ВІДГУК

Офіційного опонента на дисертацію Явнюка Андріана Андріановича

«ОСОБЛИВОСТІ РАННЬОГО ОНТОГЕНЕЗУ ОЧЕРЕТУ ЗВИЧАЙНОГО PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD. В УМОВАХ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17 – Гідробіологія

Актуальність теми дисертації

З розвитком ядерної енергетики і зростанням нестабільності в природі та суспільстві зростає ймовірність радіаційного забруднення навколишнього середовища, що вимагає перегляду існуючих підходів до оцінки радіоекологічних ризиків, розглядаючи їх не тільки відносно людини, але й сукупності всіх живих організмів. Оскільки все частіше з'являються повідомлення про досить значні ефекти йонізувального хронічного опромінення у низьких дозах, спостерігається значний інтерес до стану біоти, що перебуває на радіоактивно забруднених територіях, зокрема у районі Чорнобиля та Фукусіми.

Для розробки «порогових значень» потужностей дози опромінення, що не завдають «шкідливого впливу» на екосистеми, та врахування відмінності реакцій різних організмів, включаючи рослини, на дію йонізувального опромінення, Міжнародна комісія з радіологічного захисту (ICRP) у 2008 р. запропонувала використовувати набір референтних видів та започаткувала створення наукових баз даних щодо подібних ефектів радіації на біоту.

Одним з пошкоджень вищих рослин в умовах тривалого радіонуклідного забруднення є порушення раннього онтогенезу, які добре вивчені у наземних рослин і внесені як референсні в систему комплексної оцінки екологічного стану наземних екосистем. Для водних макрофітів подібні дослідження досить обмежені, хоча відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60 ЄС

макрофіти є одним з основних елементів в системі оцінки екологічного стану поверхневих вод.

У 1986 р., після катастрофи на Чорнобильській АЕС, велика кількість радіонуклідів надійшла у водні екосистеми. Вищі водяні рослини беруть активну участь в їх перерозподілі, поглинаючи разом з поживними речовинами з донних відкладень і води і накопичуючи в своїй фітомасі. Одним з таких видів є очерет звичайний *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – гелофіт, широко розповсюджений у світі й Україні та, зокрема, в Чорнобильській зоні відчуження. Очерет однаково добре росте як у воді, так і на зволожених територіях. Його зарості, розташовані в прибережній зоні, виконують у водоймах бар'єрну функцію. Вид добре розмножується вегетативно та має високу насіннєву продуктивність.

Життєздатність, особливості росту і аномалії розвитку насіннєвого потомства очерету в умовах тривалого низькоінтенсивного іонізуючого опромінення до теперішнього часу не вивчені.

Все вищесказане говорить про те, що дисертаційна робота Явнюка Андріана Андріанович, присвячена особливостям раннього онтогенезу очерету в умовах радіонуклідного забруднення водойм, **актуальна і має певну наукову новизну.**

Мета дисертаційного дослідження полягає у вивченні порушень розвитку насіннєвого потомства очерету звичайного в градієнті потужності поглиненої дози йонізувального опромінення на рослини у водоймах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ).

Мета роботи Андріаном Андріановичем досягнута.

Актуальність роботи підтверджується її відповідністю держбюджетним науковим темам кафедри екології Національного авіаційного університету МОН України – «Дослідження екологічної безпеки біоти забруднених радіонуклідами екосистем» (№ 4/10.02.03, 2012–2014 рр.), «Екотоксикологічна

оцінка водних об'єктів мегаполісу на прикладі м. Києва» (№ ДР 0117U002372, 2016–2018 рр.).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків

Наукові положення та висновки щодо особливостей раннього онтогенезу очерету звичайного з водойм Чорнобильської зони відчуження є наслідком низки різнобічних наукових досліджень, виконаних автором при вирішенні завдань, які поставлені в роботі.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням різноманітних методик та методів досліджень, як-то: відбирання насіннєвого матеріалу з дотриманням рандомізації, проведення лабораторних експериментів за сприятливих умов для проростання насіння, визначення показників життєздатності насіннєвого потомства при різних потужностях дози хронічного опромінення батьківських рослин, додаткового гострого опромінення насіння, та після періоду спокою різної тривалості.

Автором отримано великий обсяг матеріалу, який коректно піддано ґрунтовній математичній та статистичній обробці.

Рукопис дисертації написаний з використанням фахової термінології.

Текст є цілісним і має змістовну завершеність. Результати дослідження та наукові положення дисертації повно представлені у публікаціях у фахових виданнях. Дослідження характеризується достатнім науковим рівнем.

Отримані результати і висновки досить логічно відображає викладений матеріал.

Аналізуючи складові частини дисертаційної роботи А.А. Явнюка, необхідно зазначити наступне.

У першому розділі **«Надходження радіонуклідів у водні екосистеми та їх вплив на біоту (огляд літератури)»** здобувач проаналізував численні вітчизняні та зарубіжні наукові праці щодо шляхів та джерел надходження природних та штучних радіонуклідів у водні об'єкти, особливостей міграційних процесів радіонуклідів у донних відкладах, водному середовищі та біоті. Автором описані існуючи камерні моделі переходу радіонуклідів між

абіотичними та біотичними компонентами екосистем. Наведено огляд досліджень ефектів хронічного та гострого йонізувального опромінення у насіннєвого потомства дикорослих рослин та сільськогосподарських злакових культур. Показано, що прояв впливу йонізувального опромінення залежить як від радіочутливості та радіостійкості виду, так і від багатьох факторів, серед яких відмічають силу впливу опромінення та умови формування, пророщування та фізіологічний стан насіння.

У другому розділі «**Матеріали та методи досліджень»,** який складається з шести підрозділів, автором розглянуто геоморфологічну, гідрологічну та радіоекологічну характеристику досліджуваних водойм, наведено загальну характеристику очерету звичайного, морфологію його насіння та особливості розвитку паростків, різноманітні методики і методи проведення лабораторних дослідів, методи математичної та статистичної обробки отриманих результатів.

Проводячи дослідження на семи водоймах з різним рівнем радіонуклідного забруднення, автор продемонстрував достатній рівень обізнаності не тільки в галузі радіобіології, але і в біології розвитку рослин, гідроботаніці та гідроекології. А.А. Явнюк впевнено володіє різноманітнім набором методик та методів досліджень, та потужним математичним апаратом для обробки одержання результатів (статистичні методи, методи камерних моделей поведінки радіонуклідів в водних екосистемах, кореляційного, регресійного, двофакторного дисперсійного аналізу та ін.), що дало йому змогу успішно виконати поставлені завдання.

У третьому розділі «**Моделі поведінки радіонуклідів ^{90}Sr та ^{137}Cs в озерах Глибоке та Далеке Чорнобильської зони відчуження»** здобувач показав результати моделювання міграційних процесів ^{90}Sr та ^{137}Cs у абіотичних компонентах екосистем та фітомасі очерету найбільш забруднених водойм ЧЗВ.

Згідно побудованих математичних моделей показано, що протягом 20-річного періоду (2000-2020 рр.) понад 70% запасу радіонуклідів в екосистемах цих озер припадає на донні відкладі. Основним чинником, що обумовлює

зменшення їх вмісту, є природний розпад. Більш 20% – запас радіонуклідів на водозбірній площі.

Дослідження динаміки вмісту радіонуклідів у товщі води та фітомасі очерету показало наявність періоду «інтенсивних змін» та періоду «динамічної рівноваги», середньою тривалістю 5 та 15 років відповідно.

Протягом першого спостерігалося суттєве зниження частки активності радіонуклідів у водному середовищі озер, та збільшення в фітомасі очерету, інтенсивність змін в озерах відрізнялася. В період динамічної рівноваги активність радіонуклідів у воді та біомасі рослин змінюється повільно.

Аналіз стійкості створених камерних моделей поведінки ^{90}Sr та ^{137}Cs в абіотичних та біотичних компонентах озер показав, що дані моделі є стійкими.

Отримані особливості накопичення радіонуклідів в очереті разом з літературними даними дозволили визначити діапазони дозового навантаження на очерет у досліджуваних водоймах.

Нітрохи не применшуючи результатів виконаної роботи, вважаю, що створені камерні моделі були б більш зрозумілими та адекватними, якщо б в якості вхідних даних враховувався вміст радіонуклідів у донних відкладеннях мілководь, де росте очерет, а не всієї водойми, а також дані по продукції, а не фітомасі рослин.

У четвертому розділі «**Вплив тривалості періоду спокою та дози йонізувального опромінення на життєздатність насіннєвого потомства очерету звичайного**» дисертантом встановлено дозозалежне зменшення показників життєздатності насіннєвого потомства в діапазоні потужності поглиненої дози опромінення батьківських рослин 0,03–34,0 мкГр/год та показано їх відновлення після тривалого періоду спокою для водойм зони відчуження. Для фонових водойм спостерігається вірогідне збільшення виживаності паростків та зменшення інших показників, зокрема схожості.

Здобувач також встановив підвищення радіостійкості насіннєвого потомства у найбільш забруднених водоймах зони відчуження.

В цьому розділі А.А. Явнюк отримав велику кількість дуже цікавих даних стосовно залежності показників, що досліджуються, від дози опромінення. На жаль найчастіше вони тільки перераховуються, але не пояснюються. Вірогідно, і швидше за все, не всі вони можуть бути пов'язані тільки з радіаційним впливом.

У п'ятому розділі «**Ростові показники коренів та листків насіннєвих паростків очерету звичайного за різних режимів опромінення**» здобувач описав результати вивчення ефектів йонізуючого опромінення на лінійні показники та характер росту кореня та листка паростків насіння очерету. Порівняно з показниками з фонових водойм у паростків насіння очерету з водойм ЧЗВ відмічалися затримка проростання та повільний ріст, який посилювався при додатковому гострому опроміненні. Тобто перебування рослин в умовах хронічного радіаційного опромінення змінює радіаційну стійкість їх насіння.

Показано, що характер дозових залежностей ростових процесів насіннєвих паростків в градієнті впливу хронічного опромінення змінювався з лінійного на експоненційний.

У шостому розділі «**Морфологія паростків зернівок очерету звичайного з водойм зони відчуження за різних режимів опромінення**» А.А. Явнюк описав та упорядкував у систему численні аномалії розвитку паростків насіння з різним рівнем хронічного (у водоймі) та додаткового (у експерименті) гострого йонізувального опромінення.

Автор зазначає, що найбільш типовою аномалією є порушення органогенезу паростків. Співвідношення аномалій різних типів змінювалося залежно від режиму опромінення батьківських рослин та насіннєвого потомства. Згідно з автором, кількість порушень життєздатних паростків вірогідно відображає вплив радіаційного чинника на очерет звичайний і може бути одним з показників для оцінки ризику радіаційного ураження літоральних рослин у забруднених радіонуклідами водоймах.

На наш погляд, кількість аномалій насінневих паростків та їх характер залежать не тільки від впливу радіаційного чинника, але і від стану батьківських рослин та стану насіння, зумовлених комплексним впливом абіотичних факторів, що необхідно враховувати при оцінці ризику радіаційного ураження рослин.

Наприкінці рукопису автор наводить висновки, що відповідають результатам роботи, викладеним у відповідних главах тексту дісертації.

Оцінка змісту дисертації та її завершеність

З огляду на вищесказане, можна вважати, що А.А. Явнюк програму досліджень виконав і представив до захисту завершену роботу. Дисертація складається з 6 розділів та включає вступ, огляд літератури, опис матеріалів та методів досліджень, результатів досліджень, їх обговорення та узагальнення, заключення, висновки, список використаної літератури та додатки.

Роботу викладено на 204 сторінках. Рукопис містить 33 таблиці, 63 рисунка. Список використаної літератури нараховує 295 джерел, з яких 234 – іншомовні.

Структура дисертації логічно скомпонована, добре проілюстрована й оформлена згідно вимог пункту 11 «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567). Дисертація та автореферат написані фаховою українською мовою.

В процесі ознайомлення з роботою виникли такі зауваження:

1. В Розділі 1. здобувач зазначає, що „Вміст радіонуклідів у компонентах водної екосистеми залежить від гідродинамічних процесів їх транспорту до або за межі водойми.” На нашу думку, – в першу чергу, від ступеню початкового забруднення самої водойми та площі водозбору.

2. Згідно з прийнятими правилами згадування таксономічних назв рослин назва виду латинською мовою із зазначенням автора, який його описав, наводиться при першому згадуванні у тексті, а при наступних – можна

користуватися як українською, так і латинською назвою без згадки автора, родова назва може бути скороченою. Ці правила порушені на сторінках 32, 39, 41, 45, 46, 51 та ін. Назви деяких видів наведено некоректно (різак водяний алоевидний замість водяний різак алоевидний (стор. 32), смілка біла замість куколиця біла (стор. 39). *Zeamays* замість *Zea mays* (стор. 44) та ін.)

3. На наш погляд, хлорофільні порушення не належать до морфологічних аномалій (стор. 41).

4. В Розділі 2 характеристики водойм наведені не за однією схемою, для багатьох відсутні показники водообміну, відсоток площ мілководь та особливості їх заростання, що полегшило б розуміння матеріалу, який розглядається у 3-му розділі.

5. Незрозуміло, в таблицях 2.1–2.7 наводяться усереднені показники для всієї водойми чи тільки для району зростання батьківських рослин, і за який період ці дані.

6. На жаль, при загальній характеристиці очерету не вказуються особливості, стан батьківських рослин водойм з різним рівнем хронічного опромінення, що в сукупності з попереднім пунктом допомогло б пояснити отримані результати.

7. На рис. 2.11 наведено будову не зернівки, а зародка очерету.

8. На схемах проведення дослідів (рис. 2.18–2.21) зустрічаються незрозумілі повтори, замість „висаджування насіння" краще писати „висівання", а замість „довгий період спокою" – „тривалий період", як наведено у тексті.

9. Незрозуміло, про які методи гідробіологічних досліджень насіннєвого потомства говорить автор на стор. 81.

10. В Розділі 4 незрозумілі підписи до рис. 4.1–4.9, де рисунки, які відображають один процес (4.1; 4.3 та 4.5–4.9), мають різні підписи.

11. На рис. 4.14 показано, що життєздатність насіння очерету 2012 року збору в контролі оз. Вербне з фоновим радіаційним навантаженням була набагато нижчою, ніж в найбільш брудному оз. Глибоке (45 та 90%), хоча для

насіння, зібраного у 2008 р. (табл. 4.1) спостерігається інша залежність (83 і 38%). З чим це пов'язано?

12. Подібне питання стосується даних по схожості насіння, зібраного в 2008, 2010 і 2012 рр. у водоймах Вербному, ВО ЧАЄС та Глибокому та виживаності паростків (див. табл. 4,1, 4,4 та рис. 4.11). При порівнянні видно, що показники схожості для однієї водойми в різні роки відрізняються на 18, 22 та 38% відповідно, показники виживаності паростків – на 59, 31 та 27%.

13. Розділ 6. Чим можна пояснити той факт, що кількість аномалій проростків та їх тип для насіння 2008 р. і 2012 р. збору (рис. 6.1 і 6.4-контроль) значно відрізняються.

Переважна частина зазначених зауважень скоріш дають підстави для більш уважного погляду на гідробіологічні аспекти дисертаційной роботи. Проте, не зважаючи на них, теоретична та практична цінність дисертаційної роботи А.А. Явнюка, яка є актуальним науково-кваліфікаційним дослідженням, не викликає сумнівів. Отримані дисертантом результати є ґрунтовним аналізом особливостей раннього онтогенезу очерету звичайного – домінуючого виду повітряно-водних рослин.

Наукова новизна дослідження та одержаних результатів:

Дисертантом одержані нові для науки дані та узагальнення:

– вперше досліджено стан насіннєвого потомства очерету звичайного за умов тривалого низькоінтенсивного іонізуючого опромінення батьківських рослин водойм ЧЗВ;

– виявлено порушення раннього онтогенезу за фізіологічними, морфологічними показниками та за комплексом показників життєздатності насіннєвого потомства;

– доведено вплив тривалості періоду спокою насіння на відновлення життєздатності насіннєвого потомства очерету звичайного;

– встановлено взаємозв'язок між виявленими порушеннями розвитку насіннєвого потомства очерету звичайного та потужністю дози опромінення батьківських рослин;

– спрогнозовано динаміку переходу з абіотичних компонентів до очерету звичайного основних дозоформуючих радіонуклідів ЧЗВ ^{90}Sr та ^{137}Cs.

Значимість для науки та практики висновків і рекомендацій

Цінною є спроба автора дослідити особливості раннього онтогенезу однієї з найпоширеніших повітряно-водних рослин очерету звичайного *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в умовах радіаційного навантаження різного рівня.

Дисертація є внеском у вивчення біоти озерних екосистем, що зазнають радіонуклідного забруднення антропогенного характеру. За певних умов результати, одержані автором, можуть бути використані для оцінки стану водних екосистем з тривалим низькоінтенсивним іонізуючим опроміненням.

Досліджені здобувачем показники росту та життєздатності насіннєвого потомства очерету, а також їх аномалії доповнюють наявні бази даних дозозалежних ефектів хронічного опромінення на живі організми. Розроблені моделі динаміки вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs в абіотичних компонентах та фітомасі очерету звичайного можуть бути підґрунтям для прогнозування формування дози опромінення гідробіонтів у замкнених озерних екосистемах.

Практичне значення дисертаційної роботи А.А. Явнюка знаходиться у відповідності до теоретичних узагальнень автора.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Структура та зміст автореферату А.А. Явнюка відповідають цим позиціям тексту дисертації.

Публікація основних результатів дисертації

Дисертаційна робота А.А. Явнюка є самостійним цілісним дослідженням. Положення роботи апробовані на 26 науково-практичних конференціях і з'їздах національного та міжнародного рівнів.

Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані у 32 працях: 8 статей, 5 з яких у наукових фахових виданнях з біологічних наук, 1 з них входить до наукометричних баз Web of Science та Scopus; 1 розділ книги видавництва Springer, яка входить до Scopus; 22 тези у матеріалах вітчизняних та міжнародних конференцій; 1 патент (у співавторстві).

Основні результати дисертації повно викладені в наукових фахових виданнях

Суттєвих недоліків, які б зменшували наукову цінність роботи, не виявлено.

Висловлені застереження гідробіологічного характеру не переважують наукової цінності дисертаційної роботи.

Висновки у цілому відображають результати та основні положення роботи.

Висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота, яка виконана А.А. Явнюком, є вагомим самостійним науковим внеском в подальший розвиток радіоекологічного напрямку у гідробіології.

Аналіз роботи показує, що тема дисертації є новою, актуальною, практично значимою при оцінці екологічних наслідків антропогенних навантажень на водні об'єкти.

За своєю актуальністю, обсягом проведених досліджень, новизною, достовірністю отриманих результатів, обґрунтованістю висновків, оформленням роботи, вважаю що дисертація Явнюка Андріана Андріановича «Особливості раннього онтогенезу очерету звичайного *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. в умовах радіонуклідного забруднення водойм» відповідає вимогам «Порядку присудження

наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її автор **Андріан Андріанович Явнюк** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17 – гідробіологія.

11 лютого 2019 р.

Офіційний опонент,
кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник
відділу іхтіології та гідробіології річкових систем
Інституту гідробіології НАН України Т.М. Дьяченко

Національна академія наук України
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ
Ідентифікаційний код 05417029
Підпис засвідчую
Вчений секретар
«11» лютого 2019 р.