

**ВІДГУК**  
офіційного опонента  
завідувача кафедри безпеки життєдіяльності  
Білоцерківського національного аграрного університету,  
кандидата сільськогосподарських наук **СКИБИ Володимира Віталійовича**  
на дисертацію **ГРЕЧАНЮКА Максима Олександровича**  
на тему: **«Радіоекологічна характеристика природних водойм зони відчуження»**,  
поданої на здобуття ступеня доктора філософії  
зі спеціальності 101 «Екологія»  
галузі знань 10 «Природничі науки»

**Актуальність обраної теми дисертації.** Відомо, що практична діяльність АЕС потребує використання великої кількості води, тому вони часто оточені водними об'єктами, що стають критичними екосистемами, зокрема з точки зору радіоактивного забруднення компонентів водних екосистем. Аварії на Чорнобильській АЕС та АЕС Фукусімі-1 спричинили зростання радіоактивності у водних екосистемах у тисячі разів, що підкреслило актуальність запропонованої МКРЗ екоцентричної концепції радіаційного захисту навколишнього середовища. Такі обставини спонукали науковців з усього світу досліджувати вплив іонізуючого випромінювання на різні компоненти довкілля, включаючи водні екосистеми. З часів інтенсивного забруднення навколишнього середовища штучними радіонуклідами (вироблення ядерних матеріалів, ядерних випробувань, аварій на АЕС і підприємствах ядерного циклу), накопичено великий науковий досвід з вивчення закономірностей розповсюдження і міграції радіонуклідів у ґрунтах, лісових екосистемах і відповідних трофічних ланцюгах. Водночас питання радіаційної безпеки у водних екосистемах викликають дискусії та потребують уточнень для коректної оцінки впливу. Водойми, зокрема непроточні, у випадку надходження радіонуклідів у навколишнє середовище, перетворюються у своєрідне депо радіонуклідів на довготривалий час. Радіонукліди у водних екосистемах швидко включаються у біогеохімічний цикл і ефективно накопичуються верхніми трофічними рівнями, формуючи високі концентрації у окремих ланках екосистеми, у тому числі і тих, що можуть використовуватися в якості продуктів харчування людини, а також можуть, відповідно формувати високі дози іонізуючого опромінення у представників водних об'єктів. Після аварії на ЧАЕС з'явилися дані про сформовані дози на деяких водних об'єктах наближених до аварійного реактору зони, що можуть загрожувати існуванню цілісності біоценозу – від порушення фізіологічних функцій організму риб до загибелі популяцій. Тому дослідження, що присвячені вивченню закономірностей формування доз опромінення гідробіонтів (зокрема організму риб) у віддалений період після аварії на ЧАЕС в двох найбільш радіоактивно-забруднених природних озерах в Україні, слід визнати важливими з точки зору набуття нових знань у напрямі збереження цілісності екосистем (біоти) у випадку радіаційних аварій.

Другою проблемою, що вирішувалася у ході виконання дисертації є встановлення тісного зв'язку із радіоактивним забрудненням організму риб і води в залежності від вмісту у ній калію і кальцію, що дозволило автору запропонувати методологію встановлення критерія мінімального рівня забруднення води для отримання рибної продукції, що відповідає вимогам санітарно-гігієнічних нормативів, що підкреслює актуальність даної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційне дослідження виконано в рамках низки науково-дослідних робіт: № 110/1-пр-2019 «Встановлення гранично допустимих концентрацій радіонуклідів в водоймах на основі метаболізму цезію та стронцію» (номер державної реєстрації 0119U100844); № 110/1-пр-2022 «Наукове обґрунтування та розробка нових заходів по зменшенню радіоактивного забруднення риби  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ » (номер державної реєстрації 0122U001794); № 110/6-пр-2024 «Наукове обґрунтування використання гексаціанофератів в кормах для зменшення радіоактивного забруднення риби після застосування ядерної зброї» (номер державної реєстрації 0124U001260); гранту СРЕА-2015/10108 Норвезького центру міжнародного співробітництва в галузі освіти The Norwegian Centre for International Cooperation in Education (SiU) «Joint Ukrainian-Norwegian education programme in Environmental Radioactivity». Також дослідження було частково підтримано у 2020–2021 рр. у рамках проекту НФДУ № 93/02.2020 «Закономірності впливу хронічного іонізуючого випромінювання на референтні організми рослин і тварин в екосистемах Чорнобильської зони відчуження». Зв'язок з такою низкою наукових тематик і проєктів лише підтверджує актуальність теми дисертаційного дослідження здобувача.

**Оформлення дисертації та дотримання академічної доброчесності.** Наукова робота М. О. Гречанюка оформлена відповідно до вимог наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», написана українською мовою, виконана в Українському науково-дослідному інституті сільськогосподарської радіології Національного університету біоресурсів і природокористування України, містить результати власних наукових досліджень і є завершеною науковою працею. Дисертація побудована за традиційною схемою, містить анотації українською та англійською мовами, вступ, огляд літератури, розділ матеріали та методи досліджень, розділ результати досліджень, аналіз та узагальнення результатів досліджень, висновки, список використаної літератури та додаток. Аналіз дисертації та наукових публікацій М. О. Гречанюка не дає підстав для сумнівів щодо академічної доброчесності здобувача. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових працях, в яких подано результати дисертації, не виявлено.

**Наукова новизна положень, результатів та висновків дисертації.** Наукову новизну мають основні результати дисертації, найбільш вагомими з яких є:

– вперше отримано комплексну радіоекологічну характеристику природних озер Зони відчуження, включаючи ситуацію навколо водного об'єкту, компоненти водної екосистеми з детальним розподілом радіонуклідів по вертикальному профілю донних відкладань.

– запропоновано сучасні методи радіоекологічного моніторингу (використання безпілотників для оцінки гама фону навколо водних об'єктів, ботометрія, визначення пошарового розподілу радіонуклідів у донних підкладаннях з паралельним вимірюванням потужності дози іонізуючих випромінювань) водойм для зменшення невизначеності оцінок рівнів їх радіонуклідного забруднення, а також доз зовнішнього і внутрішнього опромінення риби у прісноводних екосистемах для цілей радіаційного захисту навколишнього середовища.

– удосконалено методологію проведення оцінки радіоактивного забруднення прісноводних водойм, донних відкладань і риб на прикладі водойм Зони відчуження з метою зменшення невизначеностей результатів радіоекологічного моніторингу водних екосистем.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків.** Дисертація містить чітко сформульовану мету та завдання досліджень, шляхи їх вирішення. Представлена інформація вказує на те, що робота проведена на високому методичному рівні. Обрані дисертантом методологія та методи дослідження сучасні та відповідають поставленим завданням, що дозволило отримати автору нові важливі результати. Достовірність результатів дослідження забезпечена використанням сучасних методичних підходів із застосуванням математично-статистичних методів.

**Наукове та практичне значення отриманих результатів дослідження.** Практична значимість роботи полягає у вдосконаленні сучасних методів радіоекологічного моніторингу водойм у Чорнобильській зоні відчуження і доповнення бази знань щодо збереження біорізноманіття водних екосистем у випадку радіоактивного забруднення водойм. Проведено оцінку радіоактивного забруднення водойм у ЧЗВ, а саме в озерах Бріт і Глибоке. Також досліджено ортофотоплан та ізолінії висот, визначено ймовірні місця змиву радіонуклідів.

Визначено рівні радіоактивного забруднення риби у досліджуваних водоймах. Використано сучасні методи вимірювання потужності поглинутої дози від донних відкладань, шляхом одночасного вимірювання потужності амбієнту еквівалентної дози у профілях донних відкладань, та відбору зразків у досліджуваних водоймах. Визначено дози зовнішнього і внутрішнього опромінення організму риб у досліджуваних водоймах з метою радіаційного захисту навколишнього середовища.

Встановлено мінімальні рівні радіоактивного забруднення води у водоймах за різного вмісту калію і кальцію для отримання гарантованого не перевищення ДР-2006 в рибній продукції

**Характеристика основних положень роботи.** Дисертація побудована за традиційною схемою, містить анотації українською та англійською мовами, вступ, огляд літератури, розділ матеріали та методи досліджень, розділ результати досліджень, аналіз та узагальнення результатів досліджень, висновки, список використаної літератури (134 найменувань, з них – 37 кирилицею та 97 латиницею). Робота викладена на 185 сторінках друкованого оригінального тексту, містить 20 таблиць, 48 рисунків і 2 додатки.

В **анотації** відображено основні положення та суттєві аспекти дисертації. Дисертація містить чітко сформульовану мету та завдання досліджень, шляхи їх вирішення. Достовірність результатів дослідження забезпечена використанням сучасних методичних підходів із застосуванням математично-статистичних методів. Висновки дисертації ґрунтуються на великому масиві власних результатів досліджень та розкривають суть роботи. Основні результати дисертації повною мірою висвітлено у фахових наукових виданнях, широко представлені та обговорені на наукових форумах. Отже, можна стверджувати про достатній ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, що наведені у дисертації М. О. Гречанюка.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження, вказано на зв'язок роботи з виконанням науково-дослідних робіт за замовленням МОН України і міжнародними проектами; представлено мету та шість завдань досліджень; що логічно витікають з мети роботи, визначено об'єкт та предмет дослідження; охарактеризовано наукову новизну та практичне значення результатів роботи; висвітлено особистий внесок здобувача в науковому дослідженні; перераховано наукові українські та міжнародні форуми, де доповідалися та обговорювалися результати дисертації.

У **першому розділі** дисертації наведено огляд наукової літератури, що стосується напряму даного дослідження. Дисертантом проаналізовано інформацію з доступних літературних джерел щодо характеристики радіоактивного забруднення територій, включаючи водні об'єкти і їх компоненти внаслідок аварій на атомних електростанціях, трансформацію радіаційної ситуації з часом після аварії і доступністю радіонуклідів в залежності від фізико-хімічних форм первинних радіоактивних випадань. Використовуючи відомі результати щодо радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища, автором обрано полігони для подальших досліджень. Представлений огляд свідчить про знання і критичний аналіз автором наукової літератури щодо сучасного рівня досліджень за проблематикою дисертаційного дослідження. Логічним завершенням цього розділу є узагальнюючий висновок, у якому підсумовуються наявні знання та обґрунтовується необхідність проведення подальших досліджень, що потребують ґрунтовного вивчення.

У **другому розділі** в повному обсязі представлено методичні підходи проведення досліджень, характеристику об'єктів досліджень. Детально описано постановку

експериментів: в природних умовах ЧЗВ, дослідів з вивчення радіоекологічної характеристики природних водойм, що забруднені радіонуклідами. Надається вичерпна інформація щодо методів відбору зразків, визначення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та інших радіонуклідів, що виявляються у компонентах водних екосистем, методів математичного та статистичного аналізу. Представлена інформація вказує на те, що робота проведена на високому методичному рівні. Обрані дисертантом методологія та методи дослідження сучасні та відповідають поставленим завданням, що дозволило отримати автору нові важливі результати. Використані в роботі методи є беззаперечною доказовою базою достовірності отриманих результатів. Даний розділ містить оригінальні фото, що дозволяють наочно представити проведення досліджень в природних умовах.

**Третій розділ** містить шість основних підрозділи, в яких представлено результати досліджень в природних умовах ЧЗВ, спрямованих на пошук та відбір ефективних підходів щодо комплексної характеристики радіаційної ситуації навколо водних об'єктів і основних компонентах водної екосистеми. Створено картографи радіоактивного забруднення навколо природних водойм. Здобувачем детально вивчено рельєф і структуру придонних ділянок експериментальних водойм з урахуванням ботометричних характеристик. На особливу увагу заслуговують дані, що уперше отримав дисертант щодо розподілу радіонуклідів у різних шарах донних відкладань, що можуть впливати на формування доз опромінення придонної риби. Слід відмітити комплексний підхід для досягнення мети дисертаційного дослідження та логічне викладення власних експериментальних даних.

Позитивної оцінки заслуговує врахування здобувачем різних чинників, що можуть впливати на параметри доз опромінення організму риб різних видів. Вперше у роботі було застосовано метод, що дозволяє не лише визначити рівень радіоактивного забруднення різних шарів донних відкладань, алей доз зовнішнього опромінення організму риб на різній глибині самих донних відкладань.

У другому підрозділі автором представлено результати з визначення радіоактивного забруднення організму риби різних видів у досліджуваних водоймах та зроблено розрахунки зміни вказаного показника від вмісту  $\text{K}$  і  $\text{Ca}$ , що активно впливає на надходження, відповідно,  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ . Отримані залежності дозволили дисертанту розрахувати допустимі рівні радіоактивного забруднення води задля отримання риби, як харчового продукту, із вмістом радіонуклідів відповідно до вимог ДР-2006

У третьому підрозділі автором оцінено внесок вертикального розподілу радіоактивності за профілем донних відкладень у оцінку поглинутої дози опромінення гідробіонтів, наведено результати вимірювань вертикальних профілів розподілу потужності поглиненої дози у воді та донних відкладеннях озер Бріт та Глибоке.

У четвертому підрозділі на підставі отриманих експериментальних даних проведено розрахунок потужності максимальних поглинутих доз внутрішнього опромінення риб в оз. Глибоке. Оцінки внутрішньої дози опромінення було зроблено на підставі вимірних значень питомої активності радіонуклідів у різних органах для риб масою 1 кг і пропорцією «довжина – висота – ширина» = «1:0,2:0,1» з використанням рекомендованих МКРЗ дозових коефіцієнтів, що підкреслює коректність отриманих результатів. Наведені у підрозділі результати констатують, що найбільша потужність внутрішньої поглиненої дози формується в кістковій тканині ( $77 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$ ) за рахунок бета-випромінювання  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ . У м'язовій тканині і тілі риби потужність внутрішньої поглиненої дози буде на порядок менше – ( $7,5 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$ ). Порівняння цих результатів із відповідними значеннями рекомендацій МАГАТЕ і МКРЗ, що доза  $417 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$  забезпечується захист більш 95 % всіх видів риб у водоймі.

У п'ятому підрозділі дисертації наведено дані щодо формування сумарної річної дози опромінення різними видами риб у обох водоймах у залежності від їх перебування у різні періоди року. Знаходячись у різних місцях водойми у періоди розмноження, нагулу чи зимівлі риби отримують суттєво різні дози, що обумовлені різною радіаційною ситуацією, що формується за рахунок нерівномірного розподілу радіоактивності у водоймі, що і дає надію на збереження різноманіття видів гідробіонтів навіть за умов критичного радіоактивного забруднення водойм.

**Четвертий розділ** включає узагальнені та структуровані відповідно завданням роботи результати досліджень. Автором ґрунтовно проаналізовано результати власних комплексних досліджень, подано їх інтерпретацію, що свідчить про вільну орієнтацію автора у питаннях, що розглядаються в дисертації; чітко виділено новизну дисертації у вирішенні даного напрямку досліджень.

У підрозділі наводяться узагальнені радіологічні параметри існування різних видів риб у природних водоймах зони відчуження, обраних у якості експериментальних полігонів. Автором встановлено, що поглинені дози для різних видів риб залежно від розміру і місця перебування протягом року в озері Бріт можуть досягати значень до  $386 \text{ мГр} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Формування таких показників поглиненої дози організмами риб цього озера відбувається за рахунок внутрішньої дози опромінення. Водночас в озері Глибоке максимальні значення поглинутої дози організмом риби можуть становити до  $564 \text{ мГр} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Водночас вагомий внесок у формування поглиненої дози має зовнішнє опромінення, особливо для придонних видів риб. У результаті проведених оцінок поглинутих доз рибами-біоіндикаторами в досліджуваних озерах розраховано, що найбільшу поглинуту дозу в оз. Бріт отримують окунь, лин і краснопірка, а найменшу карась, а в оз. Глибоке найбільшу поглинуту дозу

отримують такі види риб як лин і карась, а найменшу щука і краснопірка. Основну роль у формуванні поглинутої дози в оз. Бріт відіграє  $^{90}\text{Sr}$ , водночас як в оз. Глибоке –  $^{137}\text{Cs}$ .

За результатами досліджень на основі параметрів метаболізму цезію та стронцію у риб залежно від вмісту у воді калію [ $\text{K}^+$ ,  $\text{мг л}^{-1}$ ] та кальцію [ $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{мг л}^{-1}$ ] отримано рівноважні значення гранично допустимих концентрацій  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у воді водойм (Бк  $\text{л}^{-1}$ ), котрі гарантують неперевищення встановлених гігієнічних нормативів радіонуклідів у рибі (ДР-2006) з ймовірністю 95 %. Показано, що навіть за умов високого вмісту калію ( $\text{K}^+=50 \text{ мг л}^{-1}$ ) та кальцію ( $\text{Ca}^{2+}=150 \text{ мг л}^{-1}$ ) у воді прісноводних водойм, ГДК  $^{137}\text{Cs}$  – 1,0 Бк  $\text{л}^{-1}$  і  $^{90}\text{Sr}$  – 0,7 Бк  $\text{л}^{-1}$  буде менше у порівнянні з допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у питній воді (2 Бк  $\text{л}^{-1}$ ).

**Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях.** Основні результати досліджень викладено у 15 наукових працях, з яких 5 статей у журналах, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science Core Collection (з них 4 статті в журналі Journal of Environmental Radioactivity, що відноситься до категорії Q2, 2 статті у фахових журналах) та 7 тез наукових доповідей та матеріалів конференцій. Публікації прямо пов'язані з темою дисертації та розкривають її зміст, відображають сформульовані положення і висновки. Особистий внесок дисертанта підтверджено у наукових публікаціях, де відмічається безпосередня участь М. О. Гречанюка як у проведенні експериментальних досліджень, обробці та аналізі отриманих даних, так і написанні робіт. Наукові публікації відповідають вимогам п. 8 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.

**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, хоча деякі з них мають занадто розгорнутий характер.

**Список літератури** містить 134 найменування за темою дисертації (з них 37 кирилицею та 97 латиницею), що цілком достатньо для теоретичного і практичного обґрунтування результатів досліджень, які виконував дисертант.

**Додатки** містять результати вимірювання амбієнту еквівалентної дози у профілях донних відкладень озер Бріт і Глибоке, а також перелік публікацій автора за тематикою дослідження.

**Питання для дискусійного обговорення та зауваження щодо роботи.** Принципових зауважень до дисертації немає, хоча при її рецензуванні виникли деякі зауваження та побажання.

1. У розділі «літературний огляд» дисертант у ряді випадків поряд із констатацією відомих літературних даних починає їх викладати у дискусійній формі, яка була доречною у відповідному розділі.

2. У тексті дисертації зустрічаються описки (технічні помилки), стилістично невдалі вирази. Наприклад, застосовується термін «вміст радіонуклідів», а реально наводяться одиниці вимірювання «питомої активності».

3. У визначенні наукової новизни не чітко сформульовано, що автор запропонував уперше, а формулювання *«вперше запропоновано сучасні методи радіоекологічного моніторингу водойм для зменшення невизначеності оцінок рівнів їх радіонуклідного забруднення...»*, звучить не переконливо.

4. На мою думку, є деяке порушення співвідношення окремих структурних розділів дисертації, це стосується огляду літератури, що займає значну частину роботи.

Для уточнення окремих результатів дисертації хотілося би отримати *відповідь на наступні запитання:*

1. Чому об'єктом досліджень було обрано саме ці 2 природних водойми зони відчуження – оз. Глибоке і оз. Бріт?

2. Яка кількість риб була використана в експериментальних дослідженнях? У розділі «Матеріали та методи» ці дані не наведено.

3. Чи будуть прийнятними для використання закономірності формування доз опромінення різних видів риб, для інших природних і штучних водойм поза зоною відчуження?

4. Назвіть реальні межі невизначеності при оцінці радіоекологічного стану природних водойм і розрахунків доз опромінення різних видів риб у цих водоймах.

5. Якою була похибка при прижиттєвому визначенні питомої активності радіоактивного цезію у порівнянні з результатами його питомої активності у м'язовій тканині?

6. Підрозділ 3.6 хоча і є цікавим з точки зору радіобіології, але не відповідає поставленій меті і завданню дисертації. Скажіть, як «Кореляційні зв'язки між потужністю поглинутої дози опромінення і показниками крові риб» характеризують радіоекологічну ситуацію природних водойм зони відчуження.

Зауваження та побажання, які виникли в процесі рецензування, не впливають на позитивне враження від роботи та не зменшують її теоретичного та практичного значення. Дисертація М. О. Гречанюка містить нові важливі результати, що базуються на оригінальних, комплексних, трудомістких та скрупульозно виконаних експериментальних дослідженнях.



Обсяг та методичний рівень виконаних експериментальних досліджень свідчить про велику працездатність дисертанта та його якісну професійну підготовку.

**Загальний висновок.** Дисертація М. О. Гречанюка на тему: «Радіоекологічна характеристика природних водойм зони відчуження» є завершеною, самостійною кваліфікаційною науковою роботою, яка за актуальністю, науковою новизною, теоретичною і практичною значущістю відповідає вимогам 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 автор, Гречанюк Максим Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки».

**Офіційний опонент завідувач кафедри безпеки життєдіяльності Білоцерківського національного аграрного університету, кандидат сільськогосподарських наук  
Володимир СКИБА**