних міждисциплінарних програм збереження виду. Найбільш продуктивний період – 2000–2015 роки – корелює з імплементацією Директиви про оселища в ЄС. Лідерство публікаційної активності: Польща (39), Німеччина (27), Чехія (16).

Порівняльний аналіз п'яти національних моделей (Німеччина, Польща, Швеція, Франція, Люксембург) систематизував ключові компоненти ефективних систем: науково обґрунтовану нормативну базу; довготривалу інституційну стабільність (Швеція – моніторинг з 1978 р.); стандартизовані протоколи CEN EN 16859:2017; технології eDNA та метабаркодування. Виявлено критичне обмеження візуальних методів: реєструється лише 10% особин порівняно з ручним вилученням. Проаналізовано інформаційні ресурси 20 країн та їх сторінки звітності за Статтею 17 у мережі EIONET.

Виявлено п'ять типів передумов для розробки національної концепції моніторингу: (1) правові та інституційні – Бернська конвенція (1999), Смарагдова мережа (377 об'єктів, ~10% території); (2) методологічні – протоколи CEN EN 16859:2017; (3) інфраструктурні – GBIF (989 записів, CONFREMU); (4) наукові та мережеві – COST Action CA18239, IUCN SSC; (5) географічні та транскордонні – спільні басейни з чотирма країнами-членами ЄС. Ці передумови визначили стратегію поетапної адаптації з урахуванням євроінтеграційних зобов'язань.

У четвертому розділі «Науково-практичні основи імплементації системи моніторингу екологічної безпеки популяцій *Unio crassus* в Україні» розроблено методологію біоіндикаційної оцінки, верифіковано індекс созологічної значущості та сформовано національну мережу моніторингових пунктів.

Запропоновано систему кількісних критеріїв для оцінки параметру «майбутні перспективи» за Статтею 17 Директиви про оселища (FV/U1/U2) (табл. 1). Тристадійний алгоритм оцінки демографічного стану популяцій (рис. 3) включає: крок 1 – перевірку обсягу вибірки ($N \geq 15$); крок 2 – виявлення критичних ознак U2; крок 3 – підтвердження сприятливих ознак FV.

Запропоновані кількісні критерії оцінки демографічного стану для параметру «майбутні перспективи» Статті 17 наведено в табл. 3.

Апробовано індекс созологічної значущості (IC3): з 47 досліджених локалітетів 16 ідентифіковано як пріоритетні. Сформовано мережу з 18 моніторингових пунктів: сім базових у п'яти річкових басейнах (Дунай, Дністер, Прип'ять, Десна, Південний Буг) та одинадцять пунктів розширеної мережі (табл. 4). Картографічний аналіз природоохоронної забезпеченості виявив, що 50% пунктів мережі перебувають поза межами затверджених об'єктів Смарагдової мережі України, що обумовлює необхідність розширення системи територій особливого природоохоронного значення.

Таблиця 1

Базові статистичні показники та спеціалізовані індекси стану популяції *U. crassus*

Показник	Формула	Позначення	Інтерпретація результатів
Середній вік популяції ($\bar{x}$)	$\bar{x} = \sum(n_i \times a_i) / N$ (2.1)	n_i – кількість особин віку i ; a_i – вік особин, років; N – загальна чисельність вибірки; k – кількість вікових класів	Характеризує центральну тенденцію вікової структури популяції. Низькі значення (3–5 років) свідчать про молодшу популяцію з активним відтворенням. Високі значення (>6 років) вказують на старіючу популяцію та можливі проблеми з поповненням
Медіанний вік (Me)	$Me = a_{(n+1)/2}$ (якщо N непарне); $Me = (a_{n/2} + a_{n/2+1}) / 2$ (якщо N парне) (2.2)	a_i – вік i -ї особи у впорядкованому ряді	Ділить популяцію на дві рівні частини: 50% особин молодші за цей вік, і 50% особин старші за цей вік. Співвідношення медіани та середнього віку вказує на симетричність розподілу. Значна різниця між цими показниками свідчить про асиметрію вікової структури
Максимальна тривалість життя (A_{max})	$A_{max} = P_{95}$ (2.3)	P_{95} – 95-й перцентиль розподілу (значення віку, нижче якого знаходиться 95% особин)	Визначає верхню межу очікуваного віку у діапазоні. Особи старші за A_{max} зустрічаються рідко (<5% популяції). Віковий діапазон $[A_{min}; A_{max}]$ визначає рекомендований віковий діапазон особин для включення у вибірку при проведенні моніторингових досліджень
Стандартне відхилення (σ)	$\sigma = \sqrt{[\sum n(a_i - \bar{x})^2 / (N-1)]}$ (2.4)	Усі позначення відповідають вищенаведеним	Характеризує ступінь розкиду вікових значень навколо середнього. Низькі значення ($\sigma < 1,2$) вказують на концентрацію особин у вузькому віковому діапазоні. Високі значення ($\sigma > 1,5$) свідчать про широкий віковий спектр популяції
Коефіцієнт варіації (CV)	$CV = (\sigma / \bar{x}) \times 100\%$ (2.5)	σ – стандартне відхилення; $\bar{x}$ – середній вік	$CV < 20\%$ – низька варіабельність, стабільна популяція; $CV = 20-30\%$ – середня варіабельність, нормальний стан популяції; $CV > 30\%$ – висока варіабельність, нестабільність популяції
Коефіцієнт асиметрії (γ_1)	$\gamma_1 = \sum n(a_i - \bar{x})^3 / [(N-1) \times \sigma^3]$ (2.6)	Усі позначення відповідають вищенаведеним	$\gamma_1 > 0$ – правостороння асиметрія, переважання молодих особин (сприятлива ознака); $\gamma_1 = 0$ – симетричний розподіл; $\gamma_1 < 0$ – лівостороння асиметрія, переважання старих особин (несприятлива ознака)
Коефіцієнт ексцесу (γ_2)	$\gamma_2 = [\sum n(a_i - \bar{x})^4 / ((N-1) \times \sigma^4)] - 3$ (2.7)	Усі позначення відповідають вищенаведеним	$\gamma_2 > 0$ – гостровершинний розподіл, концентрація особин навколо середнього віку; $\gamma_2 = 0$ – нормальний розподіл; $\gamma_2 < 0$ – плосковершинний розподіл, рівномірне розподілення за віковими групами
Коефіцієнт відновлення (K_r)	$K_r = n_{young} / n_{old}$ (2.8)	n_{young} – кількість особин >4 роки; n_{old} – кількість особин >6 років	$K_r > 1,0$ – добре поповнення популяції молодими особинами; $K_r = 0,5-1,0$ – задовільне поповнення популяції; $K_r < 0,5$ – недостатнє поповнення, тривожний стан популяції; $K_r = 0$ – відсутність молодих особин, критичний стан
Індекс старіння (I_{aging})	$I_{aging} = (n_{\geq 7r} / N) \times 100\%$ (2.9)	$n_{\geq 7r}$ – кількість особин ≥ 7 років; N – загальна чисельність вибірки	$I_{aging} < 30\%$ – молода популяція з активним відновленням; $I_{aging} = 30-50\%$ – нормальна вікова структура популяції; $I_{aging} > 50\%$ – старіюча популяція з загрозою вимирання
Індекс популяційної стійкості (PSI)	$PSI = (1 - (CV/100) \times (N_{eff} / k)) \times (1 - I_{aging}/100)$ (2.10)	CV – коефіцієнт варіації, %; N_{eff} – ефективний розмір популяції ($\approx N$); k – еталонний розмір популяції ($k = 50$); I_{aging} – індекс старіння, %	$PSI > 0,6$ – стабільна популяція; $PSI = 0,4-0,6$ – помірно стійка популяція; $PSI < 0,4$ – нестабільна популяція, потребує впровадження заходів охорони

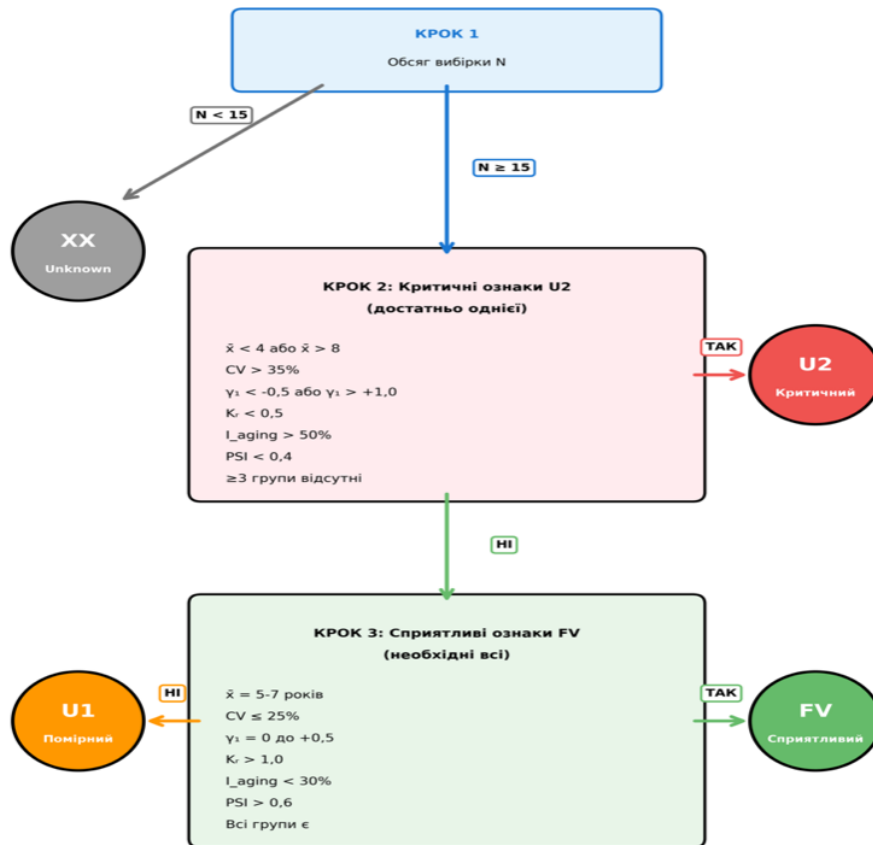


Рис.3. Алгоритм оцінки демографічного стану популяції *U. crassus*

Таблиця 3

Критерії оцінки демографічного стану популяцій *U. crassus*

Показник	FV – Сприятливий	U1 – Помірні порушення	U2 – Критичні порушення*
Середній вік ($\bar{x}$), років	5–7	4–8 (розширений)	< 4 або > 8
Коефіцієнт варіації (CV), %	≤ 25	20–35	> 35
Коефіцієнт асиметрії (γ_1)	0 до $+0,5$	$-0,5$ до $+1,0$	$< -0,5$ або $> +1,0$
Коефіцієнт відновлення (K_r)	$> 1,0$	$0,5-1,0$	$< 0,5$
Індекс старіння (I_{aging}), %	< 30	30–50	> 50
Індекс популяційної стійкості (PSI)	$> 0,6$	$0,4-0,6$	$< 0,4$
Відсутність вікових груп	Присутні всі групи (3–9 років)	Не більше 2 груп відсутні	≥ 3 групи відсутні
* ВАЖЛИВО: для встановлення критичного стану (U2) достатньо ОДНІЄЇ з наведених ознак!			

Таблиця 4

Базова моніторингова мережа для *U. crassus* в Україні (7 пунктів)

Басейн	Річка / пункт	Обґрунтування вибору	№ особин
Дунай	Боржава, с. Вільхівка	Найчисельніша популяція, оптимальна вікова структура 3–6 р., еталонний пункт Карпат	62
Дунай	Латориця, с. Соломонове	Найширша вікова структура 4–9 р., рівнинний тип, помірна трансформація русла	60
Дунай	Сталінешті, с. Кошуляни	Класичний гірський біотоп, еталон малих річок, порівнянність з ЄС	20
Дністер	Мурафа, с. Біла	Найстаріші особини в Україні (до 10 р.), регіональний ландшафтний парк	20
Прип'ять	Уборть, с. Рудня-Хочинська	Поліський заповідник, Смарагдова мережа UA0000001, пункт держмоніторингу	30
Десна	Десна, м. Новгород-Сіверський	Єдина незарегульована велика річка, Смарагдова мережа, пріоритетний об'єкт	30
Пд. Буг	Пд. Буг, м. Південноукраїнськ	Єдина доступна популяція степової зони, порожиста ділянка, Смарагдова мережа	20

У п'ятому розділі «Інтеграція програми моніторингу *Unio crassus* в європейську систему екологічної безпеки» адаптовано систему багатопараметричної біотопічної оцінки та застосовано методи дистанційного зондування Землі.

Адаптовано та верифіковано систему багатопараметричної біотопічної оцінки екологічної безпеки на основі шести груп параметрів середовища: біогенних елементів ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$), кисневого режиму (O_2 , pH), окисно-відновного потенціалу (E_h , ΔE_h), гідродинамічних характеристик (швидкість течії), фізико-хімічних показників (температура, електропровідність, каламутність) та характеристик субстрату. Граничні значення параметрів верифіковано з референтними діапазонами, встановленими в міжнародній практиці (табл. 5).

Методологію інтеграції даних ДЗЗ з польовими дослідженнями апробовано на прикладі басейну річки Уборть (права притока Прип'яті, 292 км, площа 5820 км²). Аналіз часових рядів індексів FCD, NDVI, NDWI та NDMI (Sentinel-2 L2A, 2015–2025 рр.) встановив деградацію лісових екосистем у зоні незаконного видобутку бурштину (з 2014 р.) на площі понад 1066 га. Аналіз витрат води (1991–2020 рр.) виявив зниження базового стоку з 15–25 до 5–10 м³/с після 2014 р. (вдвічі). Оскільки динаміка опадів не демонструє тренду до зниження (норма 732 мм/рік), зниження водності пов'язано з втратою водоутримуючої здатності ґрунтів. Встановлено кореляцію між деградацією водозбірної території та скороченням популяцій *U. crassus*, що підтвердило здатність методів ДЗЗ формувати доказову базу для звітності за Статтею 17. Розроблено уніфіковану методику польового моніторингу *U. crassus*, гармонізовану з CEN EN 16859:2017 та Статтею 17.

Таблиця 5

Граничні значення параметрів середовища існування *U. crassus* (за даними європейських та власних досліджень)

Параметр	Оптимальні значення	Субоптимальні значення	Критичні значення
БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ			
NO ₃ -N, мг/л	< 2,0	2,0–5,0	> 5,0 (припинення відтворення); > 10,0 (повна непридатність)
PO ₄ -P, мг/л	< 0,02–0,03	0,03–0,10	> 0,10
КИСНЕВИЙ РЕЖИМ			
Розчинений кисень O ₂ , мг/л	> 7–8	5–7	< 5
pH	7,0–8,5	6,5–7,0	< 6,5 або > 8,5
ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ			
Eh (інтерстиціал), мВ	> +300	+200 до +300	< +200 (аноксичні умови)
ΔEh (різниця вода–інтерстиціал), мВ	< 150	150–250	> 250 (закупорювання пор субстрату)
ГІДРОДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ			
Швидкість течії, м/с	0,11–0,31 (зони високих щільностей)	0,05–0,11; 0,31–0,50	< 0,05 та > 0,50–0,70
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ			
Температура, °C	14–17 (літо, Баварія)	5–25	Дані недостатні
Електропровідність, μS/см	140–200	100–140; 200–500	< 100 (дефіцит Ca); > 1000 (забруднення)

У шостому розділі «Організаційно-технічне забезпечення системи екологічного моніторингу *U. crassus* для підвищення рівня екологічної безпеки прісноводних екосистем» розроблено стратегію впровадження, триступеневу ієрархічну систему оцінки та цифровий автоматизований інструментарій.

Розроблено чотириетапну стратегію впровадження національної системи моніторингу (табл. 6): підготовчий (1–2 роки – розробка нормативно-правової бази, інвентаризація популяцій, створення бази даних, стандартизовані протоколи, підготовка кадрів); пілотний (2–3 роки – апробація у 3–5 модельних басейнах, тестування та коригування методологічних підходів, міжлабораторна верифікація); масштабування (3–4 роки – поетапне розгортання мережі, включення 11 локацій розширеної мережі, технічне оснащення станцій); операційний (безстроковий – регулярний 6-річний цикл, виявлення нових популяцій, актуалізація методологічних підходів). Обґрунтовано ризик-орієнтоване районування України за чотирма зонами екологічного ризику та чотири типи моніторингових станцій: базові (6-річний цикл), операційні (1–3-річний), дослідницькі (постійний) та індикаторні (3–4-річний).

Розроблено триступеневу ієрархічну систему оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем, що охоплює локальний (чотирирівнева шкала Високий/Задовільний/Незадовільний/Критичний), національний та міжнародний рівні застосування з відповідністю статусам FV/U1/U2 Статті 17 Директиви про оселища. Алгоритм присвоєння рівня екологічної безпеки популяціям *U. crassus* (рис. 4) побудований на основі комплексного аналізу демографічних показників Kr, I_{aging}, PSI та CV%. Розроблено цифровий автоматизований інструментарій на платформі Google Colab/Python з інтерфейсом Google Sheets, що забезпечує

стандартизоване прийняття управлінських рішень, валідований на даних 47 локалітетів восьми річкових басейнів України.

Верифікаційні приклади: р. Боржава ($Kr = 9,43$; $I_{aging} = 9,4\%$; $PSI = 0,82$ – ВИСОКИЙ/FV); р. Десна, м. Новгород-Сіверський ($Kr = 0$; $I_{aging} = 100\%$ – КРИТИЧНИЙ/U2). Розроблена система забезпечує сумісність з базами EIONET, GBIF та e-mussels.eu і відповідає вимогам ВРД 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄС.

Таблиця 6

Етапи впровадження національної системи моніторингу перлівниці товстої		
Етап	Тривалість	Ключові завдання та результати
1. Підготовчий	1-2 роки	- Розробка та затвердження нормативно-правової бази - Повторна інвентаризація популяцій <i>U. crassus</i> - Створення централізованої бази даних - Запровадження та верифікація протоколів моніторингових досліджень - Підготовка методичних посібників - Первинна підготовка кадрів
2. Пілотний	2-3 роки	- Апробація системи у 3-5 модельних басейнах - Тестування методологічних підходів та їх коригування - Калібрування методик та міжлабораторна верифікація - Оптимізація процедур моніторингу - Аналіз результатів пілотних проєктів - Коригування протоколів на основі досвіду
3. Масштабування	3-4 роки	- Поетапне розгортання мережі на всі басейни - Включення 11 ключових локацій базової мережі - Забезпечення технічного оснащення станцій - Підготовка достатньої кількості фахівців - Налагодження системи координації між регіонами - Розширення до максимального охоплення 47 моніторингових популяцій
4. Операційний	Безстроковий	- Регулярне функціонування системи (6-річний цикл) - Виявлення нових популяцій та, за можливості, включення до програми моніторингу - Постійний аналіз ефективності системи - Актуалізація методологічних підходів - Адаптація мережі до змін у стані популяцій - Забезпечення сталого фінансування - Інтеграція даних у прийняття управлінських рішень

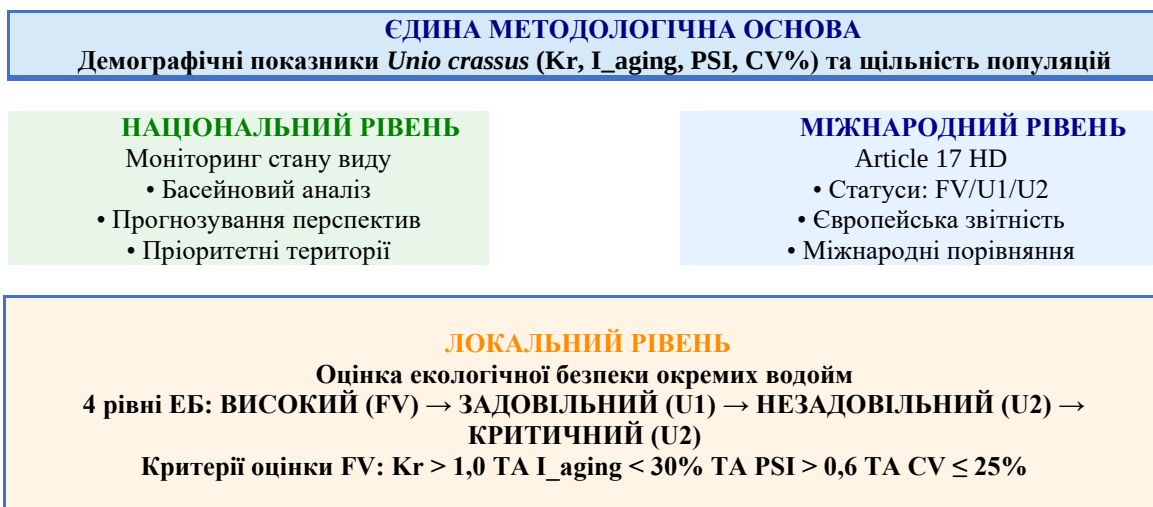


Рис. 4. Структура триступеневої системи оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем

Запропоновано чотири функціональних типи моніторингових станцій з диференційованим призначенням (табл. 7).

SWOT-аналіз стратегії впровадження (табл. 8) виявив 8 сильних сторін, 8 слабких, 9 можливостей та 10 загроз.

Таблиця 7

Типи моніторингових станцій та їх функціональне призначення

Тип станції	Функціональне призначення	Локалізація	Періодичність
Базові	Вивчення природної динаміки популяцій; еталон для порівняльних досліджень; відокремлення природних флуктуацій від антропогенних змін	Верхів'я Карпатських річок, природні заповідники	Раз на 6 р.
Операційні	Оцінка антропогенного впливу; ефективність природоохоронних заходів; оперативне виявлення негативних змін	Зони високого та критичного ризику	Раз на 1–3 р.
Дослідницькі	Поглиблене вивчення екології виду; апробація нових методологічних підходів; розширена програма спостережень	На базі наукових установ та університетів	Постійний моніторинг
Індикаторні	Раннє виявлення басейнових тенденцій; ініціювання додаткових досліджень; стратегічний контроль	Стратегічні точки у басейнах	Раз на 3–4 р.

Таблиця 8

SWOT-аналіз стратегії впровадження національної системи моніторингу *U. crassus*

СИЛЬНІ СТОРОНИ	СЛАБКІ СТОРОНИ
- Наукова база: 47 локалітетів, 29 р. спостережень (1995–2024) - Розроблена методологія та протоколи (CEN EN 16859) - Смарагдова мережа України (377 об'єктів, ~10% території) - Включення виду до ЧКУ (EN, 2021) та Додатків II, IV Директиви - Басейновий принцип управління вже запроваджений - Міжнародні зв'язки (COST Action CA18239, GBIF, IUCN SSC)	- Відсутність систематичної програми моніторингу - Обмежена кількість спеціалістів з малакології 50% пріоритетних пунктів поза межами Смарагдової мережі - Відсутність централізованої бази даних - Недостатнє фінансування природоохоронних програм - Слабка міжвідомча координація
МОЖЛИВОСТІ	ЗАГРОЗИ
- Євроінтеграція та імплементація Директиви про оселища - Доступ до LIFE, Horizon Europe, INTERREG - Транскордонне співробітництво (Польща, Румунія, Словаччина) - Технології eDNA та метабаркодування - Децентралізація – фінансування з місцевих бюджетів - Розвиток громадянської науки (citizen science)	- Триваючий воєнний конфлікт та вплив на екосистеми - Незаконний вилов бурштину (деградація Полісся) - Кліматичні зміни: збільшення частоти посух - Евтрофікація та зарегулювання малих річок - Відтік кваліфікованих кадрів за кордон - Інвазивні види (<i>S. woodiana</i>, <i>P. parva</i>)

Триступенева ієрархічна система оцінки екологічної безпеки охоплює: локальний рівень – чотирирівнева шкала ЕБ; національний – оцінка у річкових басейнах; міжнародний – звітність за Статтею 17 (FV/U1/U2/XX). Система інтегрованих критеріїв наведена у табл. 9.

Таблиця 9

Система інтегрованих критеріїв оцінки екологічної безпеки популяцій *U. crassus* з урахуванням демографічних показників, щільності та відповідності статусам Статті 17 (параметр «майбутні перспективи»)

Рівень екологічної безпеки / Article 17	Демографічні критерії	Діапазони показників	Біологічна інтерпретація
 ВИСОКИЙ рівень (FV - Сприятливий)	K _r > 1,0 ТА I _{aging} < 30% ТА PSI > 0,6 ТА CV ≤ 25% ТА Щільність > 10 екз/м ²	- Середній вік: 5–7 років - CV: ≤ 25% - Y₁: 0 до +0,5 - K_r: > 1,0 - I_{aging}: < 30% - PSI: > 0,6 - Віковий спектр: 3–9 років, всі групи - Щільність: > 10 екз/м²	Стабільна вікова структура. Переважання молодих особин (3–4 роки) над старшими (>6 років). Активне відновлення популяції. Висока демографічна стабільність. Безперервне успішне поповнення протягом останніх років.
 ЗАДОВІЛЬНИЙ рівень (U1 - Незадовільний-неадекватний)	K _r 0,5–1,0 АБО I _{aging} 30–50% АБО PSI 0,4–0,6 АБО CV 25–35% АБО Щільність 3–10 екз/м ² При наявності живих особин	- Середній вік: 4–5 або 7–8 років - CV: 25–35% - Y₁: -0,5 до 0 або > +0,5 - K_r: 0,5–1,0 - I_{aging}: 30–50% - PSI: 0,4–0,6 - Віковий спектр: неповний - Щільність: 3–10 екз/м²	Зміщення у бік молодих або старших вікових класів. Модерована флуктуація вікової структури. Асиметрія, що свідчить про порушення стабільного відновлення. Помірна демографічна стабільність. Періодичне або нерегулярне відновлення.
 НЕЗАДОВІЛЬНИЙ рівень (U2 - Незадовільний-поганий)	K _r < 0,5 АБО I _{aging} > 50% АБО PSI < 0,4 АБО CV > 35% АБО Щільність < 3 екз/м ² При наявності живих особин	- Середній вік: < 4 або > 8 років - CV: > 35% - Y₁: < -0,5 або > +1,0 - K_r: < 0,5 - I_{aging}: > 50% - PSI: < 0,4 - Віковий спектр: обмежений, перерваний - Щільність: < 3 екз/м²	Домінування незрілих або дуже старих вікових класів. Нестабільна вікова структура (велика варіативність). Сильна асиметрія, що вказує на різкі демографічні зрушення. Недостатнє рекрутування (молоді особини майже відсутні). Низька демографічна стабільність. Популяція, що швидко старіє.
 КРИТИЧНИЙ рівень (U2 - Локальне зникнення)	Відсутність живих особин Наявність лише пустих черепашок	- Живі особини: відсутні - K_r: 0 (або н/д) - I_{aging}: н/д - PSI: 0 (або н/д) - CV: н/д - Віковий спектр: відсутній - Щільність живих: 0 екз/м² - Пусті черепашки: наявні - Статус: локальне зникнення	Повна відсутність живих особин. Популяція зникла з локалітету. Наявність лише пустих черепашок свідчить про історичне існування популяції. Локальне вимирання. Критичний стан екосистеми. Необхідні термінові заходи для з'ясування причин зникнення та можливої реінтродукції.

Визначено шість критичних індикаторів раннього попередження (табл. 10) та розроблено ґрадуйовану чотирирівневу систему реагування (табл. 11).

Таблиця 10

Критичні індикатори раннього попередження про загрози екологічній безпеці

№	Індикатор	Порогове значення	Можливі причини
1	Зникнення ювенільних особин (до 3 років)	Відсутність молодих класів протягом двох послідовних циклів моніторингу (3–6 р.)	Зникнення риб-хазяїв; критичне погіршення якості води; руйнування донних біотопів
2	Погіршення демографічних індексів популяції	Перехід K _r , I _{aging} або PSI у категорію U ₂ , або одночасне погіршення двох індексів з FV до U ₁	Аварійне забруднення; несприятливі гідрологічні умови; хвороби; катастрофічні події
3	Звуження вікової структури	Популяція складається лише з 1–2 вікових класів	Хронічне погіршення якості води; зміни гідрологічного режиму; порушення репродуктивного циклу
4	Аномалії розвитку черепашок	> 10% особин з деформаціями форми, асиметрією стулок	Забруднення важкими металами, пестицидами; тератогенний вплив ксенобіотиків
5	Порушення співвідношення статей	Відхилення від 1:1 більше ніж 70:30; високий % гермафродитів	Диференційована чутливість статей до токсикантів; ендокринні дизраптори у воді
6	Масова загибель молюсків	Численні свіжі черепашки або нещодавно відкриті порожні черепашки	Аварійні скиди токсичних речовин; обсихання біотопів; замор; епізоотії

Таблиця 11

ґрадуйована система реагування відповідно до ступеня загрози екологічній безпеці

Рівень	Критерії активації	Моніторинг	Рекомендовані дії
ЗЕЛЕНИЙ	Стабільний стан популяції, відсутність критичних ознак	1 раз на 6 р.	Профілактичний моніторинг за базовою програмою
ЖОВТИЙ	Виявлення однієї критичної ознаки будь-якого індикатора	1 раз на 2–3 р.	Посилення моніторингу, підтвердження негативного тренду, аналіз причин
ПОМАРАНЧЕВИЙ	Дві або більше критичних ознак; стійкий негативний тренд за двома циклами	Щорічно	Екстрений моніторинг, додаткові гідрохімічні та гідробіологічні дослідження
ЧЕРВОНИЙ	Критичний стан з ризиком зникнення виду протягом 5 р.	Постійний	Невідкладні втручання, ліквідація забруднення, ex-situ збереження, реінтродукція

Цифрова модель реалізована у Google Colab/Python з інтерфейсом Google Sheets (5 аркушів: «Input» → «Thresholds» → «Results» → «Описовий звіт» → «Критерії стану»).

Кольорове кодування: зелений (FV) / жовтий (U1) / червоний (U2) / сірий (XX).
 Верифікація: р. Боржава (Kr = 9,43; I_aging = 9,4%; PSI = 0,82 → FV); р. Десна (Kr = 0; I_aging = 100% → U2/Критичний) (рис. 5).

4	Посиди, с. Трушівка, Закарпатська обл.	2	0	30	помірний	Посиди, с. Трушівка, Закарпатська обл.: обстежено 2 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 30.0%, щільність = 1.0 ос./м² – низька. Стан: критичний
5	Айдар, Новоайдар	2		0	н/д	Айдар, Новоайдар: обстежено 2 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
6	Боржава, Вари	13	0	7,7	критичний	Боржава, Вари: обстежено 13 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 7.7%. Щільність = 1.0 ос./м² – низька. Стан: критичний
7	Боржава, Вільхівка	64		0	добрий	Боржава, Вільхівка: обстежено 64 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
8	Ворскла, Кобеляки	10	0	20	критичний	Ворскла, Кобеляки: обстежено 10 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 20.0%. Щільність = 3.0 ос./м² – задовільна
9	Ворскла, Полтава	1	0	100	критичний	Ворскла, Полтава: обстежено 1 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 100.0%, що свідчить про виражене старіння
10	Гнилог'ять, Зарічани	2		0	н/д	Гнилог'ять, Зарічани: обстежено 2 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
11	Гнізна, Тербовля	1		0	н/д	Гнізна, Тербовля: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
12	Горинь, Городець	5	0	80	критичний	Горинь, Городець: обстежено 5 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 80.0%, що свідчить про виражене старіння
13	Десна, Жукин	4	0	75	критичний	Десна, Жукин: обстежено 4 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 75.0%, що свідчить про виражене старіння
14	Десна, Наддніпрянка	1		0	н/д	Десна, Наддніпрянка: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
15	Десна, Новгород-Сіверський	4	0	75	критичний	Десна, Новгород-Сіверський: обстежено 4 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 75.0%, що свідчить про виражене старіння
16	Дністер, Заліщики	1		0	н/д	Дністер, Заліщики: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
17	Жерев, с. Ігнатів	5		0	помірний	Жерев, с. Ігнатів: обстежено 5 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
18	Жерев, с. Лугини	1		0	н/д	Жерев, с. Лугини: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
19	Жерев, с. Степанівка	1		0	н/д	Жерев, с. Степанівка: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
20	Карасівка, Желябівка	2		0	н/д	Карасівка, Желябівка: обстежено 2 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
21	Латориця (нове русло), с. Соломонове	40	0	25	критичний	Латориця (нове русло), с. Соломонове: обстежено 40 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 25.0%, що свідчить про виражене старіння
22	Латориця, Старе Давидкове	24	0,2	20,8	критичний	Латориця, Старе Давидкове: обстежено 24 особи. Kr = 0,2, що свідчить про наявність рекрутування. Іа% = 20.8%, що свідчить про виражене старіння
23	Латориця, Мукачівка	22	0,33	13,6	критичний	Латориця, Мукачівка: обстежено 22 особи. Kr = 0,33, що свідчить про наявність рекрутування. Іа% = 13.6%, що свідчить про виражене старіння
24	Мурафа, Біла	8	0	62,5	критичний	Мурафа, Біла: обстежено 8 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 62.5%, що свідчить про виражене старіння
25	Норинь, Богданівка	6		0	помірний	Норинь, Богданівка: обстежено 6 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
26	Псел, Запсілля	14	0	64,3	критичний	Псел, Запсілля: обстежено 14 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 64.3%, що свідчить про виражене старіння
27	Псел, Михайлівка	1	0	100	критичний	Псел, Михайлівка: обстежено 1 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 100.0%, що свідчить про виражене старіння
28	Південний Буг, Луполове	1	0	100	критичний	Південний Буг, Луполове: обстежено 1 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 100.0%, що свідчить про виражене старіння
29	Південний Буг, Южноукраїнськ	4	1	25	помірний	Південний Буг, Южноукраїнськ: обстежено 4 особи. Kr = 1.0, що свідчить про наявність рекрутування. Іа% = 25.0%, що свідчить про виражене старіння
30	Сейм, Батурин	1	0	100	критичний	Сейм, Батурин: обстежено 1 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 100.0%, що свідчить про виражене старіння
31	Сейм, Чумакове	7	0	42,9	помірний	Сейм, Чумакове: обстежено 7 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 42.9%. Щільність = 3.0 ос./м² – задовільна
32	Слuch, Баранівка	42	0,2	23,8	критичний	Слuch, Баранівка: обстежено 42 особи. Kr = 0,2, що свідчить про наявність рекрутування. Іа% = 23.8%, що свідчить про виражене старіння
33	Слuch, Чиківка	1		0	н/д	Слuch, Чиківка: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
34	Смілька, Смілька	1		0	н/д	Смілька, Смілька: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
35	Сталінішті, Мамалига	20	1,33	15	н/д	Сталінішті, Мамалига: обстежено 20 особи. Kr = 1.33, що свідчить про наявність рекрутування. Іа% = 15.0%, що свідчить про виражене старіння
36	Стір, Маюнічі	3	0	33,3	критичний	Стір, Маюнічі: обстежено 3 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 33.3%. Щільність = 2.0 ос./м² – низька. Стан: критичний
37	Сверський Донець, станицяно-Луганське	19	1	10,5	помірний	Сверський Донець, станицяно-Луганське: обстежено 19 особи. Kr = 1.0, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
38	Тня, Молодіжне	1		0	н/д	Тня, Молодіжне: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції
39	Тня, Соколів	6	0	16,7	критичний	Тня, Соколів: обстежено 6 особи. Рекрутування відсутнє. Іа% = 16.7%. Щільність = 1.0 ос./м² – низька. Стан: критичний
40	Убооть, Олевськ	1		0	н/д	Убооть, Олевськ: обстежено 1 особи. Kr = пап, що свідчить про наявність рекрутування. Старіння популяції

Рис. 5. Аркуш «Results» цифрової моделі автоматизованої оцінки з кольоровим кодуванням рівнів ЕБ

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено науково-методологічне обґрунтування та запропоновано вирішення наукового завдання, що полягає у розробці методологічних основ інтегрованої системи оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі біоіндикаційного підходу з використанням *Unio crassus* як модельного виду-індикатора. Сукупність отриманих результатів забезпечує науково обґрунтований інструментарій для діагностики загроз, пріоритизації природоохоронних втручань та управління екологічною безпекою водних екосистем України в умовах євроінтеграції.

1. Здійснено комплексний аналіз теоретико-методологічних основ забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем. Обґрунтовано методологічну роль двостулкових молюсків родини Unionidae як біоіндикаторів екологічної безпеки прісноводних екосистем, що забезпечують інтегральну оцінку кумулятивних антропогенних впливів на рівні водозбірного басейну. Систематизовано європейський досвід стандартизованого біоіндикаційного моніторингу через п'ять ключових принципів управління екологічною безпекою: гармонізація методів між країнами-членами ЄС; адаптивне управління з регулярним переглядом стандартів; видоспецифічний підхід; мультистресорна оцінка кумулятивних ефектів; інтегрований біоіндикаційний підхід на рівні водозбірних басейнів. Доведено, що формат звітності за Статтею 17 Директиви 92/43/ЄС з матричною системою інтегральної оцінки за принципом «найгіршого показника» (FV–U1–U2–XX) та двомасштабним темпоральним аналізом (12- та 24-річні тренди) є одним із найбільш комплексних інструментів оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на європейському рівні. Встановлено, що *U. crassus*, перебуваючи на перетині Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄС, забезпечує комплексну оцінку екологічного стану одночасно у сфері охорони водних ресурсів і збереження біорізноманіття. Порівняльний аналіз п'яти європейських моделей моніторингу (Німеччина, Польща, Швеція, Франція, Люксембург) виявив значущі компоненти успішного управління екологічними ризиками та сформував методологічну основу для розроблення національної системи.

2. Розроблено методологію біоіндикаційної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі системи популяційно-демографічних показників *U. crassus*. Методологія включає сім статистичних параметрів (середній вік, медіана, максимальна тривалість життя, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії, ексцес) та три спеціалізовані індекси: коефіцієнт відновлення (K_r), індекс старіння (I_{aging}) та індекс популяційної стійкості (PSI). Для кожного індексу встановлено кількісні порогові значення з присвоєнням категорій стану збереження відповідно до вимог Статті 17 Директиви про оселища: FV (сприятливий) – збалансована вікова структура з достатнім рекрутуванням; U1 (помірно порушений) – ознаки демографічного дисбалансу з ризиком зниження відновлювального потенціалу; U2 (критичний) – домінування старших вікових класів при критичному дефіциті молоді як індикатор втрати відновлювального потенціалу та загрози довгостроковій екологічній безпеці біотопу. Тристадійний алгоритм інтеграції показників забезпечує об'єктивну та відтворювану діагностику загроз екологічній безпеці прісноводних екосистем. Розроблену методологію рекомендовано застосовувати для оцінки четвертого параметру звітності за Статтею 17 Директиви про оселища – майбутніх перспектив збереження виду – як кількісного інструменту прогнозування довгострокового стану екологічної безпеки прісноводних екосистем.

3. Розроблено індекс соціологічної значущості локалітетів (IC₃) як кількісний інструмент пріоритизації моніторингових територій та оптимізації розподілу ресурсів в системі управління екологічною безпекою прісноводних екосистем. IC₃ забезпечує диференціацію локалітетів за трьома рівнями пріоритетності: критично важливі (IC₃ понад 3,0), локалітети високої соціологічної цінності (IC₃ 2,0–3,0) та локалітети базової пріоритетності (IC₃ менше 2,0). За результатами застосування індексу з 47 досліджених локалітетів 16 ідентифіковано як пріоритетні для національної системи моніторингу, що забезпечує репрезентативне покриття восьми річкових

басейнів та різних екологічних умов для раннього виявлення регіональних загроз екологічній безпеці.

4. Здійснено аналіз природоохоронного забезпечення локалітетів *U. crassus* та обґрунтовано науково-методичні засади формування національної мережі моніторингових пунктів. Встановлено, що з 18 пунктів базової та розширеної мережі моніторингу лише 50% мають природоохоронний статус, що створює системні ризики для екологічної безпеки від сільськогосподарської діяльності, гідротехнічного будівництва, рекреаційного навантаження та промислового забруднення. Обґрунтовано просторовий зв'язок мережі моніторингових пунктів із системою Смарагдової мережі України: пріоритетні локалітети виду-індикатора виступають діагностичними точками стану оселищ Смарагдової мережі, що забезпечує синергію між моніторингом охоронюваного виду та управлінням природоохоронними територіями. Результати аналізу обґрунтовують доцільність розширення мережі спеціальних природоохоронних територій для забезпечення довгострокової екологічної безпеки пріоритетних водотоків та виконання міжнародних зобов'язань України.

5. Адаптовано та верифіковано застосовність системи багатопараметричної біотопічної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем до умов українських річкових басейнів. На основі порівняльного аналізу власних польових даних та літературних джерел верифіковано застосовність шести груп параметрів середовища, встановлених у міжнародній практиці: біогенні елементи ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$) як індикатори евтрофікації; кисневий режим (O_2 , pH); окисно-відновний потенціал ($E_h \approx +300$ мВ для інтерстиціальної зони, $\Delta E_h = 259 \pm 95$ мВ); гідродинамічні характеристики (оптимальна швидкість течії 0,11–0,31 м/с); фізико-хімічні показники (температура, електропровідність, каламутність); характеристики субстрату. Розроблено біотопічний компонент інтегрованої системи моніторингу як науково обґрунтовану основу для оцінки стану біотопів у системі управління екологічною безпекою.

6. Застосовано методи дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу для басейнової оцінки стану екологічної безпеки прісноводних екосистем та обґрунтовано їх роль як басейнового компонента інтегрованої системи моніторингу. На прикладі басейну річки Уборть продемонстровано, що інтеграція супутникових даних Sentinel-2 L2A з ГІС-аналізом та біоіндикаційними польовими даними дозволяє ідентифікувати просторово-темпоральні зміни якості води, оцінювати масштаби евтрофікації та антропогенних змін землекористування, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між трансформацією басейну та погіршенням екологічного стану прісноводних екосистем, а також моделювати сценарії розвитку екологічних ризиків для планування превентивних заходів на рівні водозбірного басейну. Встановлено, що методи ДЗЗ забезпечують просторовий контекст для інтерпретації біоіндикаційних даних та є необхідним компонентом ризик-орієнтованого підходу до управління екологічною безпекою прісноводних екосистем.

7. Розроблено методологічні основи і структуру технічного регламенту національної інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем України через синтез популяційного, біотопічного та басейнового підходів. Технічний регламент включає обов'язкові вимоги до об'єктів моніторингу, методів польових та лабораторних досліджень, кваліфікації виконавців, мінімального обсягу вибірки, форм первинної документації та звітності. Стандартизовано протоколи польового моніторингу *U. crassus*, що охоплюють повний цикл досліджень від вибору моніторингових ділянок до камеральної обробки матеріалу та документування результатів. Гармонізацію здійснено з вимогами CEN EN 16859:2017, WFD 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄС. Верифікацію проведено на емпіричних даних 47 локалітетів у восьми річкових басейнах (1995–2024 рр.), що підтвердила відтворюваність системи та її придатність для стандартизованого моніторингу. Технічний регламент адаптовано як методологічну основу для розроблення аналогічних регламентів для інших пріоритетних видів прісноводних екосистем та створює науково-методичну основу для усунення прогалини у нормативно-методичному забезпеченні моніторингу охоронюваних прісноводних видів в Україні.

8. Розроблено автоматизований цифровий інструментарій інтегрованої оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на платформі Google Colab/Python з інтерфейсом Google Sheets. Інструментарій базується на синтезі популяційних та біотопічних показників і реалізує стандартизоване прийняття управлінських рішень з мінімізації екологічних ризиків на основі чотирирівневої градації стану безпеки: «Високий» (сприятливий стан, FV), «Задовільний» (помірні порушення, U1), «Незадовільний» (значні порушення, U2) та «Критичний» (загроза екологічній безпеці біотопу). Інструментарій забезпечує підтримку прийняття рішень на трьох рівнях управління: локальному – оперативна діагностика загроз окремим біотопам та планування цільових природоохоронних заходів; національному – оцінка екологічного стану прісноводних екосистем у річкових басейнах та координація природоохоронних програм; міжнародному – підготовка звітності за Статтею 17 Директиви про оселища та Бернською конвенцією.

9. Обґрунтовано стратегію поетапного впровадження національної інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем та визначено її роль у забезпеченні екологічної безпеки України в умовах євроінтеграції. Стратегія передбачає три етапи: початковий (базове обстеження 18 пунктів моніторингової мережі, створення національної бази даних, підготовка фахівців за європейськими протоколами та розробка нормативно-методичної бази імплементації Директиви про оселища); розширення (включення додаткових локалітетів, впровадження інноваційних технологій – eDNA, ДЗЗ, автоматизовані системи біоіндикації – та інтеграція з європейськими мережами EIONET); консолідації (регулярний 6-річний цикл звітності за Статтею 17, адаптивне управління на основі накопичених даних, розвиток власних наукових компетенцій). Визначено шість критичних індикаторів раннього попередження та розроблено градуйовану чотирирівневу систему реагування. Обґрунтовано періодичність моніторингу. Розроблена інтегрована система відповідає вимогам ВРД 2000/60/ЄС та Директиви про оселища 92/43/ЄС, забезпечує сумісність з базами даних EIONET, GBIF та e-mussels.eu та створює передумови для участі України в системі звітності ЄС у природоохоронній сфері. Проведено SWOT-аналіз стратегії впровадження з розробкою чотирьох типів стратегій (SO, WO, ST, WT). Систематизовано напрями міжнародної співпраці – участь у проектах LIFE, адаптація протоколів eDNA, програми відтворення охоронюваних видів, агроекологічні заходи на рівні водозбірних басейнів – для посилення системи екологічної безпеки прісноводних екосистем України.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

Монографії:

1. Aldridge D., Allen D., Ferreira-Rodriguez N., Geist J., Killeen I., Moorkens E., ... Lopes-Lima M. (2024). *European Freshwater Bivalves: moving from assessment to conservation planning*. IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group. 82 p. *Авторці належить участь у підготовці розділу 4, що стосується надання даних щодо України та участь в аналізі регіональних пріоритетів. (офіційний звіт Комісії з виживання видів Міжнародного союзу охорони природи — IUCN SSC) (заг. обсяг 5,13 друк. арк., особисто авторці належить 0,10 друк. арк.)*

Статті у наукових фахових виданнях України, у т.ч., що входять до міжнародних наукометричних баз:

1. Zając T., Aldridge D. C., Lopes-Lima M., Zając K., Ondina P., Piria M., Sîrbu I., Geist J., Moorkens E., Prié V., Atsaral S., Collas F., Douda K., Gumpinger C., Karaouzas I., Kazić A., Larsen B. M., Lipinskaya T., Motte G., Österling M., Pešić V., Riccardi N., Shevchuk L. ... Sousa R. An urgent call for the coordinated monitoring of European freshwater mussels. *Conservation Letters*. 2026. 19. e70040. URL: <https://doi.org/10.1111/con4.70040>. *Авторці належить участь у підготовці матеріалу, що стосується надання даних щодо можливостей та потреб України в організації моніторингових досліджень та участь в*

аналізі регіональних пріоритетів цих досліджень. (*Scopus*, **Q1**) (заг. обсяг 1,0 друк. арк., особисто авторці належить 0,03 друк. арк.)

2. Cossey D. A., Urbanska M., Sousa R., Geist J., Labecka A. M., Atasaral S., Bonk M., Bylyna L., Collas F. P. L., Daill D., Dobler A. H., Ferreira-Rodríguez N., Halabowski D., Ilarri M. I., Lajtner J., Mageroy J. H., Moorkens E. A., Morales J., Morgan W. H., **Shevchuk L.** ... Aldridge D. C. Distribution, scale, and drivers of mass mortality events in Europe's freshwater bivalves. *Conservation Biology*. 2025. e70192. URL: <https://doi.org/10.1111/cobi.70192> . Авторці належить надання оригінальних польових даних щодо фактів та причин масової загибелі прісноводних двостулкових молюсків з водних об'єктів України, участь в аналізі регіональних закономірностей та рецензування рукопису. (*Scopus*, **Q1**) (заг. обсяг орієнтовно 1,37 друк. арк., особисто авторці належить 0,07 друк. арк.)

3. Lopes-Lima M., Aldridge D. C., Álvarez M. G.,... **Shevchuk L.**... [et al.] A curated dataset on the distribution of West Palaearctic freshwater bivalves. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. № 1139. URL: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05318-9>. Авторці належить формування та верифікація даних щодо поширення прісноводних двостулкових молюсків з водних об'єктів України, їх підготовка відповідно до вимог зведеного міжнародного набору даних та участь у рецензуванні рукопису. (*Scopus*, **Q1**) (заг. обсяг орієнтовно 0,68 друк. арк., особисто авторці належить 0,05 друк. арк.)

4. Tsyhanenko-Dziubenko I., Kireitseva H., Ventsel N., Ventsel V., **Shevchuk L.**, Skyba G. Remote Evaluation of Post-Military Basin Moshchunka of Kyiv Oblast, Ukraine using Spectral Indices. *18th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2025. Vol. 2025. P. 1–5. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510210> . Авторці належить участь в екологічній інтерпретації спектральних індексів водного басейну Мошчунка в контексті постмілітарного впливу на довкілля Київської області та підготовка відповідного розділу рукопису. (*Scopus*) (заг. обсяг 0,27 друк. арк., особисто авторці належить 0,06 друк. арк.)

5. **Shevchuk L.**, Bylyna L. Population Characteristics of Molluscs of the Family *Sphaeriidae* (Mollusca, Bivalvia) of Reservoirs and Watercourses in the Northern Right-Bank Polissia of Ukraine (Pripyat Sub-Basin). *Zoodiversity*. 2025. Vol. 59(2). P. 136–147. URL: <https://doi.org/10.15407/zoo2025.02.136> . Авторці належить розробка програми та методики досліджень, аналіз популяційних характеристик молюсків родини *Sphaeriidae*, інтерпретація отриманих результатів та написання тексту статті. (*Scopus*, **Q3**) (заг. Обсяг 0,75 друк. арк., особисто авторці належить 0,50 друк. арк.)

6. **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. Vol. 26(3). P. 330–337. URL: [10.12912/27197050/200365](https://doi.org/10.12912/27197050/200365). Авторці належить концептуалізація дослідження, організація та проведення польових робіт, аналіз стану донної малакофауни басейну р. Прип'ять, узагальнення результатів та формування висновків щодо стійкості водних екосистем. (*Scopus*, **Q3**) (заг. обсяг 0,60 друк. арк., особисто авторці належить 0,40 друк. арк.)

7. **Shevchuk L. M.**, Bylyna L. V., Vasilieva L. A., Herasymchuk O. L., Vakaliuk T. A. Assessment of the distribution and population characteristics of *Musculium lacustre* Müller, 1774 (Mollusca, Bivalvia, Sphaeriidae) in anthropogenically altered aquatic landscapes of the northern right bank of the Dnipro River in Ukraine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1415. 012097. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012097> . Авторці належить постановка мети та завдань дослідження, збір і опрацювання матеріалу, оцінка поширення та популяційних характеристик *Musculium lacustre* в антропогенно змінених водних ландшафтах, а також узагальнення розробка

рекомендації з проведення моніторингу. (*Scopus*) (заг. обсяг 0,40 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)

8. Bilina L., Shevchuk L., Urbańska M. Species composition in assemblages of the family *Unionidae* Rafinesque, 1820 (Mollusca: Bivalvia) as an indicator of ecological changes in water bodies of Central Polissia, Ukraine. *Folia Malacologica*. 2023. № 31(2). P. 83–91. URL: <https://doi.org/10.12657/folmal.031.009>. Авторці належить збір та ідентифікація малакологічного матеріалу на території України, аналіз видового складу угруповань *Unionidae* як індикатора антропогенно індукованих змін водойм Центрального Полісся, участь в інтерпретації результатів та підготовці рукопису. (*Scopus*, Q3) (заг. обсяг 0,46 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)

9. Shevchuk L., Vasilyeva L., Taradajnyk M., Mezhzherin S. Freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) of the Danube River Basin of Ukraine. *Zoodiversity*. 2021. Vol. 55. № 1. P. 41–50. URL: <https://doi.org/10.15407/zoo2021.01.041>. Авторці належить концептуалізація дослідження, організація польових робіт у басейні Дунаю, збір та визначення матеріалу, аналіз видового різноманіття прісноводних двостулкових моллюсків родини *Unionidae* як основи для розробки моніторингу, а також провідна роль у підготовці та написанні рукопису. (*Scopus*, Q3) (заг. обсяг 0,63 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)

10. Шевчук Л. М. Созологічна оцінка поселень перлівницевих як інструмент визначення локалітетів в системі моніторингу екологічної безпеки популяцій *Unio crassus* в Україні. *Екологічні науки*. Київ, 2025. Вип. 6(63). С. 173–182. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.28>. Авторці належить розробка методичних підходів до созологічної оцінки поселень перлівницевих, обґрунтування критеріїв відбору локалітетів для системи моніторингу екологічної безпеки популяцій *Unio crassus*, аналіз та узагальнення отриманих результатів. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,92 друк. арк., особисто авторці належить 0,92 друк. арк.)

11. Шевчук Л. М. Критерії оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі популяційних характеристик *Unio crassus* (Mollusca, Bivalvia, Unionidae). *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. Миколаїв, 2025. № 4 (502). С. 438–446. URL: [https://doi.org/10.15589/znp2025.4\(502\).50](https://doi.org/10.15589/znp2025.4(502).50). Авторці належить розробка та обґрунтування критеріїв оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі популяційних характеристик *Unio crassus*, формування відповідної класифікаційної системи та узагальнення результатів досліджень. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,74 друк. арк., особисто авторці належить 0,74 друк. арк.)

12. Шевчук Л. М., Герасимчук О. Л., Васільєва Л. А., Гальчин М. В. Екологічна безпека басейну Дунаю: координація транскордонних програм моніторингу в Україні. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. Миколаїв, 2025. № 3 (501). С. 272–281. URL: [https://doi.org/10.15589/znp2025.3\(501\).32](https://doi.org/10.15589/znp2025.3(501).32). Авторці належить концептуалізація дослідження, обґрунтування підходів до координації транскордонних програм моніторингу в басейні Дунаю, аналіз стану екологічної безпеки на ділянках українського сектору, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 1,07 друк. арк., особисто авторці належить 0,65 друк. арк.)

13. 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*. Запоріжжя, 2025. № 5. С. 16–23. URL: <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-5-2>. Авторці належить постановка проблеми, організація досліджень впливу бурштинового видобутку на гідрологічний режим та біорізноманіття р. Уборть, аналіз змін

водоутримуючої здатності прилеглих територій, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,56 друк. арк., особисто авторці належить 0,40 друк. арк.)

14. Уваєва О. І., **Шевчук Л. М.**, Алпатова О. М. Впровадження європейських стандартів щодо управління річковими басейнами в Україні у контексті стратегій охорони природи. *Екологічні науки*. Київ, 2025. Вип. 5(62). С. 234–239. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.35>. Авторці належить аналіз європейських стандартів управління річковими басейнами, обґрунтування підходів до їх імплементації в Україні та участь у підготовці рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,67 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)

15. 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*. Київ, 2025. Вип. 2(59). С. 55–61. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.7>. Авторці належить аналіз екологічного стану та стійкості водних об'єктів міста Житомир, оцінка їх гідрографічних особливостей в контексті антропогенного навантаження та участь у підготовці рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,6 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)

16. **Шевчук Л. М.**, Билина Л. В., Васільєва Л. А., Герасимчук О. Л. Молюски родини *Sphaeriidae* (Mollusca: Bivalvia) суббасейну Прип'яті: екосистемний підхід до управління водними ресурсами. *Екологічні науки*. Київ, 2024. Вип. 5(56). С. 60–67. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.8>. Авторці належить концептуалізація екосистемного підходу до дослідження молюсків родини *Sphaeriidae* суббасейну Прип'яті, організація збору та опрацювання матеріалу, обґрунтування практичних рекомендацій щодо управління водними ресурсами, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,69 друк. арк., особисто авторці належить 0,40 друк. арк.)

17. Васільєва Л. А., **Шевчук Л. М.**, Герасимчук О. Л. Передумови виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території Житомирської області. *Екологічні науки*. Київ, 2023. Вип. 6(51). С. 14–17. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.2>. Авторці належить аналіз природних та техногенних чинників виникнення надзвичайних ситуацій на території Житомирської області, оцінка екологічних ризиків для водного середовища регіону та участь у підготовці рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,40 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)

18. **Шевчук Л. М.**, Билина Л. В., Васільєва Л. А. Збереження біорізноманіття нативних двостулкових молюсків України (Mollusca, Bivalvia) як необхідність дотримання вимог оселищної концепції та реалізації стратегії сталого розвитку. *Екологічні науки*. Київ, 2023. Вип. 5(50). С. 153–161. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.22>. Авторці належить обґрунтування необхідності збереження біорізноманіття нативних двостулкових молюсків України в контексті оселищної концепції та стратегії сталого розвитку, розробка відповідних рекомендацій та керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,68 друк. арк., особисто авторці належить 0,40 друк. арк.)

19. **Шевчук Л. М.**, Билина Л. В., Куровська А. Є. Ушкодження твердого тіла перлівницевих і кулькових як чутливий біоіндикаційний показник. *Екологічні науки*. Київ, 2021. № 5(38). С. 111–120. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.5-38.19>. Авторці належить розробка методичних підходів до оцінки ушкоджень твердого тіла перлівницевих і кулькових як біоіндикаційного показника якості водного середовища, збір та опрацювання матеріалу, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,64 друк. арк., особисто авторці належить 0,4 друк. арк.)

20. **Шевчук Л. М.**, Билина Л. В., Бітнер Д. В. Стан популяцій двостулкових молюсків родин *Unionidae* та *Pisidiidae* (Mollusca: Bivalvia) у басейні Случі в умовах загострення екологічної ситуації. *Екологічні науки*. Київ, 2020. Вип. 3(30). С. 192–196. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.32>. Авторці належить постановка мети та завдань дослідження, оцінка стану популяцій двостулкових молюсків родин *Unionidae* та *Pisidiidae* у басейні р. Случ в умовах погіршення екологічної ситуації, оцінка можливості їх використання для моніторингових досліджень, аналіз отриманих даних та керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,48 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)
21. Шелюк Ю., **Шевчук Л.**, Мошківська М. Оцінка якості вод урбанізованих територій за структурою угруповань гідробіонтів. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 76–90. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.3.2023.76-90>. Авторці належить участь в оцінці якості вод урбанізованих територій, аналіз структури угруповань гідробіонтів як індикатора екологічного стану водних об'єктів та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,72 друк. арк., особисто авторці належить 0,45 друк. арк.)
22. **Шевчук Л. М.**, Васільєва Л. А., Тарадайник (Пампура) М. М., Межжерін С. В. Обґрунтування необхідності внесення до Червоної книги України перлівниці *Unio crassus* (Mollusca, Bivalvia, Unionidae). *Біологія та екологія: науковий журнал*. 2019. Т. 5. № 2. С. 32–40. URL: <https://doi.org/10.33989/2414-9810.2019.5.2.194421>. Авторці належить обґрунтування необхідності охоронного статусу *Unio crassus* в Україні, аналіз стану популяцій виду за критеріями Червоної книги, узагальнення даних щодо поширення та чисельності, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,49 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)
23. **Шевчук Л.**, Билина А. Види молюсків родини *Pisidiidae* (Mollusca, Bivalvia) у водоймах та водотоках півночі правобережного Полісся України та характеристика умов їх оселення. *Acta Biologica Ukrainica*. 2022. Вип. 1. С. 41–50. URL: <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2022-1-05>. Авторці належить постановка мети та завдань дослідження, збір і визначення матеріалу, аналіз видового складу молюсків родини *Pisidiidae* та характеристика умов їх оселення у водоймах і водотоках півночі правобережного Полісся у контексті екологічної безпеки водойм, а також провідна роль у підготовці рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,47 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)

В інших наукових періодичних виданнях України:

1. Герасимчук О. Л., **Шевчук Л. М.**, Васільєва Л. А., Кагукіна А. М. Сучасні підходи до управління та відновлення деградованих земель через інноваційні інструменти землеустрою. *Екологічні науки*. Київ, 2025. Вип. 3(60). С. 56–60. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.10>. Авторці належить аналіз екологічних аспектів відновлення деградованих земель, оцінка впливу деградаційних процесів на стан суміжних водних об'єктів та участь у підготовці рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,31 друк. арк., особисто авторці належить 0,09 друк. арк.)
2. Герасимчук О. Л., Кагукіна А. М., **Шевчук Л. М.**, Підвисоцький В. Т. Стан ґрунтових ресурсів Житомирщини в контексті кліматичних змін. *Екологічні науки*. Київ, 2025. Вип. 4(61). С. 206–211. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.42>. Авторці належить участь в оцінці стану ґрунтових ресурсів Житомирської області, аналіз впливу кліматичних змін на ґрунтовий покрив регіону у контексті кліматичних змін та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,46 друк. арк., особисто авторці належить 0,15 друк. арк.)

3. Герасимчук О. Л., Кагукіна А. М., **Шевчук Л. М.**, Васільєва Л. А. Аналіз впливу кліматичних змін на структуру та динаміку природних ландшафтів. *Екологічні науки*. Київ, 2025. Вип. 5(62). Ч. 2. С. 166–169. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.2.27>. Авторці належить участь в аналізі впливу кліматичних змін на динаміку природних ландшафтів, оцінка наслідків кліматичних трансформацій для водних екосистем регіону та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,59 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)
4. Герасимчук О.Л., Мельник-Шамрай В.В., **Шевчук Л.М.**, Васільєва Л.А. Інноваційні підходи до розвитку землеустрою в контексті сталого розвитку територій. *Екологічні науки*. Київ, 2024. Вип. 4(55). С. 202–206. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.33>. Авторці належить участь в обґрунтуванні інноваційних підходів до землеустрою в контексті сталого розвитку територій, оцінка їх впливу на стан природних екосистем, зокрема водних об'єктів, та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,42 друк. арк., особисто авторці належить 0,20 друк. арк.)
5. **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. URL: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2025.1.21>. Авторці належить концептуалізація геосистемного підходу до характеристики р. Тетерів, аналіз природних компонентів та оцінка антропогенного впливу на водну екосистему, узагальнення отриманих результатів та керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,89 друк. арк., особисто авторці належить 0,50 друк. арк.)
6. **Шевчук Л. М.**, Герасимчук О. Л., Васільєва Л. А. Аналіз та оцінка надзвичайних ситуацій, пов'язаних з повеннями в Україні. *Географія та туризм*. 2024. Вип. 76. С. 44–52. URL: <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2024.76.44-52>. Авторці належить постановка мети та завдань дослідження, аналіз та оцінка надзвичайних ситуацій, пов'язаних з повеннями в Україні, обґрунтування підходів до мінімізації їх наслідків для водних екосистем, а також керівництво підготовкою рукопису. (фахове видання категорії Б) (заг. обсяг 0,70 друк. арк., особисто авторці належить 0,45 друк. арк.)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Билина Л. В., **Шевчук Л. М.** Видове різноманіття двостулкових молюсків родини Pisidiidae (Mollusca: Bivalvia) у водоймах та водотоках річки Случ. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку: зб. матеріалів III Міжнар. наук.-практ. конф. (22–23 жовт. 2020 р., м. Херсон)*. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. С. 683–684. Авторці належить участь у зборі та визначенні малакологічного матеріалу, аналіз видового різноманіття Pisidiidae у водоймах і водотоках р. Случ та підготовка відповідних матеріалів до публікації. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,03 друк. арк.)
2. **Шевчук Л. М.**, Куровська А. Є. Оцінка екологічного стану водойм та водотоків басейну Дніпра у межах Житомирської області з використанням власних результатів та музейних даних. *Музейна справа на Житомирщині: історія та сучасність: наук. зб. «Велика Волинь»*. Вип. 60. Бердичів, 2020. С. 337–343. Авторці належить постановка мети дослідження, оцінка екологічного стану водойм і водотоків басейну Дніпра в межах Житомирської області на основі власних польових даних та музейних матеріалів, а також провідна роль у підготовці публікації. (матеріали наукового збірника) (заг. обсяг 0,44 друк. арк., особисто авторці належить 0,30 друк. арк.)

3. **Шевчук Л. М.,** Билина Л. В. Оцінка екологічного стану водойм басейну річки Гнилоп'ять Бердичівщини з використанням двостулкових молюсків. *Бердичівщина в історії України*. Бердичів, 2021. С. 427–431. Авторці належить постановка мети та завдань дослідження, збір і визначення малакологічного матеріалу, оцінка екологічного стану водойм басейну р. Гнилоп'ять із застосуванням двостулкових молюсків як біоіндикаторів, а також провідна роль у підготовці публікації. (матеріали наукового збірника) (заг. обсяг 0,31 друк. арк., особисто авторці належить 0,20 друк. арк.)
4. **Шевчук Л. М.,** Билина Л. В. Біологічне різноманіття двостулкових молюсків родини Перлівницеві (Mollusca: Bivalvia) водойм та водотоків басейну Тетерева Житомирщини. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень – 2021: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. (30 квіт. 2021 р., м. Житомир)*. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 41. Авторці належить постановка мети дослідження, аналіз біологічного різноманіття двостулкових молюсків родини Unionidae у водоймах і водотоках басейну Тетерева Житомирської області та провідна роль у підготовці тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,03 друк. арк., особисто авторці належить 0,02 друк. арк.)
5. Билина Л. В., **Шевчук Л. М.** Ушкодження твердого тіла двостулкових молюсків родини кулькових (Mollusca: Bivalvia: Pisidiidae) як результат негативного впливу навколишнього середовища. *Challenges, Threats and Developments in Biology, Agriculture, Ecology, Geography, Geology and Chemistry: intern. sci. and pract. conf. Lublin, 2021*. Р. 40–44. Авторці належить участь у зборі та опрацюванні матеріалу, аналіз ушкоджень твердого тіла молюсків родини Pisidiidae як індикатора негативного впливу навколишнього середовища та підготовка відповідних матеріалів до публікації. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,31 друк. арк., особисто авторці належить 0,15 друк. арк.)
6. Билина Л. В., **Шевчук Л. М.** Антропогенна трансформація прісноводних екосистем як одна з головних причин зникнення аборигенних двостулкових молюсків. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень – 2023: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. (31 трав. 2023 р., м. Житомир)*. Житомир, 2023. С. 10–11. Авторці належить участь в аналізі закономірностей антропогенної трансформації прісноводних екосистем та її впливу на стан популяцій аборигенних двостулкових молюсків, а також підготовка відповідних матеріалів тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,03 друк. арк.)
7. **Шевчук Л. М.,** Билина Л. В. Молюски родини Pisidiidae (Mollusca: Bivalvia) у річках басейну Прип'яті Житомирського та Волинського Полісся. *Навколишнє середовище для майбутнього через наукову освіту : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (1–2 черв. 2023 р.)*. Ужгород: ПП «АУТДОР-ШАРК», 2023. С. 119–121. Авторці належить постановка мети дослідження, збір та визначення матеріалу, аналіз видового складу молюсків родини Pisidiidae у річках басейну Прип'яті Житомирського та Волинського Полісся, а також провідна роль у підготовці тез. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,13 друк. арк., особисто авторці належить 0,08 друк. арк.)
8. Билина Л. В., **Шевчук Л. М.,** Павлюченко О. Прісноводні двостулкові молюски річок Тетерів та Кам'янка Житомира та їх роль у оцінці стану водного середовища. *Дні науки: зб. тез доп. наук. конф. викладачів та молодих науковців Житомирського державного університету імені Івана Франка (19–20 трав. 2023 р., м. Житомир)*. Житомир: Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2023. С. 270–275. Авторці належить участь у зборі та визначенні малакологічного матеріалу, аналіз ролі прісноводних двостулкових молюсків річок Тетерів та Кам'янка в оцінці стану водного середовища м. Житомир та підготовка відповідних матеріалів тез. (матеріали наукової конференції) (заг. обсяг 0,38 друк. арк., особисто авторці належить 0,13 друк. арк.)

9. Билина Л. В., **Шевчук Л. М.** Оцінка екологічного стану водойм та водотоків Житомирської області з використанням двостулкових молюсків родини Pisidiidae. *Краєзнавство рідного краю: історія та сьогодення : матеріали регіон. наук.-краєзнавч. конф., присвяченої 80-річчю від дня народження М. Ю. Костриці (25 листоп. 2022 р., м. Житомир)*. Житомир, 2022. С. 351–359. Авторці належить участь у зборі та визначенні малакологічного матеріалу, оцінка екологічного стану водойм і водотоків Житомирської області із застосуванням молюсків родини Pisidiidae як біоіндикаторів та підготовка відповідних матеріалів до публікації. (матеріали регіональної конференції) (заг. обсяг 0,56 друк. арк., особисто авторці належить 0,25 друк. арк.)
10. Васільєва Л. А., **Шевчук Л. М.**, Герасимчук О. Л., Пилипчук Н. В. *Небезпеки природного і техногенного характеру на території міста Житомира. Природничі науки: проекти, дослідження, перспективи : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 53–54. Авторці належить участь в аналізі природних та техногенних небезпек на території м. Житомира, оцінка їх потенційного впливу на стан водних об'єктів міста та підготовка відповідних матеріалів тез. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,02 друк. арк.)*
11. Vasilieva L., **Shevchuk L.**, Synytska H., Stepanenko A. Aquatic anthropogenic landscapes of Zhytomyr region as a habitat of bivalve molluscs-bio-indicators. *The Scientific Heritage*. 2024. № 135. Р. 8–11. Авторці належить участь в оцінці антропогенних водних ландшафтів Житомирської області як середовища існування двостулкових молюсків-біоіндикаторів, аналіз їх індикаторного значення для характеристики екологічного стану водних об'єктів та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (заг. обсяг 0,25 друк. арк., особисто авторці належить 0,07 друк. арк.)
12. **Шевчук Л. М.**, Васільєва Л. А., Билина Л. В., Зайонц Т., Зайонц К. Моніторинг прісноводних двостулкових молюсків: виклики та необхідність уніфікації підходів при проведенні досліджень у Європі, у тому числі в Україні (стратегія 2024–2028 роки). *Молюски: результати, проблеми та перспективи досліджень: зб. наук. пр. VII Міжнар. наук.-практ. конф. (2–3 трав. 2024 р., м. Житомир)*. Житомир: Євро-Волинь, 2024. С. 41–44. Авторці належить концептуалізація проблематики уніфікації підходів до моніторингу прісноводних двостулкових молюсків у Європі, обґрунтування стратегічних напрямів досліджень на 2024–2028 роки, організація міжнародної дискусії та керівництво підготовкою рукопису. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,25 друк. арк., особисто авторці належить 0,12 друк. арк.)
13. Невмержицький С. М., Сороченко Д. В., Бойченко Р. О., Жуковська А. О., **Шевчук Л. М.** Доцільність використання нативних двостулкових молюсків як організмів-індикаторів при оцінці стану водних об'єктів України. *Екологічна безпека та раціональне природокористування: тези Всеукр. наук. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених (16 листоп. 2023 р., м. Житомир)*. Житомир: Житомирська політехніка, 2023. С. 137. Авторці належить наукове керівництво роботою, обґрунтування доцільності використання нативних двостулкових молюсків як організмів-індикаторів та консультативна участь у підготовці тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,03 друк. арк., особисто авторці належить 0,01 друк. арк.)
14. Грибінчук В. А., **Шевчук Л. М.** Надзвичайні ситуації воєнного характеру на території України (аналіз за останні 5 років). *Екологічна безпека та раціональне природокористування: тези Всеукр. наук. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених (14 листоп. 2024 р., м. Житомир)*. Житомир: Житомирська політехніка, 2024. С. 126. Авторці належить наукове керівництво роботою, визначення напряму дослідження надзвичайних ситуацій воєнного характеру в Україні та консультативна участь у

підготовці тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,03 друк. арк., особисто авторці належить 0,01 друк. арк.)

15. Гальчин М. В., **Шевчук Л. М.** Раціональне використання водних ресурсів дунайського басейну: міжнародний досвід та практичні механізми реалізації. *Екологічна безпека та раціональне природокористування: тези Всеукр. наук. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених* (14 листоп. 2024 р., м. Житомир). Житомир: Житомирська політехніка, 2024. С. 227–228. Авторці належить наукове керівництво роботою, визначення напрямку дослідження щодо раціонального використання водних ресурсів басейну Дунаю та консультативна участь у підготовці тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,02 друк. арк.)

16. **Шевчук Л. М.**, Шабатин В. О., Васільєва Л. А. Оцінка впливу зміни лісового покриву на баланс парникових газів Житомирщини. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень – 2025: матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф.* (31 трав. 2025 р., м. Житомир). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 101–102. Авторці належить постановка мети дослідження, оцінка впливу динаміки лісового покриву на баланс парникових газів Житомирської області, узагальнення результатів та провідна роль у підготовці тез. (матеріали всеукраїнської конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,03 друк. арк.)

17. Марков М. В., Васільєва Л. А., **Шевчук Л. М.**, Уваєва О. І. Оцінка стану та заходи з оптимізації використання водних ресурсів Коростенського району Житомирської області. *Research in Science, Technology and Economics : collection of scientific papers with proceedings of the 4th Intern. sci. and pract. conf.* (6–8 August 2025, Luxembourg). Luxembourg: International Scientific Unity, 2025. Р. 65–68. Авторці належить участь в оцінці стану водних ресурсів Коростенського району Житомирської області, аналіз підходів до оптимізації їх використання та підготовка відповідних матеріалів рукопису. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,25 друк. арк., особисто авторці належить 0,07 друк. арк.)

18. Vasilieva L., **Shevchuk L.**, Uvaieva O., Herasymchuk O., Havryliuk E. Water resources of Shepetivka district, Khmelnytskyi region: use and conservation. *Annali d'Italia*. 2025. № 69. Р. 11–15. Авторці належить участь в оцінці стану водних ресурсів Шепетівського району Хмельницької області, аналіз підходів до їх раціонального використання та охорони, а також підготовка відповідних матеріалів рукопису. (заг. обсяг 0,31 друк. арк., особисто авторці належить 0,08 друк. арк.)

19. **Шевчук Л. М.**, Строев М. І. Імплементация Водной рамковой директиви в Украине: виклики та реалії. *Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України: зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф.* (22–26 верес. 2025 р., м. Житомир). Житомир: Житомирська політехніка, 2025. С. 26–27. Авторці належить постановка проблеми, концептуальне обґрунтування викликів та реалій імплементації Водної рамкової директиви в Україні, а також наукове керівництво підготовкою тез. (матеріали міжнародної конференції) (заг. обсяг 0,06 друк. арк., особисто авторці належить 0,04 друк. арк.)

20. Янцен Д. С., **Шевчук Л. М.**, Васільєва Л. А. Ландшафтні особливості річки Тетерів. *Збірник матеріалів науково-прикладного семінару, приуроченого до 25-річчя підписання Європейської ландшафтної конвенції*. Київ, 2025. С. 30–32. Авторці належить наукове керівництво роботою, визначення напрямку дослідження ландшафтних особливостей р. Тетерів у контексті Європейської ландшафтної конвенції та консультативна участь у підготовці матеріалів. (матеріали науково-прикладного семінару) (заг. обсяг 0,13 друк. арк., особисто авторці належить 0,04 друк. арк.)

АНОТАЦІЯ

Шевчук Л. М. Методологія створення інтегрованої системи моніторингу прісноводних екосистем на основі технічного регламенту з урахуванням міжнародних стандартів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2026.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми забезпечення екологічної безпеки прісноводних екосистем шляхом розробки методологічних основ інтегрованої системи моніторингу на основі технічного регламенту, гармонізованого з міжнародними стандартами.

За результатами комплексу теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано та обґрунтовано нові наукові положення, висновки та рекомендації, що дозволяють оцінювати та підвищувати рівень екологічної безпеки прісноводних екосистем через стандартизацію підходів до біоіндикаційного моніторингу, розробку інструментів пріоритизації природоохоронних втручань та впровадження інтегрованих управлінських рішень для виконання міжнародних природоохоронних зобов'язань України в умовах євроінтеграції.

Розроблено методологію біоіндикаційної оцінки екологічної безпеки прісноводних екосистем на основі системи популяційно-демографічних показників *U. crassus*: коефіцієнта відновлення (K_r), індексу старіння (I_{aging}), індексу популяційної стійкості (PSI) та коефіцієнта варіації (CV%) з кількісними критеріями для звітності за Статтею 17 Директиви про оселища 92/43/ЄС. Верифікацію проведено на даних 47 локалітетів у восьми річкових басейнах за 1995–2024 рр.

Розроблено індекс соціологічної значущості (IC3) як кількісний інструмент пріоритизації моніторингових територій; ідентифіковано 16 пріоритетних локалітетів, сформовано мережу з 18 моніторингових пунктів. Адаптовано та верифіковано систему багатопараметричної біотопічної оцінки на основі шести груп параметрів середовища. Методами ДЗЗ (Sentinel-2 L2A, індекси NDVI/NDWI/FCD) встановлено причинно-наслідковий зв'язок між незаконним виловом бурштину та зниженням базового стоку річки Уборть вдвічі після 2014 р.

Розроблено методологічні основи і структуру технічного регламенту, гармонізованого з CEN EN 16859:2017, ВРД 2000/60/ЄС та Директивою про оселища 92/43/ЄС. Реалізовано цифровий автоматизований інструментарій (Google Colab/Python) з чотирирівневою градацією стану екологічної безпеки та відповідністю статусам FV/U1/U2. Обґрунтовано триетапну стратегію впровадження системи та її роль у забезпеченні екологічної безпеки України в умовах євроінтеграції.

Ключові слова: прісноводні екосистеми, екологічна безпека, інтегрована система моніторингу, технічний регламент, *Unio crassus*, біоіндикація, демографічний аналіз популяцій, соціологічна значущість, багатопараметрична оцінка біотопів, дистанційне зондування Землі, Водна рамкова директива, Директива про оселища, Стаття 17, стан збереження, цифрова автоматизована модель, річкові басейни України, євроінтеграція.

ABSTRACT

Shevchuk L. M. Methodology for Creating an Integrated Freshwater Ecosystem Monitoring System Based on Technical Regulations Taking into Account International Standards. – Qualifying scientific work as manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 21.06.01 – Ecological Safety. – Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, 2026.

The dissertation addresses the urgent scientific and technical problem of ensuring the ecological safety of freshwater ecosystems through the development of methodological foundations for an integrated monitoring system based on a technical regulation harmonized with international standards.

On the basis of a comprehensive set of theoretical and experimental studies, new scientific propositions, conclusions, and recommendations have been proposed and substantiated. These enable the assessment and enhancement of the ecological safety level of freshwater ecosystems through the standardization of

bioindication monitoring approaches, the development of tools for prioritizing conservation interventions, and the implementation of integrated management decisions to fulfil Ukraine's international environmental obligations under European integration.

A methodology for the bioindication assessment of freshwater ecosystem ecological safety based on a system of population-demographic indicators of *U. crassus* has been developed: recruitment coefficient (Kr), ageing index (I_aging), population stability index (PSI), and coefficient of variation (CV%), with quantitative criteria for Article 17 reporting under Habitats Directive 92/43/EEC. Verification was performed on data from 47 localities across eight river basins of Ukraine over the period 1995–2024.

The Sozological Significance Index (SSI) was developed as a quantitative tool for prioritizing monitoring territories; 16 priority localities were identified and a network of 18 monitoring points was formed. A multi-parameter biotope assessment system was adapted and verified for six groups of environmental parameters. Remote sensing methods (Sentinel-2 L2A, NDVI/NDWI/FCD indices) established a causal relationship between illegal amber mining and a twofold reduction in base flow of the Ubory River after 2014.

The methodological foundations and structure of a technical regulation harmonized with CEN EN 16859:2017, WFD 2000/60/EC, and Habitats Directive 92/43/EEC have been developed. A digital automated tool (Google Colab/Python) with a four-level ecological safety status graduation corresponding to FV/U1/U2 statuses of Article 17 has been implemented. A three-stage implementation strategy (initial, expansion, consolidation) has been substantiated, with its role in ensuring Ukraine's ecological safety under European integration defined.

Keywords: freshwater ecosystems, ecological safety, integrated monitoring system, technical regulation, *Unio crassus*, bioindication, population demographic analysis, sozological significance, multi-parameter biotope assessment, remote sensing, Water Framework Directive, Habitats Directive, Article 17, conservation status, digital automated model, river basins of Ukraine, European integration.

Формат 60х90 1/16 Папір друкарський. Друк офсетний. Гарнітура Time New Roman.
Ум. друк. арк. 1,13. Тираж: 30 примірників. Віддруковано з готових оригіналівмакетів
автора у Державному університеті «Житомирська політехніка» 10005,
Україна, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103