

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертацію **ГАЦЬ Анастасії Костянтинівни**
на тему: **«Програма оцінювання екологічного стану р. Унава
та заходи її відновлення»**,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
зі спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки»

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Дисертацію Гаць Анастасії Костянтинівни виконано на актуальну тему, яка пов'язана із відновленням малих річок. Вартим уваги є те, що малі річки є водними артеріями для середніх та великих річок, які так само постачають воду для різних галузей народного господарства, таких як: аграрне виробництво (зрошення), енергетика, урбанізація (питні потреби), промисловість (забезпечення водою циклу виробництва), рекреація та рибальство, риборозведення та аквакультура. Контроль за якісним станом води та регулюванням річкової системи є актуальними питаннями як на національному (інтегроване управління), так і на регіональному рівнях (підтримка екологічного стану).

За ініціативи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Державним агентством водних ресурсів України розроблено Плани управління річковими басейнами, які передбачають упровадження заходів відновлення річок у межах річкових басейнів та контроль оцінювання головних водних артерій за хімічним та біологічним станами. Проте значної уваги не приділено аспектам відновлення та оцінювання екологічного стану малих річок, підтриманню моніторингових досліджень у межах басейнів малих річок, які б забезпечували контроль за належним екологічним станом системи малих річок.

В Україні існує кілька прикладів, які демонструють ефективність упровадження програм відновлення малих річок. Зокрема, це розроблена КП «Інститут розвитку міст» Концепція розвитку малих річок Вінниці-2035, яка демонструє заходи для відновлення, програму впровадження цих заходів та шляхи фінансування. Іншим прикладом є розроблена на базі Платформи WWF Україна Концепція просторового планування сільськогосподарських угідь у басейнах малих річок, яка демонструє організацію та оптимізацію просторової та вертикальної структури малих річок для збереження та підтримки річкового стоку без впливу на них сільськогосподарської діяльності. Також Київська міська рада із серпня 2024 року розробляє програму ревіталізації міських водойм для збереження близько 70 малих річок та струмків, які перебувають у підземних або наземних колекторах. Проте Концепція оцінювання та відновлення малих річок України державного рівня відсутня, у тому числі відсутні будь-які діючі програми відновлення малої річки Унава. Ця річка, яка протікає Київською та Житомирською областями, є правою притокою річки Ірпінь (територія суббасейну Середнього Дніпра) і виконує екологічну роль водозабезпечення галузей народного господарства.

Сьогодні створення програм відновлення малих річок та належного оцінювання їхнього екологічного стану є актуальним для збереження водних артерій України, підтримання належного біорізноманіття, що потребує наукового обґрунтування та напрацювання значних підходів для врахування комплексних методів оцінки води.

Аналіз змісту дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та рекомендацій, додатків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 179 сторінок. Дисертація містить 21 таблицю, 28 рисунків. У списку використаних джерел 135 найменувань, з них 44 – латиницею.

У **«Вступі»** наведено актуальність дисертації, зв'язок роботи з науковими програмами, науковий апарат, мета та завдання дисертації, наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, ступінь апробації результатів дослідження.

У першому розділі **«Роль річкової системи в управлінні водними ресурсами»** описано роль річок у розвитку держави, структуру управління водними ресурсами в Україні, наведено антропогенні чинники, що впливають на екологічний стан річок та зумовлюють

погіршення її якості, представлено ретроспективний аналіз метеорологічних показників метеорологічних постів спостереження в басейні р. Унава.

У дисертації підкреслено роль великих річок для соціально-економічного розвитку держави, що полягає в забезпеченні соціально-економічного та виробничого сектора водою, захисті й територіальній експансії (річки виконують роль природних коридорів для захисту територій), підтримці сільського господарства в посушливих регіонах для ефективного використання систем зрошення (розвиток землеробства для підвищення врожайності), розвитку торгівлі (експорт річками) та транспорту (водні шляхи). З'ясовано роль малих річок у формуванні водного балансу та соціально-економічного розвитку держави. Зокрема, зазначено, що малі річки є колекторами поверхневого стоку; головними поверхневими артеріями суходолу, що формують водні ресурси, забезпечуючи гідрологічний водний режим; біофондом цінних рослин та тварин – долини річок є концентраторами ландшафтного різноманіття, важливими шляхами міграції рослин і тварин.

Виокремлено основні типи точкових та дифузних джерел забруднення річки. До точкових джерел забруднення віднесено тваринницькі комплекси та стічні води побутового, комунального, виробничого походження (в басейні річки займають до 25 %). До дифузних джерел віднесено сільськогосподарську діяльність, яка є основним чинником біогенного забруднення річки (в басейні річки складає до 75 %).

На основі синтезу (дедукції та індукції) даних наукових джерел літератури, виділено основні екосистемні послуги річкових систем. Зазначено, що річкову систему формують русло та заплава і, відповідно, вони потребують особливої охорони та суттєвого оцінювання. Зазначено, що річкова система надає забезпечувальну, регуляторну та культурну послуги. Забезпечувальна послуга полягає у постачанні високоякісної води в достатній кількості для різних галузей народного господарства, що сприяє економічній стабільності держави. Регуляторна послуга полягає в підтриманні рівня води для мінімізації повеней у районах заплав та мінімізації впливу від ерозійних процесів розораних полів на якісний стан водойми, тим самим підтримуючи біорізноманіття в річковій системі та забезпечуючи екологічну стабільність. Культурна послуга передбачає забезпечення культурно-рекреаційних потреб населення, розвиток екологічного туризму, водних видів спорту, формуючи в населення культурні цінності та підвищуючи в них рівень екологічної свідомості та відповідальності.

У другому розділі «**Умови та методика проведення досліджень**» наведено алгоритм виконання дисертаційного дослідження, включаючи методи оцінки екологічного стану р. Унава за індикаторним підходом.

У розділі проаналізовано умови та місце проведення досліджень. Зокрема, наведено опис 10 точок забору проб води, процедуру пробовідбору з р. Унава, починаючи з витоку річки (1 пункт спостереження), завершуючи гирлом річки, надходженням річки до р. Ірпін (10 пунктів спостереження).

Зроблено опис прогнозованих антропогенних чинників впливу на якісний стан води. Зокрема, виокремлено, що головними чинниками є висока розораність берегів річки з наявністю біля них як присадибних приватних господарств, так і фермерських господарств. Також одним із чинників визначено високу зарегульованість річки, що стало причиною наявності на берегах річок густої рослинності з дерев та чагарників.

Відповідно до розробленого алгоритму дисертації, основну частину поділено на два блоки. Перший блок А представляв аналіз оцінки стану річки за індикаторами якості води (гідрохімічні, біологічні, індикатори сапробності води та токсичності, індикатори водного дефіциту) та виокремлення екологічних, соціальних та економічних ризиків, які можуть вплинути на якість річки та її збереження. Блок Б включав розроблення схеми впровадження заходів з відновлення річкової системи та пропозиції з оцінювання стану річки на основі індикаторного підходу.

У третьому розділі «**Оцінка стану р. Унава за індикаторним підходом**» наведено оцінку екологічного стану р. Унава.

У дисертації встановлено, що р. Унава за катіонним складом належить до прісних вод гідрокарбонатного класу групи кальцію (СН^{Ca}) гіппогалінного І типу, за аніонним складом відповідає І класу та І категорії якості води за сульфатами та загальним умістом

селей у 2024 році дослідження, а також відповідає II (2024 р.) та III (2022 р.) класу якості зі ступенем забрудненості від «слабко забруднені» у 2022 році до «досить чисті» у 2024 році дослідження. За результатами візуального обстеження надводного ярусу річки та прибережної території р. Унава на наявність макрофітів-індикаторів (індикаторна група біологічних показників), дисертантка обґрунтувала, що річка за трофічним статусом належить до мезотрофної, мезоевтрофної та евтрофної, а за типом забруднення – від помірно забрудненої до забрудненої. У розділі описано показники токсичності води, за якими оцінено річку як чисту (I класу та I категорії якості води).

Дисертація включає оцінку екологічного стану води за індикаторною групою показників біогенного забруднення. У роботі з'ясовано, що концентрація біогенних речовин у воді р. Унава (поживних речовин) впливає на якісний стан води річки залежно від потреб її використання та функціонування гідробіонтів (водна екосистема). Зокрема, концентрація азоту нітритного у воді є критичною для водної екосистеми; азоту амонійного – для рекреаційних, господарсько-побутових потреб для питних цілей і водної екосистеми загалом; фосфору – водної екосистеми. Дисертанткою розраховано ступені кореляційного зв'язку між ознаками біогенних речовин та температурою повітря й води, які дали змогу встановити негативну кореляцію (обернену) між температурою повітря та показниками фосфатів ($r=-0,07$), азоту нітратного ($r=-0,69$) та азоту нітритного ($r=-0,10$), а також позитивну кореляцію виявлено між температурою води та мінеральним азотом ($rNH_4^+=0,38$; $rNO_3^-=0,79$; $rNO_2^-=0,46$) і фосфором ($rPO_4^{3-}=0,52$). У роботі проведено розрахунки співвідношення Редфілда (RR), за результатами яких визначено, що у 2022 році досліджень ($RR=29,42-108,64$) лімітуючою біогенною речовиною були іони мінерального фосфору, а йони мінерального азоту знаходилися в надлишку, тобто переважаючим було азотне забруднення водойми з можливим ростом зелених водоростей. У 2024 році ($RR=6,32-18,71$) лімітуючою ознакою були йони мінерального азоту, а йони фосфору в цих умовах перебували в надлишку, тобто переважаючим був тип фосфорного забруднення води з можливим розвитком синьо-зелених водоростей.

У розділі наведено оцінку річки за *індикатором водного дефіциту*. За проведеними розрахунками із врахуванням показника якості – концентрації розчиненого кисню у воді, розраховані індекси водного дефіциту річки для певних категорій риб становили: для окуневих $WSq_{2022}=0,48$ (високий рівень водного дефіциту) та $WSq_{2024}=0,30$ (середній рівень водного дефіциту); для коропових, судака, товстолобика, щуки – індекс водного дефіциту становив $WSq_{2022/2024}=0,30$ (середній рівень водного дефіциту). За розрахованим індексом водного дефіциту з урахуванням показника якості води БСК₅ встановлено, що рівень водного дефіциту є високим ($WSq_{2022}=3,15$, $WSq_{2024}=5,63$).

Розділ включає опис схеми основних ризиків та викликів, які передують погіршенню якості води у річці та створюють загрозу для втрати водної флори й фауни. До економічних ризиків увійшли: відсутність води для зрошення, попри те, що річка має водосховища і поля потребують додаткової води; зниження функціональності водосховищ для риборозведення, оскільки вони є замуленими, якість води за кисневими показниками є непридатною для розведення риб. Екологічні ризики зумовлені, насамперед, наявністю високої розораності прибережних територій та русла річки, а також засміченням та зарегульованістю заплав та русла річки, що негативно впливає на міграційні шляхи флори й фауни, створює загрозу зникнення рідкісних видів біорізноманіття. Соціальні ризики спричинені низьким рівнем володіння екологічними знаннями місцевої громади та недостатнім рівнем знань у місцевій владі щодо впровадження новітніх технологій оцінки, збереження та очищення річки.

Четвертий розділ «**Програма відновлення р. Унава**» включає опис програми відновлення, яка складається із п'яти основних етапів реалізації заходів із відновлення річки, а також заходів щодо оцінювання річки в подальшому для мінімізації впливу різних джерел забруднення на екологічний стан водойми.

До основних заходів із відновлення р. Унава дисертантка віднесла поліпшення гідроморфологічного режиму водойми (перший етап); виявлення та ліквідацію різних бар'єрів як у річці, так і на прибережних зонах (другий етап); укріплення берегів шляхом озеленення їх насадженнями, які мають потужну розгалужену кореневу систему (третій етап); створення

блакитно-зеленої мережі на виокремлених ділянках вздовж берега річки, що дасть можливість контролювати й зберегти санітарно-прибережну зону, підвищити рівень культури місцевого населення (четвертий етап); проведення оцінювання водойми за сезонністю, включно з індикаторним підходом до оцінки стану води, а також враховуючи контролюючі заходи з боку місцевого самоврядування (п'ятий етап).

Висновки є повними, науково-обґрунтованими, вичерпними та чітко систематизують отримані результати дисертаційного дослідження. Достовірність висновків забезпечена застосуванням загальноприйнятих методів статистичного та кореляційного аналізу та обробки експериментальних результатів.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків. Обґрунтованість наукових положень, винесених на захист, визначається індикаторним підходом до оцінювання екологічного стану малих річок, який дозволяє комплексно оцінити якісний стан води, сформулювати чіткі висновки та подальші рекомендації для покращення екологічної ситуації басейну малих річок. Достовірність отриманих результатів забезпечується належним науково-методичним рівнем проведення натурних, лабораторно-аналітичних і математико-статистичних досліджень. Крім того, результати дисертації опубліковано в провідних фахових виданнях та пройшли достатню апробацію на всеукраїнських і міжнародних наукових і науково-практичних конференціях.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна полягає в тому, що дисертанткою вперше розроблено алгоритм оцінювання екологічного стану малої річки за індикаторним підходом та застосовано його до р. Унава, програму відновлення р. Унава для збереження її річкового стоку, гідроморфологічної мережі й підтримання належного екологічного стану річки. Також удосконалено процедуру оцінювання екологічного стану р. Унава для визначення рівня біогенного забруднення за показниками вмісту неорганічного фосфору та мінерального азоту (амонійного, нітратного, нітритного) з визначенням лімітуючої біогенної речовини за використанням стехіометричного співвідношення Редфільда, доповнено відомості про екологічну, соціально-економічну роль малих річок як джерел екосистемних послуг та про антропогенні джерела впливу на р. Унава, причини погіршення якісного стану води.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення полягає в тому, що розроблена програма відновлення р. Унава може бути додатковою базою для подальших моніторингових досліджень у регіональних масштабах. Запропонований алгоритм оцінювання екологічного стану малих річок на основі індикаторного підходу орієнтований на врахування принципів Європейського Зеленого курсу та направлений на досягнення Глобальних Цілей Сталого розвитку (ЦСР 11: Сталий розвиток міст та громад; ЦСР 13: Пом'якшення наслідків зміни клімату; ЦСР 15: Захист та відновлення екосистем суші). Алгоритм буде корисним у разі впровадження принципів інтегрального оцінювання водних ресурсів, у тому числі малих річок.

Повнота викладення матеріалів дослідження в опублікованих працях. За матеріалами дисертації основні результати досліджень опубліковано у 8 наукових працях, з яких 3 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 5 тез наукових доповідей.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У наукових публікаціях та дисертації А. К. Гаць не виявлено порушень академічної доброчесності.

Питання для дискусійного обговорення та зауваження щодо роботи. Оцінюючи в цілому позитивно дисертацію А. К. Гаць, вважаємо за потрібне винести на обговорення наступні питання:

1. Яка функціональна важливість використання співвідношення Редфільда для оцінювання стану річки Унава? Які граничні значення цього показника характеризують біологічну продуктивність водойми?
2. Як розраховано співвідношення точкових та дифузних джерел забруднення річки?
3. Слід було у першому розділі додати дані про кліматичні умови в період проведення дослідження (2022 та 2024 роки).

4. На с. 118–119 наведено величини показників ступеня кореляції між вмістом біогенних речовин (фосфору, мінеральних форм азоту) та температурою повітря і води. Чому в деяких випадках кореляція обернена, а у деяких – пряма? Яке мінімальне значення ступеня кореляції можна вважати доказом наявності тісного (сильного) взаємозв'язку?

5. Які саме заходи чи рекомендації включає блакитно-зелена мережа у Вашій програмі з відновлення річкової системи малої річки (четвертий етап)? Як впровадження блакитно-зеленої мережі саме в прибережних територіях малих річок може вплинути на їхнє відновлення?

У цілому, висловлені зауваження є дискусійними, мають характер уточнень та побажань, а тому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація А. К. Гаць на тему: «Програма оцінювання екологічного стану р. Унава та заходи її відновлення» є завершеною науковою працею, яка містить низку нових, актуальних та достовірних результатів, що свідчать про її складність, систематичність та важливе значення для сфери природничих наук.

Дисертація відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами) і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (із змінами), а її авторка Гаць Анастасія Костянтинівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки».

Офіційний опонент завідувач кафедри сталого природокористування та захисту довкілля Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології імені С. З. Гжицького, кандидат біологічних наук, доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ