

*Голові разової спеціалізованої вченої ради РСВР 112
у Національному університеті біоресурсів
і природокористування України
доктору біологічних наук,
старшому науковому співробітнику
Аллі КЛЕПКО*

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

завідувачки відділу радіобіології та радіоекології
Інституту ядерних досліджень НАН України, доктора біологічних наук,
старшого наукового співробітника **ЛИПСЬКОЇ Алли Іванівни**
на дисертацію **ПАВЛЕНКО Поліни Максимівни**
на тему: **«Наукове обґрунтування та розробка заходів
щодо зменшення радіоактивного забруднення риби ^{90}Sr та ^{137}Cs »,**
поданої на здобуття ступеня доктора філософії
зі спеціальності 091 «Біологія» галузі знань 09 «Біологія»

Актуальність обраної теми дисертації. Потенційні загрози радіаційних аварій набувають особливої актуальності та гостроти в умовах воєнної агресії РФ в Україні, наслідки якої можуть істотно вплинути на «картину» радіаційного забруднення навколишнього середовища, пов'язану з порушенням технологічних процесів на АЕС та роботи ядерних установок. Надходження аварійних радіонуклідів у навколишнє середовище є довготривалим джерелом опромінення, що несе загрозу неконтрольованого радіаційного опромінення населення та біоти.

Безпечна робота атомних електростанцій та об'єктів ядерно-паливного циклу забезпечуються системою постійного водного охолодження, що передбачає їх розташування поряд з водними об'єктами. У більшості випадків аварії та інциденти супроводжуються викидами техногенних радіонуклідів у навколишнє середовище. Отже, внаслідок радіаційних аварій на ядерних об'єктах існує загроза радіоактивного забруднення не тільки територій, а й поверхневих вод. Чорнобильський досвід засвідчує, що основними дозоутворюючими радіонуклідами на забруднених територіях є ^{137}Cs та ^{90}Sr . Незважаючи на багаторічний досвід подолання наслідків

широкомасштабних ядерних аварій на ЧАЕС та Фукусіма 1, актуальною задачею сьогодення є розроблення та удосконалення контрзаходів для мінімізації радіаційних наслідків опромінення людини. Особлива увага в останні роки приділяється дослідженню іхтіофауни, що займає в біогідроценозах верхні трофічні рівні та входить до раціону харчування людини. Розроблення контрзаходів щодо зменшення радіоактивного забруднення рибної продукції потребує детального вивчення закономірностей надходження та виведення радіонуклідів з організму риб, а також факторів, що впливають на ці процеси. Слід зазначити, що за роки після аварії на ЧАЕС не було розроблено дієвих та ефективних заходів щодо зменшення радіоактивного забруднення риби, окрім заборони та обмеження споживання.

Зважаючи на вищевикладене, тема дисертації П. М. Павленко, що присвячена науковому обґрунтуванню розроблення та оптимізації нових заходів для зменшення рівня радіоактивного забруднення прісноводних риб ^{90}Sr та ^{137}Cs , є **актуальною** як з наукової, так і з практичної точки зору, сприятиме вдосконаленню системи радіаційного захисту населення при ядерних аваріях на різних її фазах та зменшенню доз внутрішнього опромінення при споживанні риби та рибних продуктів.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову новизну мають основні результати дисертації, найбільш вагомими з яких, на мою думку, є:

– Вперше виявлено та експериментально доведено радіологічну ефективність застосування додаткового чистого корму, що містив 0,1 та 1 % залізо-гексаціаноферату калію (KF₆CF₆), для зниження питомої активності ^{137}Cs у м'язовій тканині риб.

– Вперше в контрольованих лабораторних умовах визначено швидкості надходження і виведення ^{90}Sr з організму риб за різної температури води та режимах годівлі.

– Вперше у природних умовах продемонстровано низьку ефективність витримки риби в «чистій» воді з метою зменшення вмісту в ній ^{90}Sr .

– Вперше отримано важливі дані щодо величини коефіцієнту утримання ^{90}Sr при кулінарній обробці риби, що дають експериментально обґрунтовану підставу для можливості перегляду допустимих рівнів вмісту ^{90}Sr в рибі та рибних продуктах.

Практичне значення одержаних результатів. Практична значимість роботи полягає у розробленні рекомендацій щодо оптимізації умов рибогосподарського використання прісноводних водойм, що відіграють помітну роль у формуванні фонду рибогосподарських водних об'єктів України, особливо після тимчасової втрати морських акваторій. Отримані дисертанткою експериментальні дані є важливою складовою наукового підґрунтя у ряді нормативних документів. **«Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевищення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr в рибі (ДР-2006)»** було впроваджено у практику ведення рибного господарства в ПЗ «Древлянський». Також на основі результатів дисертаційного дослідження було підготовлено нові таблиці застосування контрзаходів для національної «Системи підтримки прийняття рішень при ядерних і радіаційних аваріях для сільського господарства України».

Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях. Основні результати досліджень викладено у 14 наукових працях, з яких 5 статей у періодичних наукових виданнях, включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, стаття у науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України, стаття у колективній монографії, 7 тез наукових доповідей. Публікації прямо пов'язані з темою дисертації та розкривають її зміст, відображають сформульовані положення і висновки. Особистий внесок дисертантки у наукових публікаціях є значним. Павленко П. М. брала безпосередню участь 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.

Оцінка структури дисертації, її наукового рівня та обґрунтованості/достовірності положень, що в ній сформульовані. 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 (141 найменування, з них 23 кирилицею та 118 латиницею). Робота викладена на 204 сторінках, містить 16 таблиць, 28 рисунків, 3 додатки, один із яких «Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевищення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr в рибі (ДР-2006)».

В анотації відображені 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 представлено та обговорено на наукових форумах. Отже, можна стверджувати про достатній ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, що наведені у дисертації П. М. Павленко.

У вступі **обґрунтовано вибір теми дослідження**, вказано на зв'язок роботи з виконанням науково-дослідних робіт; представлено мету та шість завдань досліджень; визначено об'єкт та предмет дослідження; охарактеризовано наукову новизну та практичне значення результатів роботи; висвітлено особистий внесок здобувачки в науковому дослідженні;

перераховано наукові вітчизняні та міжнародні форуми, де доповідалися та обговорювалися результати дисертації.

В *першому розділі* дисертації наведено **огляд наукової літератури**, що стосується наряду даного дослідження. Дисертанткою проаналізовано низку наукових публікацій щодо радіоактивного забруднення водних екосистем та іхтіофауни внаслідок аварій на атомних електростанціях, ефективності застосування існуючих контрзаходів, що використовувалися після Чорнобильської аварії, в тому числі і селективних сорбентів. Детально розглянуто заходи для зменшення рівня радіоактивного забруднення риби та рибної продукції. Представлений огляд свідчить про знання і критичний аналіз авторкою 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 *розділі «Матеріали та методи»* в повному обсязі представлено методичні підходи проведення досліджень, характеристику об'єктів досліджень. Детально описано постановку експериментів: в природних умовах Чорнобильської зони відчуження та лабораторних дослідів з вивчення впливу кулінарної обробки риби на зменшення рівнів забруднення радіонуклідами рибних продуктів. Надається вичерпна інформація стосовно методів відбору зразків, визначення питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr , прижиттєвим вимірюванням, визначення вмісту стабільних ізотопів, методів математичного та статистичного аналізу. Представлена інформація вказує на те, що робота проведена на високому методичному рівні. Обрані дисертанткою методологія та методи дослідження сучасні та адекватні поставленим завданням, що дозволило отримати авторці 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 та лабораторних умовах.

Розділ «Результати досліджень» містить 4 основних підрозділи, в яких представлено результати численних досліджень в природних умовах Чорнобильської зони відчуження та акваріумних експериментах, спрямованих на пошук та відбір ефективних заходів для зменшення рівнів радіоактивного забруднення риб та рибної продукції. Слід відмітити комплексний підхід для досягнення мети дисертаційного дослідження та логічне викладення власних експериментальних даних.

Позитивної оцінки заслуговує урахування дисертанткою різних чинників, що можуть впливати на параметри надходження та виведення ^{90}Sr і ^{137}Cs в організмі риб. Вперше у роботі було застосовано використання додаткового «чистого» корму з різним вмістом (0,1 і 1 %) залізо-гексаціаноферату калію (KF₆CF). Встановлено ефективність використання даного сорбенту, показано суттєве зниження питомої активності ^{137}Cs у рибі в $2,7\pm 0,5$ і $4,7\pm 0,7$ разів у порівнянні з додатковим чистим годуванням без KF₆CF.

Важливим аспектом у роботі є дослідження вмісту хімічних елементів у кормі та рибі з різною концентрацією (KF₆CF) та визначення можливої сорбції радіоактивних ізотопів різними варіантами корму при контакті з водою, забрудненою ^{137}Cs . Встановлено, що збільшення вмісту свинцю у кормі з різною концентрацією KF₆CF не підвищує перехід свинцю в організм риб (концентрація в м'язовій тканині риб була нижчою за мінімально детектовану концентрацію). Також експериментально доведено, що незначне забруднення додаткового чистого корму, що контактував із забрудненою аварійними радіонуклідами водою озера корму не призводить до збільшення надходження ^{137}Cs в організм риб. Експерименти, що проводилися в лабораторних умовах, повністю підтвердили достовірність результатів, отриманих в природних умовах.

Результати виконаних досліджень переконливо доводять ефективність та безпечність застосування KF₆CF для зменшення рівнів радіоактивного забруднення риби та можливість використання як дієвого контрзаходу.

В другому підрозділі авторкою представлено результати динамічних спостережень процесів виведення ^{90}Sr під час витримки лінів протягом 45 діб у чистій воді. Експериментально доведено, що цей контрзахід не є ефективним і не призводить до зменшення вмісту ^{90}Sr в тканинах риб, що наочно продемонстровано в природних умовах Чорнобильської зони відчуження.

В третьому підрозділі автором за контрольованих лабораторних умов було визначено параметри надходження та виведення ^{90}Sr при різній температурі води (5–27 °C) та режимі годівлі (маса корму 0–1,5 % від маси риб на добу). Визначено, що збільшення температури води та споживання корму суттєво впливають на накопичення ^{90}Sr у кістковій тканині карася.

Окремий підрозділ присвячено дослідженням зміни вмісту ^{90}Sr за кулінарної обробки кісткової тканини лінів, визначенню коефіцієнтів утримання ^{90}Sr . Дисертанткою експериментально встановлено незначний вихід активності ^{90}Sr з кісткової тканини при варінні бульйону, коефіцієнт утримання становить менше 0,01, що є підставою для можливості перегляду існуючих допустимих рівнів вмісту ^{90}Sr в рибі та рибних продуктах.

В цілому слід зазначити, що П. М. Павленко було проведено дуже великий обсяг робіт на території природних водойм Чорнобильської зони відчуження та в лабораторних експериментах, що дозволило забезпечити цілком прийнятне фактичне наповнення даного розділу дисертації. Також слід відмітити, що представлення експериментальних даних супроводжується значною кількістю ілюстративного матеріалу (рисунок та таблиці), що слугує наочним підтвердженням отриманих результатів та надає змогу оцінити правомірність зроблених дисертанткою висновків.

Розділ «Аналіз та узагальнення результатів дослідження» включає узагальнені та структуровані відповідно завданням роботи результати досліджень. Авторкою ґрунтовно проаналізовано результати власних комплексних досліджень, подано їх інтерпретацію, що свідчить про вільну орієнтацію авторки у питаннях, що розглядаються в дисертації; чітко виділено, новизну дисертації у вирішенні даного напрямку досліджень.

Висновки дисертації сформульовані 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.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації. Принципових зауважень до дисертації немає, хоча при її рецензуванні виникли деякі зауваження та побажання:

1. У тексті дисертації зустрічаються описки (технічні помилки), стилістично невдалі вирази.

2. Немає чіткого розмежування між підрозділами щодо наукової новизни та практичної значимості роботи, деяка інформація дублюється. Наприклад:

С. 30: «Наукова новизна одержаних результатів.

Розроблено

– «Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевикнення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибі (ДР-2006)».

– нові таблиці застосування контрзаходів для національної «Системи підтримки прийняття рішень при ядерних і радіаційних аваріях для сільського господарства України».

С. 32: «Практичне значення одержаних результатів.

На основі отриманих під час роботи результатів було розроблено «Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевикнення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибі (ДР-2006)», а також нові таблиці застосування контрзаходів для національної «Системи підтримки прийняття рішень при ядерних і радіаційних аваріях для сільського господарства України».

3. На мою думку, є деяке порушення співвідношення окремих структурних розділів дисертації, це стосується огляду літератури, що займає

значну частину роботи та містить багато ілюстративного матеріалу. Доцільно було б деякі результати, що містяться в підрозділах: 1.3.2. Годування риб «чистими» кормами; 1.3.2.1. При переміщенні риби в «чисту» водойму; 1.3.2.2. Без переміщення риби із забрудненої водойми, перенести у Розділ 4 «Аналіз та узагальнення результатів», оскільки вони місять результати власних досліджень дисертантки та посилання на відповідні публікації.

4. У тексті дисертації зустрічаються речення з недоречними посиланнями на публікації. Наприклад:

- С. 82: «Садки розміром $1 \times 1 \times 1$ м були обтягнуті пластиковою сіткою з вічком 1 см (Teien et al., 2021; Pavlenko et al., 2021; Kashparova et al., 2023)»;

- С. 92: «Усі проби зберігалися у морозильній камері при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до проведення аналізу (Pavlenko et al., 2023; 2024)»;

- С. 92: «Маса всіх зразків вимірювалася перед вимірами активності радіонуклідів на вагах (KERN pfb) з точністю до 0.01 г і (AXIS AD200) з точністю до 0.001 г (Pavlenko et al., 2023, 2024)»;

- С. 95: «на намитій піщаній лівобережній дамбі з мінімальним фоном γ -випромінювання (<2 Бк за ^{137}Cs) (51.466762° , 30.020235°), побудованій в 1992 році після аварії (Kashparova et al., 2023; Pavlenko et al., 2023)».

5. В таблиці 3.1 для зручності порівняння даних краще в колонці «Активність у всьому тілі у риби» навести дані питомої активності, оскільки дослідні риби мали різну вагу.

6. На рисунку 3.7 є неточність у підписі: наведено дані не питомої активності ^{90}Sr , а відносної питомої активності ($Cb(t)/Cw$).

7. Список наукових публікацій дисертантки за темою дослідження не має посилання на DOI та на квартали журналу в наукометричних базах даних, зазвичай, такі відомості наводять у дисертаціях, оскільки це надає можливість отримати вичерпну інформацію про публікації.

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

1. Чому об'єктом досліджень було обрано 2 види риб: карася сріблястого та лина? Чи були відмінності в накопиченні та виведенні радіонуклідів з організму риб даних видів?

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

3. Чи будуть прийнятними для використання показники надходження та виведення ^{90}Sr і ^{137}Cs в організмі риб, що одержані в дисертації, для інших видів прісноводних мирних риб?

4. Якою була похибка при визначенні питомої активності ^{90}Sr в дослідних зразках при спектрометричному та радіохімічному його визначенні?

Зауваження та побажання, які виникли в процесі рецензування, не впливають на позитивне враження від роботи та не зменшують її теоретичного та практичного значення. Дисертація П. М. Павленко містить нові важливі результати, що базуються на оригінальних, широкомасштабних, трудомістких та скрупульозно виконаних експериментальних дослідженнях. Обсяг та методичний рівень виконаних експериментальних робіт свідчить про велику працездатність дисертантки та її якісну професійну підготовку.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Оформлення дисертації за структурою, стилем представлення матеріалу та мовою відповідає вимогам 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).

Дисертація є самостійним дослідженням здобувачки.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових працях, в яких подано результати дисертації, не виявлено.

Загальний висновок. Дисертація П. М. Павленко на тему: «Наукове обґрунтування та розробка заходів щодо зменшення радіоактивного забруднення риби ^{90}Sr та ^{137}Cs » 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 (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, Павленко Поліна Максимівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія» галузі знань 09 «Біологія».

Офіційний опонент завідувачка відділу радіобіології та радіоекології Інституту ядерних досліджень НАН України, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Алла ЛИПСЬКА