

## РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри екології агросфери та екологічного контролю  
Національного університету біоресурсів і природокористування України,  
кандидата педагогічних наук, доцента **СТРОКАЛЬ Віти Петрівни**  
на дисертацію **НЕСТЕРОВОЇ Катерини Андріївни** на тему:  
**«Вдосконалення методів аналітичного контролю ксенобіотиків  
у водних екосистемах та продукції рослинництва»**,  
подану на здобуття ступеня доктора філософії  
зі спеціальності 102 «Хімія»  
галузі знань 10 «Природничі науки»

**Актуальність теми дисертаційного дослідження.** Дисертація Катерини Нестерової зосереджена на дослідженні актуальної проблеми забруднення навколишнього середовища ксенобіотиками, зокрема на визначенні фізико-хімічних параметрів процесу аналізу продукції рослинництва та водних об'єктів. Дослідження має як теоретичне, так і практичне значення, оскільки забруднення токсичними речовинами створює серйозні ризики для екологічної безпеки та здоров'я людини.

Сучасні екологічні виклики зумовлюють необхідність системного підходу до оцінки забруднення навколишнього середовища, оскільки токсичні речовини можуть мігрувати між екосистемами, впливаючи на якість води та продукції рослинництва. Особливу загрозу становлять ксенобіотики – синтетичні та природні сполуки, які не входять до природних біогеохімічних циклів і можуть мати негативний вплив на живі організми. Водночас, важкі метали (Pb, Cd, Hg, As, Cr та ін.) є стійкими забруднювачами, які накопичуються у водних об'єктах та не піддаються природному розкладу.

Інтенсивна антропогенна діяльність, включаючи промислові викиди, сільсько-господарське використання пестицидів і добрив, а також побутові та промислові стічні води, сприяє зростанню концентрації цих речовин у водоймах, що, своєю чергою, посилює їхній перехід у ґрунти та рослинні організми. Це створює значні ризики для екологічної безпеки та продовольчої якості, оскільки важкі метали можуть змінювати біодоступність і токсичність органічних забруднювачів, а також впливати на мікробіологічні та біохімічні процеси у довкіллі.

З метою контролю та регулювання рівня забруднення водних ресурсів у країнах Європейського Союзу діють Рамкова водна директива (2000/60/EC) та Директива про стандарти якості навколишнього середовища (2008/105/EC, 2013/39/EU), які передбачають моніторинг 45 пріоритетних речовин, серед яких важкі метали, пестициди, поліароматичні вуглеводні (ПАВ) та інші токсичні сполуки. Однак реальний екологічний стан водних об'єктів свідчить про необхідність удосконалення методів контролю забруднень, враховуючи їхню можливу взаємодію та кумулятивний вплив.

У цьому контексті актуальним є дослідження фізико-хімічних властивостей ксенобіотиків, їхньої взаємодії з іншими забруднювачами та вдосконалення методів

екстракції та ідентифікації. У дисертації здійснено ґрунтовний аналіз існуючих методик, проведено експериментальні дослідження та валідацію розроблених методів, що дозволяє підвищити ефективність виявлення забруднювачів у різних екологічних об'єктах.

Варіативність хімічного складу природних і техногенних середовищ потребує постійного вдосконалення аналітичних підходів, що дозволить адаптувати контрольні методики до сучасних викликів агропромислового комплексу та забезпечити відповідність європейським регламентам. Отримані результати сприятимуть підвищенню точності визначення ксенобіотиків, оптимізації ресурсних витрат та впровадженню ефективних заходів для збереження екологічної рівноваги.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації.** Методологічна основа дослідження є цілісною та побудована на використанні сучасних аналітичних підходів, зокрема атомно-емісійної спектрометрії, газової та рідинної хроматографії, що забезпечує високу аналітичну точність і відтворюваність результатів. У роботі проведено експериментальну оцінку рівнів забруднення, запропоновано інноваційні рішення для екстракції ксенобіотиків і вдосконалено етапи пробопідготовки в методиках хімічного аналізу, що є значущим внеском у розвиток систем аналітичного контролю екологічної безпеки.

Дисертація має чітку та логічну структуру, що дозволяє послідовно розкрити зміст дослідження. Виклад матеріалу відзначається науковою аргументованістю, опорою на актуальні літературні джерела та результати власних експериментальних досліджень. Наукові положення, що містяться в роботі, було апробовано та опубліковано у фахових виданнях, що засвідчує їхню достовірність і актуальність.

**Аналіз структури і змісту дисертації.** Дисертація викладена на 165 сторінках та включає: анотацію, вступ, огляд літератури, матеріали та методи виконання роботи, результати власних досліджень, висновки, список використаних джерел. Робота ілюстрована 35 таблицями та 17 рисунками. Список літератури містить 106 джерел.

У «Вступі» дисертації обґрунтовано актуальність дослідження, зумовлену зростаючим рівнем забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами, зокрема ксенобіотиками та важкими металами. Підкреслено, що ці забруднювачі становлять значну екологічну загрозу, оскільки можуть накопичуватися у водних об'єктах, ґрунтах і продукції рослинництва, впливаючи на якість продовольства та здоров'я людини.

Робота акцентує увагу на необхідності розроблення ефективних методів контролю ксенобіотиків, враховуючи їхню взаємодію з компонентами природного середовища. У вступі також розглянуто нормативно-правову базу контролю забруднень у країнах ЄС та визначено необхідність удосконалення вітчизняних методів аналізу відповідно до європейських стандартів.

У дослідженні чітко сформульовано основну мету – встановлення фізико-хімічних умов, що сприяють підвищенню ефективності ідентифікації та кількісного визначення ксенобіотиків у водних об'єктах і рослинній продукції. Серед ключових завдань – удосконалення методів екстракції, оптимізація процесу підготовки проб і розширення спектра контрольованих забруднювачів, що забезпечує комплексний підхід до моніторингу токсичних речовин.

Дослідження проведено в межах науково-дослідних програм, що засвідчує його відповідність сучасним науковим пріоритетам. У «Вступі» визначено як теоретичну, так і практичну значущість роботи, зокрема її можливий внесок у розвиток агропромислового комплексу та вдосконалення систем екологічного моніторингу.

Перший розділ дисертації зосереджено на оцінці екологічних ризиків, спричинених забрудненням водних ресурсів ксенобіотиками та важкими металами. Проаналізовано основні джерела забруднення, механізми їхнього поширення в навколишньому середовищі та можливі наслідки для екосистем і здоров'я людини. У розділі розглянуто сучасні підходи до моніторингу та контролю забруднень, зокрема фізико-хімічні й аналітичні методи ідентифікації ксенобіотиків у водних об'єктах і сільськогосподарській продукції. Проведений огляд наукових джерел дозволив визначити ключові труднощі у виявленні цих сполук та обґрунтувати необхідність вдосконалення існуючих методик. Отримані висновки стали теоретичною та методологічною основою для подальших досліджень, спрямованих на підвищення точності та ефективності аналітичних методів контролю забруднень.

Другий розділ дисертації присвячено розробленню та вдосконаленню методів аналітичного контролю пестицидів у водних екосистемах та продукції рослинництва. У ньому детально розглянуто методологічні підходи до пробопідготовки, обґрунтовано вибір оптимальних умов екстракції та параметрів хроматографічного аналізу для визначення ксенобіотиків. Особливий акцент зроблено на ідентифікації широкого спектра пестицидів, зокрема гербіцидів, інсектицидів і фунгіцидів, із використанням високочутливих аналітичних методів. У розділі представлено аргументований вибір об'єктів дослідження, хімічних реагентів і методів підготовки зразків, що забезпечують високу точність вимірювань. Запропоновано модельні системи на основі лабораторних проб ксенобіотиків, які враховують природні забруднення, такі як завислі частинки та органічні домішки.

У третьому розділі дисертації зосереджено увагу на вдосконаленні методології вилучення ксенобіотиків із рослинної продукції та проведенні комплексного аналізу рівня забруднення водних об'єктів центральної України. Дослідження охоплює вивчення ключових факторів, що впливають на ефективність екстракції пестицидів, зокрема їхню полярність, коефіцієнт розподілу між фазами та хімічну взаємодію з компонентами рослинної матриці. Окрему увагу приділено встановленню оптимальних параметрів екстракції, які забезпечують

максимальну селективність і чутливість аналізу. Враховано вплив хімічного складу рослинної продукції, включаючи вміст ліпідів, білків і вуглеводів, на ефективність вилучення ксенобіотиків.

Дослідження також передбачало порівняння ефективності різних методів екстракції, включаючи твердофазну екстракцію (ТФЕ) та метод QuEChERS, що дозволило мінімізувати вплив матричних ефектів та покращити селективність аналізу. Оптимізація параметрів вилучення забруднювачів сприяла підвищенню відтворюваності результатів і розширенню спектра детектованих сполук. Крім того, проведено комплексний аналіз вмісту важких металів у водних об'єктах досліджуваного регіону. Визначено концентрації таких елементів, як свинець, кадмій, нікель, хром і мідь, та оцінено їхній вплив на якість води відповідно до міжнародних екологічних стандартів. Отримані результати дозволяють зробити висновки щодо поточного стану водних ресурсів та необхідності впровадження заходів для їхнього захисту.

Четвертий розділ присвячено обґрунтуванню прикладної значущості результатів дослідження та окреслює можливості практичного впровадження вдосконалених аналітичних методик у сфері екологічного контролю та лабораторної аналітики.

Висновки, представлені в дисертації Катерини Нестерової, є аргументованими та базуються на детальному аналізі отриманих експериментальних даних. Вони чітко відображають ключові результати дослідження, підтверджені численними випробуваннями та застосуванням сучасних методів статистичної обробки. Проведені дослідження гарантують наукову достовірність отриманих висновків і підкреслюють їхню практичну цінність.

Дисертація є цілісним і завершеним дослідженням, яке має важливе значення для розвитку аналітичних методів контролю забруднень довкілля. Авторка продемонструвала високий рівень наукової підготовки, критичне осмислення проблеми та вміння застосовувати сучасні методи аналізу. Отримані результати сприяють удосконаленню моніторингу екологічного стану водних ресурсів та продукції рослинництва, що робить дисертацію цінним внеском у розвиток екологічної безпеки та хімії.

**Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання.** Наукове значення результатів полягає в суттєвому внеску до розвитку хроматографічних методів аналізу та дослідження ксенобіотиків у різних матрицях, таких як рослинна продукція. Удосконалення комплексу методів хроматографії дозволяє підвищити точність ідентифікації залишкових кількостей пестицидів та інших забруднювачів, що є важливим для екологічного моніторингу і забезпечення безпеки навколишнього середовища та здоров'я людини. Експериментальні дослідження фізико-хімічних властивостей ксенобіотиків та оптимізація умов пробопідготовки дозволяють

знизити похибки в процесах вилучення та аналізу цих сполук, що в свою чергу забезпечує більш точні і надійні дані для екологічних та агрохімічних досліджень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в їхній здатності бути впровадженими в роботу лабораторій, які займаються контролем якості води та продукції рослинного походження. Удосконалені методи контролю пестицидів можуть бути застосовані для підвищення ефективності перевірок та моніторингу залишкових кількостей забруднювачів, що має безпосереднє значення для забезпечення харчової безпеки та екологічного контролю. Оптимізовані методи екстракції можуть також знайти застосування в таких галузях, як агрохімічна та харчова промисловість, сприяючи отриманню точніших і швидших результатів аналізів.

**Повнота викладення матеріалів дослідження в опублікованих працях.** За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 10 наукових праць, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 5 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 4 тези наукових доповідей.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** У наукових публікаціях та дисертації Катерини Нестерової не виявлено порушень академічної доброчесності.

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

1. У тексті згадується про використання «рідинної хроматографії в поєднанні з тандемною мас-спектрометрією (LC-MS/MS)», однак можна додати трохи більше контексту для пояснення, чому саме цей метод є вибором для таких аналізів.

2. У дослідженні не розкрито чітко, яким чином визначався нижній поріг виявлення (LOD) і межа кількісного вимірювання (LOQ) для кожного з ксенобіотиків, зокрема на прикладі пестицидів, що використовуються в тестуванні. Важливо зазначити, як ці пороги були встановлені та чи були проведені тести на чутливість методу до низьких концентрацій.

3. Згадано, що зразки були аналізовані для виявлення залишків пестицидів, але не зазначено, як виключалася ймовірність забруднення з боку лабораторного обладнання (наприклад, колонок для хроматографії або інструментів для приготування розчинів). Це важливий фактор, щоб підтвердити достовірність результатів.

4. Процедура підготовки зразків перед екстракцією вказана загальною, але не зазначено, чи проходили зразки додаткове очищення перед екстракцією або фільтрацію, яка могла б вплинути на точність аналізу. Важливо уточнити, чи була використана попередня очистка зразків, і як це могло вплинути на кінцеві результати.

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

**Загальний висновок.** Вважаю, що дисертація Катерини Нестерової на тему: «Вдосконалення методів аналітичного контролю ксенобіотиків у водних екосистемах та продукції рослинництва» 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» 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, а її авторка Катерина Нестерова заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 102 «Хімія» галузі знань 10 «Природничі науки».

**Рецензент доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат педагогічних наук, доцент Віта СТРОКАЛЬ**