

ВІДГУК

опонента доктора біологічних наук, професора

ЧОБОТЬКО Григорія Михайловича

на дисертацію **Голяки Дмитрія Миколайовича** на тему:

«Просторове і темпоральне оцінювання радіоекологічних показників лісів, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської аварії»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук

за науковою спеціальністю 03.00.01 «Радіобіологія»

1. Ступінь актуальності обраної теми докторської дисертації

Стовбури дереві мінеральний ґрунт є довготривалими депо радіонуклідів у лісових екосистемах, що зумовлює необхідність оцінювати їхній стан з урахуванням біологічного кругообігу, змін біомаси та неоднорідності радіоактивного забруднення. Водночас самого знання щільності радіоактивного забруднення ґрунту недостатньо для визначення вмісту радіонуклідів у деревній продукції, оцінювання її відповідності чинним гігієнічним нормативам, визначення запасів біологічно мобільних радіоізотопів у горючих матеріалах та розрахунку інших радіологічних показників насаджень. Для таких оцінок потрібні дані про розподіл активності між компонентами лісових екосистем: ґрунтом, підстилкою та органами дерев, а також відомості про внесок окремих потоків між цими компонентами й закономірності, що визначають зазначені процеси.

Окремий аспект дисертації присвячено дослідженню радіонуклідів в аерозолях диму. Це доповнює оцінювання депонованої активності аналізом її можливого повторного надходження в атмосферу під час ландшафтних пожежі визначенням можливих дозових навантажень на учасників пожежогасіння на найбільш забруднених радіоізотопами ділянках зони відчуження.

Роботу виконано в межах науково-дослідних тематик Національного університету біоресурсів і природокористування України та міжнародних дослідницьких проектів, зокрема присвячених біогенним потокам ^{90}Sr , прогнозуванню біопродуктивності й радіологічного стану лісів засобами ГІС і машинного навчання, а також радіологічному захисту учасників пожежогасіння. Таким чином, тема дисертації відповідає актуальним потребам наукового забезпечення моніторингу радіоактивно забруднених лісів та обґрунтування можливості їх використання й охорони.

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у докторській дисертації, їх новизна і загальнонаціональне або світове значення

Обґрунтованість положень роботи забезпечується взаємопов'язаністю її експериментальної та розрахункової частин. Переважна частина польового матеріалу для різних аспектів дослідження зібрана особисто здобувачем. Дослідження охоплюють детальний аналіз радіального розподілу ^{90}Sr і ^{137}Cs у модельних деревах, облік запасів активності й потоків цих радіонуклідів у типових соснових та березових насадженнях, а також мережу з 205 пробних площ (експериментальних майданчиків) для моделювання радіоекологічних показників насаджень Чорнобильської зони відчуження. Важливо, що автор оцінює не лише питомі активності, а й біомасу відповідних компонентів, необхідну для розрахунку запасів радіоіотопів.

Поєднання лісотаксаційних вимірювань, гамма-спектрометрії, радіохімічного визначення активності ^{90}Sr у пробах, дозиметрії та статистичного аналізу відповідає характеру поставлених завдань. Для моделей машинного навчання використано поділ даних на навчальні та тестові вибірки, виконано багаторазову перевірку якості оцінювання моделями й проаналізовано внесок предикторів. Це дає змогу оцінювати якість моделей на даних, які безпосередньо не використовувалися для їх навчання, і зіставляти складні алгоритми з традиційними для лісової радіоекології способами групування спостережень.

Наукову новизну насамперед визначає комплексне дослідження просторових розподілів ^{90}Sr і ^{137}Cs у компонентах лісових екосистем та можливість їхнього прогнозування до 2050 р. У дисертації вперше детально показано залежність радіального розподілу досліджуваних радіонуклідів у стовбуровій деревині від деревного виду, віку дерева і наявності ядрової деревини. Для сосни та берези встановлено відмінності, які необхідно враховувати при відборі проб і порівнянні результатів радіологічного контролю. Удосконалення способу оцінювання біомаси анатомічних частин стовбура на основі лінійної щільності забезпечує методичну основу для визначення внеску цих компонентів біомаси в сумарну активність біологічно мобільних радіонуклідів та розрахунку їх усереднених значень.

Істотним результатом є кількісна характеристика вертикального перерозподілу ^{90}Sr у мінеральному ґрунті та обґрунтування впливу глибини пробовідбору на значення коефіцієнтів переходу цього радіоіотопу. Для частини соснових насаджень значна активність цього радіонукліда локалізована нижче традиційно досліджуваного верхнього шару. Тому відмінності між коефіцієнтами переходу ^{90}Sr на окремих ділянках, розрахованого за забрудненням верхніх 20 см ґрунту, неможливо однозначно тлумачитися через різницю в

інтенсивності біологічного поглинання. Параметризація моделі кругообігу ^{90}Sr дає змогу розглянути це питання через динаміку запасів активності в окремих депо лісових екосистем.

Оригінальність прикладної частини полягає в інтеграції XGBoost-моделей, даних лісовпорядкування, ростових залежностей і радіоекологічних закономірностей у комплексний алгоритм оцінювання лісів на період 2020–2050 рр. Автор обґрунтовано зіставляє можливості машинного навчання з простішими методами: результати оцінювання вмісту ^{90}Sr у деревині дерев цими підходами виявилися статистично нероздільними, тоді як для ^{137}Cs перевага XGBoost алгоритму чітко виражена. Таке узагальнення має методичну цінність, оскільки вибір інструменту визначається рівнем точності відтворення значень конкретного показника.

Самостійне значення мають мікропожежні експерименти, в яких частка вивільненої активності ^{137}Cs під час спалювання зелених гілочок сосни досягала 24 % активності, зосередженої в цьому горючому матеріалі. Результат розширює уявлення про можливі джерела емісії радіоцезію, водночас потребує подальшої перевірки при перенесенні на умови природних верхових пожеж.

Загальнонаціональне значення роботи пов'язане з удосконаленням радіоекологічного моніторингу, способів оцінювання відповідності деревини чинним гігієнічним нормативам щодо вмісту радіонуклідів та інформаційного забезпечення установ, які здійснюють діяльність на радіоактивно забруднених територіях, вкритих лісовою рослинністю. Для міжнародної науки цінними є дані про тривалу поведінку ^{90}Sr у лісах і методичні рішення щодо поєднання наземних вимірювань із дистанційними спостереженнями.

3. Оцінка основного змісту та оформлення роботи

Дисертацію представлено у формі наукової доповіді за сукупністю опублікованих праць із загальним обсягом 450 сторінок. Основна частина містить 17 статей і науково-методичні матеріали, згруповані у вісім розділів. Кожний розділ містить коротку вступну частину, в котрій здобувач пов'язує результати окремих публікацій з метою та завданнями дослідження. Така структура роботи дає змогу простежити шлях від удосконалення методів вимірювання до комплексної оцінки радіоекологічного стану лісів.

У першому розділі розглянуто модифікацію методики оцінювання біомаси анатомічних компонентів стовбура, можливості попереднього визначення забруднення деревини ^{90}Sr за потоком бета-частинок із поверхні кори та використання цифрової моделі пологів для оцінювання біомаси. Позитивним є визначення обмежень експрес-методу: для сосни він призначений передусім для попереднього оцінювання за питомої активності ^{90}Sr у деревині понад $1500 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Другий розділ характеризує основні депо ^{90}Sr і ^{137}Cs лісових екосистем, їх розподіл активності у ґрунтовому профілі, шарах підстилки та стовбуровій деревині. Здійснено оцінювання мінливості вмісту радіоізотопів між сусідніми деревами й встановлено їх відмінності між анатомічними частинами стовбура. Заслуговує на увагу встановлена відмінність поведінки радіонуклідів у підстилці: зростання питомої активності ^{137}Cs зі ступенем її розкладання не супроводжується аналогічною закономірністю для ^{90}Sr .

У третьому розділі статичну характеристику депо доповнено оцінками висхідних і низхідних біогенних потоків. На цій основі параметризовано імітаційну модель кругообігу ^{90}Sr для типових у регіоні соснового та березового насаджень. Окремо розглянуто ділянки захоронення радіоактивних відходів у Рудому лісі, де умови надходження радіонукліда відрізняються від умов на непорушених ґрунтах.

Четвертий розділ присвячено забрудненню деревини ^{90}Sr у лісових екосистемах на територіях, прилеглих до зони відчуження. Його практична цінність полягає у виявленні проблеми, яка зберігається за помітно нижчих рівнів забруднення ґрунту й стосується використання паливної деревини.

П'ятий розділ забезпечує просторову основу подальших розрахунків: у ньому узагальнено дані про забруднення ґрунтів Чорнобильської зони відчуження основними чорнобильськими радіонуклідами й підготовлено картографічні матеріали для можливості відтворення просторового і темпорального розподілу цих ізотопів.

У шостому розділі досліджено радіальний приріст сосни за різних рівнів опромінення: від зони летального гострого ураження до звичайних фонових рівнів дозового навантаження у 1986 році. Відтворено ретроспективну динаміку зовнішніх доз іонізуючого випромінювання і річних приростів дерев сосни звичайної. У тексті розмежовано внесок здобувача та інших співавторів у радіометричну, дозиметричну й дендрохронологічну частини досліджень.

Сьомий розділ об'єднує результати попередніх 6 розділів в систему просторово-темпорального моделювання. У ньому оцінено можливості прогнозування запасу стовбурів, компонентів біомаси, питомої активності та коефіцієнтів переходу радіонуклідів. Прикладним результатом є алгоритм, який формує просторові шари ознак насаджень, зокрема оцінки ймовірності перевищення допустимих рівнів забруднення деревини.

Восьмий розділ розглядає радіонукліди у димових аерозолях за матеріалами пожеж 2016 і 2020 років та спеціальних польових мікроекспериментів.

Висновки узагальнюють основні результати роботи у 17 пунктах, а пропозиції виробництву містять методики, регресійні рівняння, картографічні матеріали й програмні

алгоритми, запропоновані для практичного використання установами, які здійснюють діяльність у Чорнобильській зоні відчуження.

Загалом послідовність викладу наукових положень відповідає логіці дослідження, а реферат відображає його основні положення. Структура роботи узгоджується з метою та завданнями дисертації, визначеними у вступі.

4. Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації

За наведеними в дисертації та рефераті відомостями результати дослідження висвітлено у 61 науковій і науково-методичній праці. До публікаційного доробку належать 21 стаття у виданнях, проіндексованих у Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 14 опубліковано в журналах кuartилів Q1–Q2. Також наведено розділ монографії, статті в наукових фахових та інших спеціалізованих виданнях і 17 матеріалів та тез доповідей на конференціях і симпозіумах.

За тематикою роботи підготовлено чотири науково-методичні рекомендації та матеріали, отримано п'ять авторських свідоцтв на твори й комп'ютерні програми та оприлюднено дві колекції даних, що відповідають принципам FAIR. Ці джерела доповнюють наукові статті можливостями практичного застосування та повторного використання даних.

Зіставлення узагальнень наукової доповіді з включеними публікаціями й рефератом свідчить, що основні напрями дослідження представлені у публікаційному доробку. У роботах, виконаних у співавторстві, описано особистий внесок здобувача та інших співавторів. Наукові результати пройшли апробацію на профільних українських і міжнародних наукових заходах. У сукупності наведені матеріали достатньо повно відображають зміст дисертаційного дослідження.

5. Відсутність академічного плагіату, фабрикацій, фальсифікацій

У представлений дисертації наведено список наукових публікацій за її темою та описано участь здобувача і співавторів у дослідженнях. Значна частина статей, включених до наукової доповіді, пройшла рецензування в журналах видавництва Elsevier. Оприлюднення частини даних і програмних рішень сприяє прозорості розрахунків та можливості перевірки результатів. Водночас сам факт публікації у міжнародних рецензованих виданнях не може бути єдиною підставою для висновку про дотримання академічної доброчесності, але суттєво підсилює довіру до дослідження оскільки до процесу рецензування залучалися експерти за розглянутими напрямками досліджень здобувача.

За результатами змістового ознайомлення з наданими текстами дисертації і реферату явних ознак неправомірного запозичення або внутрішньої неузгодженості, яка сама по собі

свідчила б про фабрикацію чи фальсифікацію, не встановлено. У докторській дисертації Голяки Дмитрія Миколайовича відсутні матеріали його кандидатської дисертації.

6. Зауваження та дискусійні питання щодо положень докторської дисертації

Позитивно оцінюючи зміст і результати роботи, слід зазначити, що окремі теоретичні та прикладні положення дисертації мають дискусійний характер. Вони стосуються меж застосування встановлених закономірностей та їх практичної реалізації:

1. У розділах 2 і 3 переконливо показано вплив глибини відбору ґрунтових проб на коефіцієнти переходу ^{90}Sr . Бажано конкретизувати, за якими ознаками ділянки можна визначати достатню глибину пробовідбору для моніторингу: чи має вона бути сталою, чи повинна встановлюватися за часткою запасу активності, охопленою дослідженням профілем? Це допомогло б перетворити науковий висновок на відтворювану практичну процедуру.

2. Експрес-оцінювання ^{90}Sr у деревині за потоком бета-частинок із поверхні кори має перспективу для попереднього обстеження. Для практичного застосування бажано деталізувати вплив товщини й вологості кори та геометрії вимірювання на прогноз, а також порядок підтвердження результату лабораторним методом. Особливо важливо відокремити пошук сильно забруднених дерев від контролю деревини поблизу допустимого рівня.

3. При поширенні результатів оцінювання вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs в наслідок застосування XGBoost-моделей із дослідних майданчиків на весь регіон доцільно додатково обговорити просторову незалежність навчальних і тестових спостережень. Наскільки оцінка якості зберігатиметься при перевірці на територіально відокремлених групах ділянок? Також було б корисно визначити спосіб позначення ділянок, для яких поєднання предикторів виходить за межі умов навчальної вибірки.

4. Комплексний прогноз на 2020–2050 рр. поєднує кілька моделей і джерел даних. Бажано докладніше пояснити, як невизначеності оцінювання біомаси, забруднення ґрунту, коефіцієнтів переходу та ростової динаміки впливають на підсумкові запаси активності й імовірність перевищення допустимих рівнів. Окремого коментаря потребують межі застосування прогнозу за пожеж, рубок або інших змін структури деревостану.

Наведені зауваження та питання мають методичний і дискусійний характер. Вони не заперечують основних результатів дисертації та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

7. Загальна оцінка дисертації та висновок

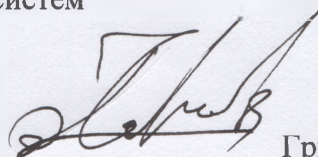
Дисертація Голяки Дмитрія Миколайовича «Просторове і темпоральне оцінювання радіоекологічних показників лісів, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської

аварії» є завершеним і самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано важливу проблему комплексного оцінювання просторового й часового розподілу радіонуклідів у лісових екосистемах та використання цих оцінок для диференціації насаджень за їх екологічними функціями і можливостями господарського використання. За змістом, науковою новизною, обґрунтованістю результатів і практичним значенням робота відповідає спеціальності 03.00.01 «Радіобіологія» та вимогам до докторських дисертацій, визначеним Порядком присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197. Оформлення роботи загалом відповідає Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40. Реферат і наукові публікації відображають основні положення дослідження.

Вважаю, що Голяка Дмитрій Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.01 «Радіобіологія».

Опонент

доктор біологічних наук, професор
головний науковий співробітник
лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем
відділу радіоекології і
дистанційного зондування ландшафтів
Інститут агроєкології і природокористування
Національної аграрної академії наук України



Григорій ЧОБОТКО

Підпис Г. Чоботька засвідчую:

Відділ кадрів Інституту агроєкології і
природокористування НААН



Ольга Гречина