

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. Малі річки України як важливі водні об'єкти визначають ландшафтну структуру, формують мікроклімат та відіграють важливу роль у регулюванні водного балансу, збереженні біорізноманіття і підтримці екосистем, забезпеченні господарсько-питних, виробничих, рекреаційних, рибогосподарських потреб, збереженні культурної спадщини тощо. Однак сучасний екологічний стан і рівень антропогенного навантаження в басейнах малих річок обумовлюють ряд проблем, зокрема надмірне зарегулювання стоку, ерозія берегової лінії, евтрофікація, забруднення води органічними, біогенними сполуками і специфічними речовинами токсичної дії, які призводять у більшості випадків до деградації водних об'єктів, і потребують розроблення термінових заходів для їх вирішення.

Тому дисертаційне дослідження А. К. Гаць, пов'язане із моніторингом якості води і розробленням шляхів відновлення малих річок на прикладі р. Унава як на національному (інтегроване управління), так і на регіональному рівнях (підтримка екологічного стану) має незаперечну актуальність.

Зв'язок дисертації з державними чи галузевими науковими програмами. Дисертацію виконано в рамках ініціативної науково-дослідної роботи «Прогнозування стану водних ресурсів Дніпровського басейну України внаслідок антропогенного навантаження» (номер державної реєстрації 0120U101386, виконавець роботи А. К. Гаць).

Аналіз змісту дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. 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. Сформульовано мету та завдання дослідження, подано методiku дослідження та наведено наукову новизну й ступінь апробації результатів дослідження.

У першому розділі **«Роль річкової системи в управлінні водними ресурсами»** наведено теоретико-методичний аналіз вітчизняних та міжнародних науковців з проблеми дослідження, їхній внесок у вирішенні питань з відновлення малих річок. Подано ретроспективний аналіз кількості річок в Україні з 1940 по 2020 роки, який показав динамічно

строкату зміну їхньої кількості, що зумовлено наявністю антропогенних чинників (інтенсивне використання великих річок у народному господарстві, розораність прибережних зон малих річок) та змін клімату (підвищені температурні режими, інтенсивні опади). Описано значення великих й малих річок у соціально-економічному розвитку держави, які направлені на забезпечення соціальної (захист і експансія – підвищення свідомості громади), екологічної (забезпечення галузей землеробства в посушливих умовах водою) та економічної складової держави (річки як водні шляхи). Наведено структуру управління водними ресурсами, яка включає басейнові ради та територіальні органи Державного агентства водних ресурсів України.

Проаналізовано вплив точкових і дифузних джерел забруднення на екологічний стан малих річок. Описано ефект впливу стічних вод на річкову систему, що включає зміну температурного режиму (впливає на швидкість росту фітопланктону, мікрофітів, епіфітів, що робить прісноводні екосистеми чутливими до підвищення температури), зміна розчиненого кисню у прісноводній екосистемі (гіпоксія риби), надходження фармацевтичних речовин, поживних речовин, важких металів у річки (погіршення якості води). Наведено чинники впливу внаслідок сільськогосподарської діяльності на стан річок, негативний вплив яких проявляється у підвищенні мінералізації води, зниженні придатності води, замуленні річок, зміні течій, зменшенні біорізноманіття річок.

Зроблено ретроспективний аналіз змін температурного режиму протягом 1970–2023 рр. на метеорологічних станціях Київ, Біла Церква, Фастів, Бориспіль. Встановлено, що протягом цього часу температура повітря зросла на +1,8 °C.

На основі синтезу даних наукових джерел літератури виділено і охарактеризовано основні екосистемні послуги річкових систем, зокрема забезпечувальну, регуляторну та культурну.

У другому розділі **«Умови та методика проведення досліджень»** наведено алгоритм виконання дисертаційного дослідження, який включав на початковому етапі пошук літературних джерел щодо внеску науковців у даному питанні, на наступному етапі – виконання дисертаційного дослідження за блоком А та Б. Описано місце та умови проведення дослідження, конкретизовано місця забору проб води р. Унава. Описано розроблений автором алгоритм (методологія) оцінювання екологічного стану р. Унава за індикаторними групами показників.

У третьому розділі **«Оцінка стану р. Унава за індикаторним підходом»** наведено оцінку екологічного стану р. Унава в осінній період 2022 і 2024 років за виокремленими шістьма індикаторними групами. Встановлено клас, тип і групу води р. Унава, а також зміну її сольового складу за індикаторною групою гідрохімічних показників; рівень органічного забруднення річки за індикаторною групою показників сапробності води; трофічний статус

річки за індикаторною групою біологічних показників за макрофітами; тип переважаючого забруднення (точковий, дифузний, з переважаючим фосфорним або азотним забрудненням) за індикаторною групою показників біогенного забруднення; рівень безпечності річки за індикаторною групою токсичності води; умови функціонування водних організмів і доступність необхідної кількості якісної води для різних видів водокористування за індикатором водного дефіциту.

Визначено, що вода р. Унава в цілому є прісною гіпогалінною, гідрокарбонатного класу групи кальцію другого типу, зі ступенем забрудненості за сольовим складом від «відмінної» до «слабко забрудненої» (I–III класи якості); за сапробністю – від полідо гіперсапробної («брудна» вода); з переважаючим евтрофним трофічним статусом із типом забруднення від «помірно забруднених» до «забруднених» вод; безпечною за вмістом токсичних показників (свинець, цинк, кадмій, мідь, залізо). Встановлено, що концентрація азоту нітритного у воді є критичною для водної екосистеми (III–V класи якості); азоту амонійного – для рекреаційних, господарсько-побутових потреб (перевищення нормативів, листопад 2024 р.), для питних цілей (III–IV класи якості) і водної екосистеми загалом (IV–V класи якості); фосфору – водної екосистеми (V класом якості у 2024 р.). Визначено, що за стехіометричним співвідношення Редфільда (RR) за формами йонів азоту й фосфору в р. Унава переважаючим типом забруднення в 2022 році було азоте ($RR=29,42-108,64$), у 2024 році – фосфорне ($RR=6,92-18,71$). При цьому в басейні р. Унава переважаючими джерела надходження біогенних речовин є дифузні (із прибережних розораних сільськогосподарських ділянок); серед точкових – стічні води комунальних і виробничих підприємств у районі м. Фастів. Визначено, що рівень водного дефіциту р. Унава із врахуванням показника якості БСК₅ був високим протягом всіх періодів дослідження ($WSq_{2022}=3,15$, $WSq_{2024}=5,63$); рівень водного дефіциту з урахуванням показника якості вмісту розчиненого кисню був від середнього до високого рівня у 2022 р. ($WSq=0,30-0,48$), та середнього рівня у 2024 р. для всіх видів риб ($WSq=0,30$).

Підсумовуючи результати оцінки стану р. Унава за індикаторними групами показників якісного стану води, була сформована і охарактеризована схема основних ризиків (економічних, екологічних і соціальних) та викликів, які передують погіршенню якості води у річці та створюють загрозу для втрати водної флори й фауни.

Четвертий розділ «Програма відновлення р. Унава» включає опис схеми з впровадження заходів з метою відновлення річкової системи та забезпечення стабільного екологічного стану річки, пропозиції до програми проведення моніторингових досліджень малих річок. Наведений детальний опис п'яти етапів схеми заходів відновлення малої річки.

Висновки, наведені в дисертації А. К. Гаць, є повними та систематизують отримані результати дисертаційного дослідження. Достовірність висновків забезпечена великим

масивом даних з достатньою повторюваністю, застосуванням загальноприйнятих методів статистичного та кореляційного аналізу та обробки експериментальних результатів.

Список використаних джерел містить 135 найменувань, з них 44 – латиницею. Список оформлено згідно з вимогами та загалом представляє публікації українських та іноземних авторів з досліджуваної тематики.

Додатки до дисертації викладено на 10 сторінках. Таблиці додатків оформлено відповідно до вимог, доповнюють і додатково обґрунтовують отримані результати і висновки.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків. Обґрунтованість наукових положень і висновків, наведених у дисертації, визначається комплексним аналізом екологічних проблем малих річок, пов'язаних з їхніми аспектами відновлення та збереження. Достовірність отриманих результатів забезпечується належним науково-методичним рівнем проведення натурних, лабораторно-аналітичних і математико-статистичних досліджень. Висновки повністю відповідають завданням досліджень, сформульовані логічно і аргументовано на основі отриманих результатів, тому є достовірними.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що авторкою вперше розроблено алгоритм оцінювання екологічного стану малої річки за індикаторним підходом та застосовано його до р. Унава, який дав можливість визначити переважаючий тип забруднення річки (точковий чи дифузний), встановити трофічний статус та ступінь сапробності води, обґрунтувати індикаторний показник водного дефіциту для прогнозу доступності необхідної кількості якісної води для різних видів водокористування.

Розроблено програму відновлення р. Унава для збереження її річкового стоку, гідроморфологічної мережі й підтримання належного екологічного стану річки.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблена програма відновлення р. Унава може бути додатковою базою для подальших моніторингових досліджень у регіональних масштабах, а також бути прикладом для подальшого розроблення Концепції ревіталізації малих річок Київської області та інших регіонів України. Також програма може бути одним з інструментів для розроблення проєкту відновлення р. Унава на державному рівні. Розроблена програма відновлення р. Унава носить рекомендаційний характер для басейнової ради суббасейну Середнього Дніпра та територіальних органів Житомирської та Київської областей, а також для місцевих органів влади.

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 категорії «Б» 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, вважаю за потрібне винести на обговорення наступні питання:

1. Потребує доповнення «Перелік умовних позначень і скорочень». Варто було навести аббревіатуру термінів, які часто зустрічають в тексті, та їх розшифрування для запобігання плутанини. Наприклад, БСК₅.

2. Необхідно було б привести назви термінів, які в тексті зустрічаються в різних редакціях (наприклад: процентне насичення води киснем – % насичення – насичення води киснем; БСК₅ – біохімічне споживання кисню – біологічне споживання кисню; індикаторна група токсичності водойми – індикаторна група токсичності води – індикаторна група показників важких металів тощо) у відповідність до нормативних вимог.

3. У розділі 1 «Роль річкової системи в управлінні водними ресурсами» бажано було ширше розкрити природні характеристики і антропогенні умови функціонування саме басейнів малих річок України.

4. Додатково до опрацьованих літературних джерел бажано було звернути увагу на результати досліджень вчених Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем (ТДВ УНДІВЕП), Інституту водних проблем і меліорації НААН України, НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП) у сфері управління водними ресурсами басейнів малих річок.

5. У підрозділі 1.5 «Кліматичні зміни та коливання кількості опадів» варто було б врахувати результати досліджень С. Сніжка, О. Шевченка, Ю. Дідовця щодо прогнозу впливу кліматичних змін на водні ресурси в цілому і малих річок зокрема.

6. У підрозділі 2.1 «Місце та умови проведення досліджень» рекомендовано навести більше інформації про водний об'єкт, на якому проводилися дослідження – р. Унава, зокрема щодо її фізико-географічних, кліматичних, гідрологічних, геоморфологічних, гідрохімічних характеристик тощо.

7. Авторці варто було надати координати точок відбору проб води, або хоча б їх відстань від гирла для більш чіткого уявлення про моніторингові дослідження в регіоні.

8. У другому розділі в таблиці 2.2 і третьому розділі в таблицях 3.1 і 3.2 результати оцінювання якості води пропонують представляти у відповідному кольорі залежно від класу і категорії якості, що є дуже зручним для розуміння. Однак варто було б використовувати не власно створену кольорову гаму, а спеціально розроблену на основі вимог Директиви 2000/60/ЄС і представлену в «Методиці картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води».

9. Бажано було б більш змістовно обґрунтувати роль індикаторної групи гідрохімічних показників якості води.

10. Авторці у підрозділі 3.1 «Оцінка за індикаторною групою гідрохімічних показників» слід було подати результати вимірювання показників сольового складу в однаковому вигляді в таблицях 3.1, 3.2, додатку Г, на рисунку 3.1 і в тесті (без заокруглень).

11. Викликають питання значення показників індикаторної групи показників токсичності води, насамперед, заліза, міді і цинку. Згідно даних державного моніторингу, середньорічний вміст заліза у воді р. Унава вище м. Фастів становить до 600 мкг/дм³, міді – до 30 мкг/дм³, цинку – до 50 мкг/дм³. За результатами досліджень авторки ці показники становлять: залізо – 0,002–0,227–0,891 (в 2022 р.) і 0,187–0,962 (в 2024 р.) мкг/дм³; мідь – 0,002–0,004 (в 2022 р.) і 0,018–0,3172 (в 2024 р.) мкг/дм³; цинку – 0,001–0,2314 (в 2022 р.) і 0,0098–1,118 (в 2024 р.) мкг/дм³. Чим обумовлена подібна різниця?

12. Бажано було надати висновки щодо зміни якості води від витoku до гирла для встановлення найбільш проблемних ділянок водного об'єкту з метою розроблення відповідних водоохоронних заходів.

13. У підрозділі 4.1 «Схеми впровадження заходів з відновлення» до аналізу комплексних підходів з оцінювання і відновлення басейнів малих річок рекомендовано включити також розробки А. В. Яцика, Л. Б. Бишовець, А. П. Чернявської щодо нормування антропогенного навантаження з метою оздоровлення річкового басейну («Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України»).

14. Висновки дисертації варто було б зробити менш об'ємними, не повторюючи дослівно результати, які вже наведені у тексті.

15. В тексті дисертації зустрічаються окремі орфографічні, стилістичні та друкарські помилки.

В цілому, висловлені зауваження є дискусійними, мають характер уточнень та побажань, а тому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційного дослідження, яке є цілісною та завершеною науковою працею з чітко сформульованою і успішно реалізованою метою.

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 старший науковий співробітник відділу сорбції і біології
очистки води Інституту колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського
Національної академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук Інна
ЄЗЛОВЕЦЬКА**