

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри екології агросфери та екологічного контролю
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
кандидата сільськогосподарських наук, доцента **ЛАДИКИ Марини Миколаївни**
на дисертацію **КУРОВСЬКОЇ Анни Василівни** на тему:
«Інтегральне оцінювання екологічного стану води Київського водосховища»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
зі спеціальності 101 «Екологія»
з галузі знань 10 «Природничі науки»

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Дисертація Анни Куровської присвячена інтегральному оцінюванню водних ресурсів на прикладі Київського водосховища.

Водосховища нерозривно пов'язані з природою та господарством країн, де вони побудовані й відіграють важливу роль у житті населення. Завдяки ним відбувається регулювання стоку та боротьба із повеннями, виробництво електроенергії, забезпечення потреб іригації та водного транспорту. Сьогодні вони є основним джерелом водопостачання (як комунального, так і промислового) при дуже обмежених придатних для використання об'ємах підземних вод. Окрім того, акваторії водосховищ використовуються в різних цілях, а саме: для рибальства, спорту, рекреації, судноплавства тощо.

Також в останні десятиліття спостерігається зміна клімату, яка безпосередньо впливає на річковий стік, а також водний та температурний режими водних об'єктів. Зокрема, С. І. Сніжко та ін. (2021) зазначають, що протягом ХХІ ст. в Україні водний стік зменшиться на 25–50 %. В умовах посиленого антропогенного навантаження це призведе до погіршення кількісних і якісних характеристик більшості природних і антропогенно трансформованих водотоків.

Сьогодні у науковій літературі зустрічається значна кількість публікацій, які розкривають питання зміни клімату та погіршення якості водних ресурсів в умовах сучасного антропогенезу. Особливу увагу слід приділити водосховищам, які є унікальними екосистемами й поєднують як річкові, так і озерні характеристики. Більшість великих водосховищ України, які були збудовані в 50–70-ті рр. минулого століття, нині переживають стадії зрілості, а подекуди і старіння. При стадії зрілості припиняються бурхливі процеси, відбувається стабілізація берегів, ложа, водних і наземних екосистем. А на стадії старіння – спостерігаються процеси заболочування, накопичення твердих наносів і замулювання водойм та пов'язані з цим деградаційні зміни в рослинних і тваринних угрупованнях.

Водосховища є ключовими водними об'єктами, які забезпечують різні галузі економіки доступною прісною водою. Тому оцінка їх якісних і кількісних показників нині відіграє важливу роль для подальшого управління з урахуванням європейських підходів та збалансованого розвитку цих екосистем.

У своїй роботі Анна Куровська здійснила оцінювання якості води Київського водосховища як джерела для різних видів водокористування та водної екосистеми та розрахунки індикатора водного дефіциту з огляду на різні види водокористування та якість води, що дає можливість прогнозувати водні проблеми для певних видів водокористування за попитом і пропозицією.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації. Дисертація Анни Куровської містить нові результати щодо алгоритму інтегральної оцінки водних ресурсів за критеріальним підходом з урахуванням різних видів водокористування. Його апробовано для умов водойми Київського водосховища. Зокрема, виділено найважливіші критерії для кожного з видів водокористування: для водної екосистеми в цілому, господарсько-побутового призначення, риборозведення та іригаційного (зрошення).

Авторкою здійснено сезонну оцінку якісного стану Київського водосховища та встановлено кореляційні зв'язки між гідрохімічними показниками якості води і метеорологічними даними в період відбору проб води. Кореляційний аналіз засвідчив, що концентрація розчиненого кисню у воді має обернений кореляційний зв'язок із температурою повітря ($r=-0,93$), температурою води ($r=-0,48$) та сумарною кількістю опадів ($r=-0,94$). Встановлено, що при підвищенні температури повітря, концентрація розчиненого кисню зменшується. Виявлено сильний кореляційний зв'язок між температурою повітря та показниками вмісту сполук азоту амонійного, нітритного, фосфатів. Достовірність отриманих результатів підтверджена статистичною обробкою. В подальшому ці достовірні дані лягли в основу обґрунтування процесів антропогенної евтрофікації у водоймі.

У своїй роботі Анна Куровська удосконалила Європейську методику розрахунку інтегрального індикатора водного дефіциту (WSq) відповідно до умов дослідження та розрахувала його для Київського водосховища. Виявлено, що водойма Київського водосховища може задовольнити вимоги для сільського господарства (як зрошення) та господарсько-питних потреб, проте – не може справитися із власною системою самоочищення, посилюючи процеси евтрофікації.

В роботі суттєво доповнено відомості про точкове та дифузне забруднення Київського водосховища шляхом аналізу і синтезу офіційно опублікованих даних. В подальшому вони були використані для розроблення науково-методичних рекомендації для інтегрального оцінювання якості природних вод для різних видів водокористування за використання моделі DPSIR.

Таким чином, дисертація Анни Куровської є першим прикладом застосування інтегральної оцінки екологічного стану водних ресурсів водосховищ, що базується на критеріальному підході.

Всі результати достовірні та належним чином науково обґрунтовані. Застосовано сучасні методи досліджень, що показали свою ефективність у попередніх дослідженнях інших авторів. Висновки підкріплені статистичною обробкою первинних даних, які в подальшому було використано для обрахунку екологічних індексів, оцінювання якості води для іригаційних потреб, індексу якості води WQI та водного стресу.

Аналіз структури і змісту дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, науково-методичних рекомендацій, додатків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 237 сторінок. Дисертація містить 31 таблицю, 29 рисунків, додатки. У списку використаних джерел 186 найменувань, з них 57 – латиницею.

У **«Вступі»** обґрунтовано актуальність обраної тематики в контексті інтегрованої оцінки якості води та водного дефіциту на прикладі Київського водосховища для різних видів водокористування. Наведено зв'язок із поточними науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та завдання дослідження, подано короткий огляд застосованих методів. Також наведено відомості щодо наукової новизни, ступеню апробації результатів дослідження та публікацій.

У першому розділі **«Екологічні проблеми водних ресурсів басейну річки Дніпра»** детально проаналізовано сучасні екологічні проблеми дніпровського водного басейну. Наведено інформацію щодо головних причин погіршення стану водних ресурсів, причинно-наслідкові зв'язки забруднення біогенними елементами басейну річки Дніпро. З'ясовано основні три шляхи надходження різних хімічних елементів до водойми Київського водосховища.

У другому розділі **«Умови проведення досліджень»** представлено схему наукового дослідження, схематичне зображення пунктів спостереження та методологію дослідження. Проаналізовано гідрологічні та гідробіологічні умови Київського водосховища.

Третій розділ **«Матеріали та методи дослідження»** розкриває алгоритм інтегральної оцінки Київського водосховища за критеріальним підходом для різних видів водокористування. Куровською Анною обґрунтовано п'ять основних етапів даної оцінки, чотири з яких базуються на оцінюванні якісного стану водойми (якісний показник стану водойми для конкретного користування), а п'ятий етап – на оцінюванні кількісного стану – індикатора водного дефіциту для видів водокористування. Автором розкрито методики, які було використано для аналізу оцінки якості води, що враховують різні критерії оцінки (екологічні, гігієнічні, рибогосподарські та іригаційні). Деталізовано параметри і критерії, за якими здійснюється оцінка якості води. Проаналізовано методику розрахунку інтегрального індикатора водного дефіциту (WSq) та здійснено її адаптацію до українських реалій та умов Київського водосховища. Інтерпретація результатів WSq дозволяє оцінити,

до якого виду водокористування найбільше придатний водний об'єкт та показує необхідну кількість якісної води для певного сектору. Куровською Анною запропоновано враховувати по одному ключовому показнику якісного стану для оцінки води для відповідної потреби й зазначено, що в залежності від цілей оцінювання кількість показників якісного стану води може бути збільшена.

У четвертому розділі «**Оцінювання якості води як джерела для різних видів водокористування та водної екосистеми**» проаналізовано сезонну оцінку стану якості Київського водосховища за гідрохімічними показниками протягом чотирьох сезонів: літо 2021 р. (III декада 2021 р.), осінь 2021 р. (IV декада 2021 р.), зима 2022 р. (I декада 2022 р.), весна 2022 р. (II декада 2022 р.). Представлено детальний перелік показників, які досліджувалися – водневий показник (рН); лужність (вміст гідрокарбонат-іонів HCO_3^-), вміст розчиненого кисню, концентрацію мінеральних форм азоту (амонійного N-NH_4^+ , нітритного N-NO_2^- , нітратного N-NO_3^-), вміст фосфатів (PO_4^{3-}), сухий залишок. Здійснено кореляційний аналіз між усередненими сезонними величинами гідрохімічних показників якості води та температурою повітря, температурою води, кількістю опадів.

Авторкою оцінено якість Київського водосховища для водної екосистеми та водних біоресурсів з використанням екологічного індексу (I_E) за показниками сольового складу, трофо-сапробіологічними показниками та показниками специфічної токсичної дії. Встановлено, що за загальним екологічним індексом (I_E) вода Київського водосховища відноситься до III класу якості 4 категорії за середніми значеннями ($I_{E\text{ср.}}=3,83$) та до 5 категорії за максимальними значеннями ($I_{E\text{макс}}=5,38$) й характеризується від «слабко забрудненої» до «помірно забрудненої», що відповідно створює незадовільні умови для безпечної життєдіяльності водних організмів.

Досліджено якість водойми Київського водосховища для рибогосподарських цілей за екологічним індексом (I_E), враховуючи ефект спільної дії з лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ). Для потреб рибного господарства розрахований екологічний індекс становить $I_{E\text{ср.}} 4,56$, що відповідає VI класу якості води з 6 категорією, визначаючи її як «погану» за станом та за ступенем забруднення як «брудну». За максимальними значеннями екологічного індексу $I_{E\text{макс}} 6,88$ водойма відноситься до VI класу якості води з 6 категорією, а її якісний стан характеризується як «поганий» та ступінь забруднення як «брудна». Зазначено, що ключовим показником, який погіршує якість води та впливає на функціонування і розмноження риб є концентрація розчиненого кисню у воді.

Проведено відповідні розрахунки оцінки якості води для зрошення (для потреб сільського господарства) за агрономічними та екологічними групами показників. Виокремлено, що ключовим показником якості води, який може спричинити погіршення родючості ґрунтів та вплинути на якість сільськогосподарської продукції після використання

даної води для поливу сільськогосподарських культур – є загальний вміст солей (мінералізація).

Проведено розрахунки за індексом якості води (WQI) для питних та культурно-побутових цілей. Встановлено, що якість води Київського водосховища в цілому оцінюється як низька.

Автором здійснено розрахунки індикатора водного дефіциту (WSq) для Київського водосховища. Рівень дефіциту доступної якісної води для самої водної екосистеми (WSq=14,39) є дуже високим, а для риб (WSq=0,67) – середнім. Для сільського господарства (зрошення) та господарсько-побутових цілей – рівень дефіциту води є низьким з WSq=0,02–0,05. Зазначено, що рівень забруднення водою призупиняє (гальмує) природні процеси у водній екосистемі до самоочищення.

Висновки наведені в дисертації Анни Куровської є вичерпними та чітко систематизують отримані результати. Достовірність висновків забезпечена широким географічним охопленням, великим масивом даних, повторностями та застосуванням адекватних методів статистичного аналізу.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Отримані Анною Куровської результати можуть бути використані, як для подальших моніторингових досліджень Київського водосховища, реалізації положень Водної стратегії України на період до 2050 року, так і в науково-педагогічній діяльності.

Авторкою запропоновано включити до інтегральної оцінки якості води індикатор водного дефіциту. Останній дає змогу оцінити водозабезпеченість певного об'єкту для відповідних галузей економіки з урахуванням якісних характеристики водоюми. Це надасть можливість, враховуючи якісні та кількісні характеристики водного об'єкта, спрогнозувати можливість його збалансованого використання для різних потреб.

Проведене дослідження надало можливість систематизувати відомості щодо точкового й дифузного забруднення Київського водосховища, а також впливу воєнних дій на зміну якісних показників води. В подальшому це може стати науковим підґрунтям для подальшого розроблення методів екологічної оцінки стану природних поверхневих вод України та основою для забезпечення реалізації принципів Європейського Зеленого Курсу та Глобальних Цілей Сталого Розвитку.

Результати, отримані в рамках виконання дисертаційного дослідження доцільно використовувати у ЗВО для підготовки екологів у навчальних курсах: «Моніторинг довкілля», «Збалансоване природокористування («Green Deal»), «Управління природними ресурсами» (ОС «Магістр»).

Повнота викладення матеріалів дослідження в опублікованих працях.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 19 наукових праць, з яких стаття у періодичному науковому виданні, включеному до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або у закордонному виданні, проіндексованому у базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 8 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 10 тез наукових доповідей.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У наукових публікаціях та дисертації Анни Куровської не виявлено порушень академічної доброчесності.

Питання для дискусійного обговорення та недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення. Оцінюючи позитивно дисертацію Анни Куровської, вважаємо за потрібне винести на обговорення наступні питання:

1. У розділі 1 варто було б додати коротку характеристику методик інтегрального оцінювання якості води, які наразі існують в Україні та ЄС, описавши їхні недоліки та переваги, причини обмеженості використання.

2. За яким джерелом наведено оцінювання співвідношення дифузного та точкового джерел забруднення на рис. 1.1?

3. В цілому, яким чином можна ідентифікувати характер джерела забруднення – точкового чи дифузного типу (висновки до розділу 1)?

4. Який, на Вашу думку, повинен бути механізм збору та обробки даних відповідних моніторингових досліджень якості води, з подальшою інтегральною оцінкою за Вашою методикою? Чи можливо при цьому використати можливості Big Data аналізу?

5. У розділі 4.7 варто було б додати результати оцінювання інтенсивності евтрофікації на основі розрахунку співвідношення Редфільда, так як моніторингові дані містять необхідні для цього результати аналізу вмісту тих біогенних речовин (форм мінерального азоту та фосфору), що дозволить дати кількісну оцінку цього явища та спрогнозувати механізм виникнення.

Озвучені зауваження та питання не применшують загальної позитивної оцінки роботи Анни Куровської і є радше побажаннями для майбутнього розвитку досліджень авторки.

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація Анни Куровської на тему: «Інтегральне оцінювання екологічного стану води Київського водосховища» 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 Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 261 від 23 березня 2016 року (із змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 283 від 03 квітня

2019 року, № 502 від 19 травня 2023 року та № 507 від 03 травня 2024 року), наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 759 від 31 травня 2019 року) 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, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 року, № 502 від 19 травня 2023 року та № 507 від 03 травня 2024 року), а її авторка, Куровська Анна Василівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки».

Рецензент доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Марина ЛАДИКА