

Відгук офіційного опонента

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
за спеціальністю 091 «Біологія» галузі знань 09 «Біологія»

Актуальність теми дисертації. Радіонукліди, що надходять у водойми, залучаються до біогеохімічних процесів розподілу речовин між біотичними та абіотичними компонентами екосистем, а також до подальшої міграції по харчових ланцюгах, накопичуючись в організмах кінцевих ланок. Зазвичай, верхні трофічні рівні у водоймах займають риби, які за хімічною подібністю до біологічно значущих елементів активно концентрують більшість штучних і природних радіонуклідів у різних органах і тканинах. У водоймах, які зазнали інтенсивного радіонуклідного забруднення внаслідок аварійних ситуацій на підприємствах ядерного паливного циклу, процес накопичення радіонуклідів рибами може відбуватися до біологічно небезпечних рівнів. Тому дослідження, які охоплюють аналіз динаміки питомої активності радіонуклідів у рибі природних водойм, є важливим елементом стратегії збереження іхтіофауни, як одного з найбільш радіаційно-чутливих компонентів водних екосистем, а також становлять необхідну інформаційну базу при розробленні контрзаходів, які, у разі перевищення санітарно-гігієнічних нормативів вмісту радіонуклідів у продуктах харчування, забезпечують безпеку здоров'я людини при споживанні забрудненої радіонуклідами риби.

Дисертація Павленко Поліни Максимівни присвячена обґрунтуванню та розробленню заходів задля зменшення радіоактивного забруднення прісноводної риби ^{137}Cs і ^{90}Sr . Авторкою проведено серію експериментальних досліджень у природних водоймах з утримання риб в умовах годівлі «чистими» кормами з додаванням залізо-гексаціаноферат калію (KF₆CF), а також з перенесенням радіоактивно забруднених у Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ) риб до умовно «чистої» водойми задля тестування заходів щодо зменшення питомої активності ^{90}Sr . У лабораторних експериментальних дослідження, які склалися з серії модельних акваріумних дослідів, авторка вивчила динаміку обміну ^{90}Sr між організмом риб та водним середовищем за різних режимів температури води та штучної годівлі, а також з'ясувала вплив кулінарної обробки риб на утримання радіонукліду у тканинах. Актуальність і важливість виконаних досліджень не викликає сумнівів.

Наукова новизна одержаних результатів. Авторкою встановлено радіологічну ефективність застосування додаткового чистого корму, що містив

0,1 та 1,0 % KFCF, для зниження питомої активності ^{137}Cs у м'язових тканинах риби. З'ясовано, що перенесення риби з радіоактивно забрудненої водойми в «чисту» не призводить до зменшення забруднення ^{90}Sr тканин риби. Досліджено швидкість обміну ^{90}Sr між організмом риби та водним середовищем за різних режимів температури і годівлі в контрольованих лабораторних умовах. Дисертанткою вперше у природних умовах ЧЗВ проведено експеримент з відгодівлі риби кормом з різним вмістом KFCF та визначено вплив такого режиму годівлі на питому активність ^{90}Sr і ^{137}Cs в організмі риби. Проведено експеримент з перенесення риби з радіоактивно забрудненої до «чистої» водойми з подальшим визначенням динаміки виведення ^{90}Sr та ^{137}Cs з тканин риби. Авторкою визначено біологічний період напівзменшення питомої активності ^{90}Sr у кістковій тканині карася сріблястого, а також визначено коефіцієнт утримання радіонукліду при кулінарній обробці риби з радіоактивно забрудненої водойми.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати мають вагомим науковим значенням для оптимізації застосування захисних заходів/контрзаходів, спрямованих на зменшення доз опромінення населення при радіаційних аваріях. Зокрема, це є важливим для радіаційного захисту населення на різних фазах ядерних аварій та зменшенню доз внутрішнього опромінення при споживанні риби та рибних продуктів. Авторка вважає, що застосування KFCF (0,1–1,0 %) дозволило б знизити рівні забруднення ^{137}Cs прісноводної риби до рівня нижчого за допустимий майже у всіх водоймах України за межами ЧЗВ. Встановлено, що утримання риби з радіоактивно забрудненої в «чистій» водоймі не призводить до зменшення питомої активності ^{90}Sr у кістковій та м'язовій тканинах риби, що робить цей контрзахід можливо ефективним тільки на ранніх фазах радіаційних аварій, і є неефективним на пізніх стадіях. Дисертант вважає, що визначені коефіцієнти утримання ^{90}Sr при кулінарній обробці (зокрема варінні) у кісткових тканинах риби з одного з найбільш забруднених озер ЧЗВ, які становлять менше 0,01, вимагають перегляду допустимих рівнів вмісту ^{90}Sr в рибі та рибних продуктах і встановлення таких рівнів тільки для тієї частини риби, що споживається. Проведення лабораторних акваріумних експериментів у контрольованих умовах за різних температурних умов та раціону підтвердило достовірність висновків про основні шляхи надходження радіонуклідів та параметри метаболізму, отримані в реальних умовах ЧЗВ для ^{90}Sr у карася сріблястого. На основі отриманих результатів було розроблено «Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевищення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибі (ДР-2006)», а також нові

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

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано в рамках теми 110/1-пр-2022 «Наукове обґрунтування та розробка нових заходів по зменшенню радіоактивного забруднення риби ^{90}Sr та ^{137}Cs » і 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». Ці дослідження також були частково підтримані в рамках теми № 110/1-пр-2019 «Встановлення гранично допустимих концентрацій радіонуклідів в водоймах на основі метаболізму цезію та стронцію».

Структура роботи. Дисертація Павленко Поліни Максимівни написана українською мовою, має достатньо чітку структуру, продуману логічну концепцію і оформлена згідно з наказом 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). Загальний обсяг дисертації становить 204 сторінки. Використання ідей, результатів, текстів і рисунків інших авторів мають посилання на відповідні джерела. Назва дисертації відповідає її змісту. Вона складається з україномовної та англійської анотацій; списку опублікованих праць за темою дисертації; змісту; переліку умовних позначень; вступу; основних розділів: огляд літератури, матеріали та методи досліджень, результати власних досліджень, аналіз і узагальнення результатів досліджень; висновків; списку використаних джерел та додатків.

Вступ (с. 20–28) має традиційну структуру, де послідовно висвітлено актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мета та завдання дослідження, методи дослідження, наукова новизна одержаних результатів, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувачки, апробація результатів дослідження, публікації та структура дисертації.

Розділ 1 Огляд літератури (с. 29–70) містить 40 сторінок та присвячений застосуванню контрзаходів для обмеження радіонуклідного забруднення водних екосистем, їх ефективності після Чорнобильської аварії, застосуванню «чистих кормів» та селективних сорбентів цезію у тваринництві. Проаналізовано токсикологічні аспекти при використанні селективних сорбентів та способи кулінарної обробки радіоактивно забруднених продуктів. Авторка розглядає заходи для зменшення вмісту радіонуклідів у рибі, зокрема

внесення в воду макроаналогів цезію та стронцію, а також годівлю риб «чистими» кормами.

Розділ 2 Матеріали та методи досліджень (с. 71–96) містить 25 сторінок і описує основні методичні підходи для виконання польових і лабораторних досліджень. Відповідно до поставлених завдань авторкою застосовувалися загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. Польові методи включали: проведення досліджень з вирощування риби в природних умовах ЧЗВ; проведення акваріумних досліджень в контрольованих умовах; відбір зразків тканин риб за міжнародним протоколом відбору проб EMERGE. Також застосовувалися вимірювальні методи для визначення питомої активності радіонуклідів у відібраних зразках за допомогою методів гамма- і бета-спектрометрії та радіохімічних методів; визначення вмісту стабільних ізотопів за допомогою маспектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-MS). Математичні методи для статистичної оцінки результатів досліджень.

Дослідження виконано на достатній кількості риб з урахуванням встановлених критеріїв щодо формування дослідних і контрольної груп. Для дослідження було обрано найбільш поширені види риб, що мають промислове значення. Дослідження було проведено з дотриманням вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для наукових експериментів або в інших наукових цілях від 1986 р., а також Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 21.02.2006 р. № 3447-IV в редакції від 04.08.2017 р.

Розділ 3 Результати досліджень (с. 97–126) містить 29 сторінок і складається з таких головних підрозділів: 3.1. Радіоактивне забруднення риби при використанні додаткового «чистого» корму з різним вмістом KF₂CO₃; 3.2. Виведення радіонуклідів під час витримки линів в чистій воді у Чорнобильській зоні відчуження; 3.3. Лабораторні експерименти з вивчення параметрів надходження і виведення ⁹⁰Sr при різній температурі і режимі годівлі риб та 3.4. Кулінарна обробка кісткової тканини линів.

В рамках проведених досліджень авторкою вперше отримано параметри зниження радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs риби при застосуванні корму з різним вмістом одного з видів Берлінської лазури – KF₂CO₃ у природних умовах ЧЗВ. Застосування додаткової чистої годівлі з 0,1 і 1 % вмістом KF₂CO₃ знижувало надходження ¹³⁷Cs в організм риби у 2,7±0,5 і 4,7±0,7 раза, відповідно, у порівнянні з додатковою чистою годівлею без KF₂CO₃. Під час лабораторних експериментів, проведених у контрольованих умовах акваріуму, вивчена швидкість обміну ⁹⁰Sr між водним середовищем та організмом риби за різних температурних умов і режимах годівлі. Мінімальна швидкість надходження ⁹⁰Sr у кісткову тканину риб (~0,055 доба⁻¹) з води спостерігалася

за найнижчої температури 5 °С та мінімального добового надходження корму – 0,15 % від маси риби. Максимальна швидкість надходження ^{90}Sr у кісткову тканину карася сріблястого становила $1,5 \pm 0,2$ доба⁻¹ за температури 27 ± 1 °С за максимальної годівлі (1,5 %). На відміну від короткострокових лабораторних експериментів, у реальних умовах було продемонстровано низьку ефективність утримання риби в «чистій» воді з метою зменшення вмісту ^{90}Sr . Уперше визначено коефіцієнти утримання ^{90}Sr при кулінарній обробці кісткової тканини (варінні) лина з одного з найбільш забруднених радіонуклідами озер ЧЗВ, які не перевищували 0,01.

Розділ 4 Аналіз і узагальнення результатів дослідження викладено на 7 сторінках. У цьому розділі (с. 127–134) здобувачка проводить аналіз та інтерпретацію отриманих результатів експериментальних досліджень у природних водоймах з утримання риб в умовах годівлі «чистими» кормами з додаванням KFCSF та з перенесення радіоактивно забруднених риб до умовно «чистої» водойми задля тестування заходів щодо зменшення питомої активності радіонуклідів. Також виконано аналіз результатів лабораторних експериментів з вивчення динаміки обміну ^{90}Sr між організмом риб та водним середовищем за різних режимів температури та годівлі, а також з кулінарної обробки риб для подальшого визначення коефіцієнту утримання радіонукліду у тканинах. У розділі зроблено узагальнення і обговорення одержаних результатів з детальною та критичною інтерпретацією згідно існуючих сучасних даних. Розділ викладено грамотно, змістовно і логічно довершує проблематику дослідження.

Висновки (с. 135–137) містять 7 пунктів. Вони достатньо чітко сформульовані та логічно витікають з результатів власних досліджень.

Список використаних літературних джерел (с. 138–159) містить 141 найменування, серед яких 118 – латиною. Переважно список сформований літературою за останні 10–15 років, що вказує на поєднання результатів досліджень із сучасними науковими досягненнями з дослідженої авторкою проблематики.

Додатки займають 35 сторінок (с. 160–195). У цьому розділі здобувачка навела протоколи проведення експериментальних досліджень, а також методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевикнення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr в рибі (ДР-2006) з власними додатками.

Список опублікованих праць за темою дисертації (с. 196–204) містить бібліографічний опис наукових публікацій за темою дисертації. Всі наведені публікації супроводжуються детальним описом внеску кожного з авторів.

Апробація результатів досліджень, повнота їх викладення в опублікованих працях, достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків, рекомендацій. Апробацію результатів досліджень здобувачкою здійснено на: VIII Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування» (м. Харків, 2020 р.); I Міжнародній науково-практичній конференції «Chornobyl: Open Air Lab» (м. Київ, 2021 р.); IX Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування» (м. Харків, 2021 р.); 9th Annual Symposium of Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University (м. Фукусіма, Японія, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу» (м. Київ, 2023 р.); The 8th Congress of Ukrainian Radiobiological Society with international participation (м. Житомир, 2023 р.); 10th Annual Symposium of Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University (м. Фукусіма, Японія, 2023 р.); International Symposium on Food Safety and Control (м. Відень, Австрія, 2024 р.).

На підставі виконаного аналізу роботи вважаю, що наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертації Павленко Поліни Максимівни, достовірні і обґрунтовані; головні результати дисертації отримали цілком достатню апробацію на вітчизняних і міжнародних наукових форумах, а основний зміст роботи у повному обсязі опубліковано у 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.

Особистий внесок здобувачки. Дисертантка брала безпосередню участь у аналізі та узагальненні літературних даних за темою дослідження, плануванні експериментальних досліджень, проведенні й виконанні всіх експериментів в польових і лабораторних умовах, відборі матеріалу та приготуванні зразків для досліджень, вимірюванні всіх зразків, здійсненні статистичної обробки експериментальних даних та аналізі результатів, підготовці статей. Спільно з науковим керівником дисертанткою було проведено планування експериментів, інтерпретацію отриманих результатів і формулювання висновків. Наукові результати, представлені в дисертації, розроблено дисертанткою особисто. У спільних публікаціях права співавторів не порушено,

у роботі використано лише ті положення, які становлять особистий внесок дисертантки, про що зазначено в переліку публікацій.

Дискусійні, критичні зауваження та запитання до здобувачки. Позитивно оцінюючи дисертацію, вважаю за доцільне навести окремі дискусійні питання, зауваження та побажання:

1. У «Науковій новизні одержаних результатів» авторка пише, що «перенесення аборигенної риби з радіоактивно забрудненої водойми в «чисту» не призводить до зменшення забруднення ^{90}Sr в тканинах риб». Як положення «Новизни» воно сформульовано невдало і помилково, адже існує біологічне виведення радіонукліду з організму, про що авторка сама згадує в подальшому.

2. Тут же, чергове положення – «швидкості надходження і виведення ^{90}Sr з організму риб безпосередньо з води при різній температурі води і режимах годівлі в контрольованих лабораторних» (?) речення незакінчене, мабуть, «умовах».

3. Зазвичай, автори уникають дубляжу положень у «Науковій новизні одержаних результатів» та «Практичному значенні одержаних результатів». Проте розроблені авторкою «Методичні рекомендації щодо застосування контрзаходів з метою забезпечення неперевищення гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs та ^{90}Sr у рибі (ДР-2006)» (до речі, не зрозуміло до чого тут ДР видання 2006 р.), а також таблиці застосування контрзаходів для «Системи підтримки прийняття рішень при ядерних і радіаційних аваріях для сільського господарства України» дублюються в обох підрозділах, але більш відносяться до «Практичного значення одержаних результатів». Також дублюються отримані результати з розрахунку коефіцієнту утримання ^{90}Sr при кулінарній обробці риби з радіоактивно забрудненої водойми. Вони також мають більше відношення до практичного значення роботи.

4. В огляді літератури авторка пише: «було встановлено, що ^{90}Sr надходить в організм риб переважно з води, ймовірно, через зябра, а не через кишечник, оскільки прісноводні риби не п'ють воду» (Wendelaar Bonga, 1997). Проте значна кількість води безсумнівно надходить до кишківника з об'єктами харчування. Тому не можна виключати пероральний шлях надходження радіонукліду до організму риби.

5. На с. 32 цитується документ ІАЕА (2010) про розподіл стронцію «у кістковій структурі водної біоти (наприклад, скелет, голова, плавники, кістки, риб'яча луска)». Проте, і голова, і плавці, і кістки належать до скелету, навіть луску іноді відносять до зовнішнього скелету. Подібне ж речення наводиться на с. 50, але з посиланням на інші джерела цитування (Blaylock, 1992; Vanderploeg et al., 1975).

6. На с. 34, а також в умовних скороченнях, відсутнє розшифрування абrevіатури принципу ALARA.

7. У підрозділі 2.1 Об'єкти лабораторних та польових досліджень не вистачає хоча б загального опису еколого-біологічних характеристик іхтіологічних об'єктів дослідження.

8. Опис водних об'єктів у підрозділі 2.2 Опис експериментальних водойм в Чорнобильській зоні відчуження дещо фрагментарний і різномірний. Разом з кольоровими світлинами певних ділянок озер було б доречно навести хоча б масштабовані схеми водойм.

9. У підрозділі 2.2.1 Вплив годівлі риб кормом з радіосорбуючими властивостями на накопичення і виведення радіонуклідів на с. 77 авторка пише, що сім коропів були чіповані. «Вживлений в черевну порожнину чіп (розміром 10 мм) дозволяв ідентифікувати рибу, що дало змогу відстежувати зміни маси окремих риб протягом експериментального періоду». Було б доречним, окрім розмірних, надати якісь загальні технічні характеристики цих мікроприладів.

10. На рис. 3.1 (в) (с. 98) поряд з допустимими рівнями вмісту ^{137}Cs для риб, які прийняті в країнах Європейського союзу, варто було б додати нормативи, які діють в Україні.

11. У підрозділі 3.2 Виведення радіонуклідів під час витримки ливів в чистій воді у Чорнобильській зоні відчуження не зрозуміло, для чого відокремлений п/підрозділ 3.2.1, оскільки він є тут лише один. Це ж саме стосується і підрозділу 3.4 з відокремленим п/підрозділом 3.4.1.

12. Підрозділ 3.2, табл. 3.3. Не зрозуміло, до чого додана вибірка риб 2020 р. Доречно також було б виконати вимірювання динаміки ^{137}Cs не лише у м'язовій, але й у кістковій тканині.

13. В анотації, а також у висновку б наведена «швидкість виведення ^{90}Sr із кісткової та м'язової тканини аборигенних риб із природних високо-забруднених водойм» як величина більше 500–1000 діб з посиланням, зокрема, і на публікацію дисертантки і співавторів (Teien et al., 2021; Pavlenko et al., 2024). Проте автор відгуку не знайшов у тексті дисертації опису як були отримані ці величини.

14. Щодо перегляду ДР для ^{90}Sr , які діють в Україні для рибної продукції, то слід зазначити, що кулінарна обробка риб не обмежується лише варінням. Існує безліч способів приготування риби за значно вищих температур, на відміну від тих, за яких відбувається варіння. Це жарка, тушкування, гаряче коптіння, автоклавування при виготовленні консервованої продукції, або, не кажучи вже про використання безлічі хімічних реагентів задля поліпшення смакових якостей та пом'якшення кісткових тканин та ін. Таким чином, не виключено що за певних умов ^{90}Sr ставатиме більш мобільним

та переходитиме до м'язових тканин або у розчин/розсіл тощо. Тому це питання потребує подальшого більш ретельного та всебічного вивчення.

До певних незначних недоліків оформлення роботи слід віднести наступні:

1. На с. 48 посилання на роботу І. М. Рябова дається у тексті без ініціалів та року публікації. «Рябов запропонував...» виглядає дещо зневажливо.

2. На с. 68 у табл. 1.6 у стовпці «Кількість промивань» замість цифрового значення фігурує слово «М'язи».

3. При вживанні біномінальної видової назви лина *Tinca tinca*, авторка чомусь обидва слова пише з великої літери (у 10 з 13 випадків).

4. Некоректне висловлювання на с. 90 – «з мінімальним фоном γ -випромінювання (<2 Бк за ^{137}Cs)».

5. Недоречне посилання в огляді літератури. Авторка пише, що на ранньому етапі Чорнобильської аварії, до 7 травня 1986 р., було евакуйовано 99195 осіб з 113 населених пунктів: 11358 осіб з 51 населеного пункту Білорусі та 87837 осіб з 62 населених пунктів України. Загалом, у 1986 р. було евакуйовано 24725 осіб зі 108 населених пунктів Білорусі на площі 1542 км² та 91406 осіб з 76 населених пунктів України на площі 2157 км². Посилання на (Кашпаров та ін., 2022). При наведенні таких даних необхідно посилатися на офіційні національні документи або звіти міжнародних організацій.

Проте наведені зауваження не знижують наукової значущості дисертації, в результаті виконання якої здійснено наукове обґрунтування та розроблення заходів щодо зменшення питомої активності головних дозоутворювальних радіонуклідів у найбільш поширених у водоймах Європи представників іхтіофауни.

Загальний висновок на дисертацію. За обсягом проведених досліджень, з використанням сучасних різнопланових методик досліджень, за науковою цінністю і практичним значенням дисертація Павленко Поліни Максимівни відповідає сучасному науковому рівню з дослідженої проблематики. Враховуючи актуальність обраної теми, наукову новизну і практичну цінність, а також достовірність результатів отриманих дисертанткою і викладених у представленій роботі, враховуючи особистий внесок здобувачки, конкретність висновків і практичних пропозицій та з урахуванням ряду критичних зауважень, побажань і дискусійних питань, відповідність спеціальності 091 «Біологія», вважаю, що дисертація Павленко Поліни Максимівни на тему: «Наукове обґрунтування та розробка заходів щодо зменшення радіоактивного забруднення риби ^{90}Sr та ^{137}Cs » є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково-обґрунтовані результати.

Дисертація оформлена відповідно до 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) та 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 зі спеціальності 091 «Біологія» галузі знань 09 «Біологія».

Офіційний опонент завідувач відділу водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України Дмитро ГУДКОВ