

ВІДГУК

офіційного опонента

завідувача відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАН України,

доктора біологічних наук, професора

ПОТРОХОВА Олександра Спиридоновича

на дисертацію **НЕСТЕРОВОЇ Катерини Андріївни** на тему:

«Вдосконалення методів аналітичного контролю ксенобіотиків

у водних екосистемах та продукції рослинництва»,

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

зі спеціальності 102 «Хімія»

галузі знань 10 «Природничі науки»

Актуальність обраної теми досліджень. У сучасних умовах інтенсивного техногенного навантаження на довкілля питання екологічної безпеки набувають особливої актуальності. Забруднення водних екосистем і продукції рослинного походження поллютантами є одним із ключових чинників, що впливають на якість життя населення, стан його здоров'я, стабільність агросистем і збереження біорізноманіття. Об'єкти агропромислового комплексу особливо вразливі до дії таких речовин через широке застосування пестицидів, агрохімікатів, а також здатність ксенобіотиків мігрувати з водного середовища у ґрунт і надалі – в рослинну продукцію.

Комплексна дія поллютантів, зокрема ксенобіотиків і важких металів, призводить до посилення токсичного ефекту, що ускладнює оцінку екологічного ризику та створює додаткові виклики для системи моніторингу. У зв'язку з цим надзвичайно актуальним є оптимізація аналітичних методик, здатних надійно ідентифікувати й кількісно визначати широкий спектр ксенобіотиків у складних об'єктах. Особливої значущості набуває комплексний підхід, який враховує фізико-хімічні властивості цільових сполук, процеси їх екстракції, сорбції, розподілу та детекції із застосуванням сучасних інструментальних методів, зокрема хроматографії у поєднанні з мас-спектрометрією.

Тематика дисертаційного дослідження повністю відповідає стратегічним пріоритетам у сферах екологічної безпеки, продовольчої незалежності та гармонізації вітчизняного аналітичного контролю з вимогами законодавства Європейського Союзу – зокрема Рамкової водної директиви та Директиви щодо пріоритетних речовин у водному середовищі, що підкреслює її високу наукову й практичну значущість.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконана робота є складовою частиною науково-дослідних робіт за темами: «Розвиток теоретико-методологічних основ лабораторного контролю для виробництва безпечної продукції рослинництва» (номер державної реєстрації 0118U000309); «Розвиток наукових основ створення комплексних систем контролю для безпечності об'єктів сільськогосподарського виробництва» (номер державної реєстрації 0120U102107); «Фізико-хімічні методи аналізу природних об'єктів та засобів хімізації сільського господарства» (номер державної реєстрації 0116U001914).

Оформлення дисертації та дотримання академічної доброчесності. Дисертація К. А. Нестерової відповідає чинним вимогам і нормативам Міністерства освіти і науки України. Вона виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Зміст дисертації побудований на основі авторської наукової ідеї та представлений у структурі, що включає всі ключові елементи наукового дослідження: анотації українською та англійською мовами, вступ, розділи з оглядом літератури, матеріалами і методами, результатами досліджень, їх аналізом, узагальненням, висновками, списком використаних джерел. Робота і наукові публікації К. А. Нестерової підтверджують високий рівень академічної доброчесності та відповідне оформлення посилань.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації. Обґрунтованість та достовірність наукових результатів забезпечена проведеними дослідженнями з коректним підбором загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, застосуванням сучасної методичної та аналітичної бази, що дають можливість достовірно оцінити величину вимірюваних параметрів. Основні наукові положення, викладені в дисертації, апробовано на науково-практичних конференціях різних рівнів, публікаціями у наукових виданнях.

Наукове та практичне значення отриманих результатів дослідження. У дисертації обґрунтовано фізико-хімічні засади процесу екстракції та хроматографічного аналізу ксенобіотиків у водному середовищі та продукції рослинного походження, що має важливе значення для розвитку сучасної хімії. Отримані результати поглиблюють уявлення про вплив полярності, гідрофобності ($\log P$), сорбційних характеристик та інших параметрів на ефективність виявлення залишкових кількостей забруднювачів.

Наукова новизна полягає в оптимізації методів пробопідготовки та хроматографічного визначення широкого спектра ксенобіотиків (ПАУ, пестицидів, важких металів), з урахуванням особливостей хімічного складу матриць. Розроблено підходи до підвищення точності, чутливості та відтворюваності методів, а також обґрунтовано необхідність адаптації методик до сучасних викликів моніторингу довкілля.

Практичне значення роботи полягає у впровадженні вдосконалених методичних рішень до практики лабораторного контролю. Запропоновані підходи дозволяють підвищити ефективність екологічного моніторингу, знизити витрати на аналіз, а також забезпечити відповідність вимогам директив ЄС щодо безпечності водних ресурсів та агропродукції. Результати дослідження можуть бути використані в діяльності державних та приватних лабораторій екологічного контролю, в аграрному та харчовому секторах, а також під час проведення міжлабораторних випробувань.

Ступінь достовірності представленого у дисертації матеріалу підтверджується широким спектром проведених досліджень, підкріплених теоретичним обґрунтуванням та критичним аналізом наукових літературних джерел за обраною темою. Висновки зроблені

авторкою є логічними та послідовними, впливають із результатів досліджень і повністю відтворюють зміст дисертації. Їх достовірність підтверджується наведеним у дисертації табличним та графічним матеріалом, а також методами математичного аналізу.

Застосування сучасних методик проведення досліджень, опрацювання значного обсягу літературних джерел, використання наукової інформації, що стосуються досліджуваної проблеми, достатня апробація результатів дослідження дають підстави стверджувати, що наукові положення та висновки, сформульовані в дисертації, є достатньо обґрунтованими і достовірними.

Характеристика основних положень роботи. Дисертація К. А. Нестерової є самостійним, цілісним і комплексним науковим дослідженням, що вирішує важливе наукове та практичне завдання в галузі природничих наук.

Дослідження проведено на високому рівні. Представлений авторкою у дисертації матеріал викладено грамотно, логічно, з використанням наукової термінології, що свідчить про високий рівень фахової підготовки дисертантки. Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Роботу викладено на 165 сторінках, проілюстровано 35 таблицями та 17 рисунками. Список використаних джерел включає 106 найменувань.

Дисертація оформлена відповідно до чинних вимог і нормативів. Зміст роботи розкриває покладену в її основу авторську наукову ідею. У роботі чітко обґрунтовано мету, що полягала в удосконаленні методик визначення ксенобіотиків в об'єктах рослинництва та водних екосистемах. Для досягнення поставленої мети здобувачкою визначено конкретні завдання, що було вирішено на основі логічно побудованої програми наукових досліджень та використання сучасних підходів до лабораторного контролю ксенобіотиків.

У першому розділі розглянуто сучасний стан проблеми забруднення водних ресурсів і продуктів рослинного походження токсичними антропогенними сполуками. Проведено всебічний аналіз літературних джерел щодо джерел забруднення, міграції та трансформації ксенобіотиків у різних середовищах, а також їхнього впливу на безпеку харчових продуктів. Визначено основні виклики, пов'язані з надійністю існуючих аналітичних методик, що зумовило необхідність їх удосконалення, зокрема у контексті відповідності сучасним нормативним вимогам. Огляд літературних джерел повною мірою відповідає меті дисертації.

У другому розділі наведено характеристику місця проведення досліджень, детально описано вибір об'єктів дослідження, методики пробопідготовки та хроматографічного аналізу, враховано хімічну природу цільових сполук.

Третій розділ зосереджено на дослідженні екстракції ксенобіотиків із продукції рослинництва та аналізі екологічного навантаження на водні об'єкти центрального регіону України. Описано підбір ефективних екстрагентів відповідно до полярності цільових речовин та хімічного складу матриць. Представлено дослідження впливу таких факторів, як $\log K_{ow}$

та наявність матричних компонентів на результативність екстракції. Продemonстровано доцільність використання методик QuEChERS і ТФЕ як високоселективних способів пробопідготовки. Наведено результати аналізу концентрацій важких металів у природних водах, що свідчать про стабільний екологічний стан досліджуваних водойм. Усе це вказує на високу прикладну цінність одержаних результатів для практики екологічного моніторингу.

У четвертому розділі дисертантка представила конкретні рекомендації щодо їхнього практичного використання у сфері екологічного контролю та агроєкохімії. Зокрема, обґрунтовано доцільність впровадження модифікованих методик визначення ксенобіотиків у практику моніторингу забруднення водного середовища та продукції рослинництва.

Висновки дисертації сформульовано відповідно до поставленої мети та завдань і відображають основні положення дисертації. Висновки базуються на численних даних експериментальних досліджень та достатньо аргументовані результатами аналітичного та статистичного аналізу. Їх зміст дозволяє отримати достатньо інформації щодо ключових результатів досліджень.

Список літератури містить 106 найменувань за темою дисертації (з них 28 кирилицею та 74 латиницею), що цілком достатньо для теоретичного і практичного обґрунтування результатів досліджень, які виконувала дисертантка.

Висновки, сформульовані в дисертації, є достатньо обґрунтованими, базуються на експериментальному матеріалі, відображають завдання, поставлені в роботі, засвідчують наукову новизну та практичне значення проведених досліджень.

Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях. Основні положення та висновки, наведені у дисертації, достатньо мірою викладено у 10 наукових працях, 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. Аналіз дисертації свідчить, що наукові результати було отримано здобувачкою особисто. З наукових публікацій, виданих у співавторстві, в дисертації авторкою використано лише ті положення, що становлять її особистий внесок.

Питання для дискусійного обговорення та зауваження щодо роботи. Позитивно оцінюючи дисертацію в цілому, відмічаючи достатній загальний рівень проведених наукових досліджень, вважаю за доцільне акцентувати увагу на деяких дискусійних питаннях та висловити з цього приводу наступні зауваження та побажання:

1. У дослідженні було б доцільно розглянути можливість застосування розроблених підходів до інших матриць, наприклад, ґрунтів, біологічних рідин або продуктів тваринного походження.

2. Опис методу QuEChERS у роботі є досить повним і чітким, проте було б корисно розширити його, додавши більше інформації щодо застосування цього методу в реальних

аналітичних умовах. Зокрема, варто зазначити можливі обмеження та виклики, що виникають при використанні QuEChERS для різних типів сировини, таких як складність матриці або необхідність додаткових етапів очищення.

3. У роботі варто було б трохи детальніше пояснити значення гомогенізації для дослідження ксенобіотиків у різних типах матриць, з урахуванням її впливу на точність та відтворюваність результатів.

4. У підрозділі 3.3 подано результати визначення ХОП та пестицидів методом GC-MS/MS і LC-MS/MS, однак не в усіх випадках зазначені LOQ/LOD. Наприклад, при концентраціях речовин $<0,01$ мг/дм³ важливо вказати межі чутливості.

5. У таблиці 3.14 наведено залишковий вміст речовин, однак не вказано межі виявлення застосованих методів. Доцільно було б доповнити таблицю відповідними характеристиками.

Підсумовуючи, слід підкреслити, що наведені зауваження, наявність окремих дискусійних положень не впливають на наукову і практичну цінність одержаних авторкою результатів і не знижують в цілому позитивної оцінки дисертації.

Загальний висновок. Дисертація Нестерової Катерини Андріївни на тему: «Вдосконалення методів аналітичного контролю ксенобіотиків у водних екосистемах та продукції рослинництва» є самостійною, завершеною науковою працею, в якій теоретичні положення, висновки та пропозиції характеризуються науковою новизною, є достатньо обґрунтованими, достовірними і свідчать про досягнення поставленої мети дослідження. Дисертація написана українською мовою із дотриманням наукового стилю викладення матеріалу.

Дисертація за структурою, змістом, рівнем і глибиною опрацювання представленого матеріалу, його опублікуванням та апробацією є науковою працею, яка відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» 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, Нестерова Катерина Андріївна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 102 «Хімія» галузі знань 10 «Природничі науки».

Офіційний опонент завідувач відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАН України, доктор біологічних наук, професор Олександр ПОТРОХОВ