

## РЕЦЕНЗІЯ

кандидата сільськогосподарських наук, доцента

**ПШКОВСЬКОЇ Олени Володимирівни**

на дисертацію **ВОЛКОГОНА Івана Віталійовича**

на тему: «**Оцінка целюлозоруйнівної активності мікробіоти на забруднених радіонуклідами дерново-підзолистих ґрунтах**»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 091 «Біологія»

**Актуальність теми.** У перші роки після аварії на Чорнобильській АЕС вітчизняними та зарубіжними науковцями було проведено низку досліджень, які засвідчили негативну реакцію ґрунтових мікроорганізмів на іонізуючу радіацію. Проте з часу аварії пройшло вже кілька десятиліть і за цей час ситуація з радіоактивним забрудненням території могла суттєво змінитися унаслідок дії багатьох чинників. Це і зв'язування радіонуклідів глинистими мінералами, і їх міграція по ґрунтовому профілю, а також адаптаційні процеси в угрупованнях мікроорганізмів. Проте інформація щодо особливостей росту і розвитку ґрунтових мікроорганізмів та їхньої активності у зоні відчуження Чорнобильської АЕС та суміжних територіях є надзвичайно суперечливою. Доволі часто опубліковані результати не можна порівняти через різні методичні підходи та відсутність єдиного принципу відбору і вивчення зразків ґрунту. Тому потрібні дослідження на територіях з чітко визначеними градієнтами радіоактивного забруднення. Важливе значення при цьому може мати реакція на іонізуючу радіацію целюлозолітичних мікроорганізмів, діяльність яких лежить в основі початкових процесів трансформації органічної речовини у ґрунті та значною мірою обумовлює його родючість.

У зв'язку з цим тема дисертації І. В. Волкогона, яка присвячена дослідженню впливу різних рівнів хронічного (протягом більш ніж 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС) радіоактивного забруднення на інтенсивність трансформації рослинних решток у ґрунті, склад та активність угруповань целюлозоруйнівних мікроорганізмів, є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Волкогон І. В. брав участь у виконанні науково-дослідної роботи кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України за договором з МОН України від 20.05.2021 № 200/01/0489 «Целюлозоруйнююча активність мікрофлори ґрунтів Українського Полісся в умовах радіоактивного забруднення та її участь у ґрунтоутворюючих процесах (включаючи пірогенно трансформовані ґрунти)».

**Наукова новизна досліджень, їх значення для науки і практики.** Результати досліджень забезпечують *подальший розвиток* вчення про вплив іонізуючої радіації на трансформацію рослинних решток у ґрунті, формування мікробної біомаси та функціональну активність мікроорганізмів у дерново-підзолистих ґрунтах Українського Полісся. *Вперше* показано, що через більш ніж 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС відносно невисокі дози іонізуючої радіації (до 1,6 мкГр/год) не пригнічують розвиток представників сахаролітичного шляху деструкції рослинних решток (мікроміцетів та целюлозоруйнівних бактерій) і амоніфікувальних мікроорганізмів (що відносяться до пептолітичного вектору деструкції органічної речовини у ґрунті). Натомість високі рівні поглиненої радіації продовжують пригнічувати діяльність мікробіоти та інтенсивність трансформації у ґрунті рослинних решток.

Встановлено, що в угрупованнях целюлозоруйнівних мікроорганізмів радіоактивно забруднених ґрунтів, як і в перші роки після аварії, домінують мікроміцети. Показано,

що радіоактивне забруднення ґрунтів подібним чином впливає також і на розвиток та функціональну активність представників інших функціональних груп мікроорганізмів – іммобілізаторів азоту, азотфіксаторів, денітрифікаторів та фосфатмобілізаторів.

Отримані автором результати мають фундаментальне і прикладне значення. На основі проведених комплексних досліджень зроблено обґрунтований висновок щодо змін у розвитку і функціонуванні ґрунтових мікроорганізмів через більш ніж 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС залежно від градієнту забруднення. Оскільки мікроорганізми є надзвичайно чутливими до найменших змін навколишнього середовища, у т. ч. й дії іонізуючої радіації, їхня реакція може бути надійним індикатором стану довкілля як сьогодні, так і в майбутньому, зважаючи на розвиток атомної індустрії в багатьох країнах. Отримані результати також можуть бути важливою складовою науково-практичних рекомендацій щодо використання забруднених радіонуклідами територій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація викладена на 196 сторінках і складається з анотації, вступу, огляду літератури, основної частини (включає матеріали і методи досліджень, результати власних досліджень та їх обговорення), висновків, списку використаних джерел, що налічує 343 джерела, з них 221 латиницею.

**Розділ 1** складається із 3 підрозділів. У першому розглянуто особливості розвитку мікроорганізмів у дерново-підзолистих ґрунтах та характерні для них процеси. У другому підрозділі представлено інформацію щодо ролі мікроорганізмів у розкладанні рослинних решток та секвестрації вуглецю у ґрунтах. У третьому підрозділі обговорено особливості дії іонізуючої радіації на бактерії і мікроміцети як у чистій культурі, так і в процесах деструкції рослинних решток у ґрунтах. На основі аналізу наукової літератури обґрунтовано актуальність та необхідність проведення досліджень за темою дисертації.

У **розділі 2** висвітлено умови проведення досліджень, наведено використані методики. Звертає на себе увагу різноманіття використаних у дослідженні підходів. Крім радіологічних методів, представлено і детально описано нову методику ТВІ-індексу для оцінки інтенсивності трансформації рослинних решток у ґрунті, описано використані у дослідженні мікробіологічні, біохімічні, газохроматографічні, статистичні методи.

**Розділ 3** дисертації присвячено обстеженню територій для обрання дослідних полігонів з наближеними характеристиками ґрунтових властивостей. При цьому єдиним параметром, що відрізняється, повинен бути рівень радіоактивного забруднення ґрунтів. Для проведення досліджень серед різних обстежених територій обрано полігон № 1 у зоні обов'язкового (безумовного) відселення у Народицькому районі Житомирської області з діапазоном доз поглиненої радіації у трьох точках від 0,2 до 1,6 мкГр/год та полігон № 2 у зоні відчуження Чорнобильської АЕС з градієнтом забруднення від 3,7 до 84,0 мкГр/год.

У **розділі 4** наведено результати визначення целюлозоруйнівної активності ґрунтової мікробіоти за показниками ТВІ-індексів. Отримано цікаві результати. Встановлено, що інтенсивність розкладання рослинного матеріалу є суттєво вищою у ґрунті полігону № 1 порівняно з показниками ґрунту другого полігону. При цьому в межах першого полігону відносно невисоке зростання дози поглиненої радіації (до 1,6 мкГр/год) не знижує активність процесів, а навпаки, стимулює їх. Важливим показником трансформації рослинних решток є ступінь перетворення розкладених решток у нову стабільну органічну речовину. Показано, що у ґрунті полігону № 2 утворення нових стабільних сполук є значно меншим за показники полігону № 1. Отже, використовуючи градієнт радіоактивного забруднення і метод ТВІ встановлено, що відносно невисокі рівні радіації через більш ніж 35 років після аварії на ЧАЕС не пригнічують трансформаційну активність ґрунтової мікробіоти і навіть

стимулюють її. Натомість, високі дози забруднення, як і в перші роки після аварії, суттєво пригнічують інтенсивність трансформації рослинної мортмаси.

У **розділі 5** наведено результати досліджень впливу різних рівнів поглиненої радіації на розвиток мікроорганізмів, які приймають участь у трансформації рослинних решток. Показано, що чисельність представників сахаролітичного шляху деструкції рослинних решток (мікроміцети і целюлозолітичні бактерії) залежить від поглиненої дози радіації. У полігоні № 1 спостерігаються високі показники чисельності зазначених мікроорганізмів, причому у точці 3 (за дози поглиненої радіації 1,6 мкГр/год) відмічено найбільшу їх кількість. У полігоні № 2 розвиток мікроміцетів і целюлозолітичних бактерій суттєво пригнічується. Аналогічні залежності відмічено і для представників пептолітичного шляху деструкції рослинних решток (амоніфікувальних мікроорганізмів). Слід відмітити, що вище відмічені особливості є характерними також і для представників інших функціональних груп ґрунтової мікробіоти (азотфіксаторів, фосфатмобілізаторів, денітрифікаторів).

Визначення вмісту біомаси мікроорганізмів у ґрунтах досліджуваних полігонів підтверджує відмічені особливості. Показники мікробної біомаси ґрунту зростають за відносно невисокого збільшення дози поглиненої радіації в умовах полігону № 1. У ґрунті полігону № 2 вміст біомаси мікроорганізмів невисокий, при цьому найменші значення відмічено для ґрунту з найбільшим забрудненням. Оскільки секвестрація вуглецю в ґрунтах значною мірою залежить від трансформації мікробної біомаси рослинних решток, отримані результати свідчать про значні обмеження ґрунтоутворних процесів у зоні відчуження Чорнобильської АЕС.

Показовим є висновок, що у складі целюлозоруйнівної мікробіоти, як і в перші роки після аварії, домінують мікроміцети. Чисельність целюлозолітичних бактерій невисока, а у ґрунті полігону № 2 в окремі строки відбору зразків їх взагалі не було виявлено. Отримані результати свідчать про основну роль мікроскопічних грибів у деструкції рослинних решток за цих умов.

У ході досліджень встановлено, що радіоактивне забруднення впливає на розвиток мікроорганізмів у ґрунті і залежить від його градієнту. Відносно невисокі потужності поглиненої дози у ґрунті полігону № 1, розташованого у зоні безумовного (обов'язкового) відселення ЧАЕС (у межах 1,6 мкГр/год) сприяють накопиченню мікробної біомаси й активізують діяльність мікроорганізмів. Високі потужності поглинених доз радіації у ґрунті полігону № 2, розташованого у зоні відчуження ЧАЕС (від 3,7 до 61,6 і, особливо за 84,0 мГр/год) негативно впливають на розвиток мікроорганізмів.

**Розділ 6** присвячено визначенню емісії CO<sub>2</sub>, потенційної активності азотфіксації, біологічної денітрифікації та ферментативної активності ґрунту залежно від рівня поглиненої дози радіації.

Отримані результати підтверджують висновки попередніх експериментальних розділів. Більше того – оскільки використані газохроматографічні та біохімічні методи характеризуються високою чутливістю, різниця в показниках біологічної активності є надзвичайно контрастною. Особливо чітко це прослідковується за визначення азотфіксувальної здатності та поліфенолоксидазної активності. У розділі автор робить цілком обґрунтований висновок щодо значних перспектив використання газохроматографічного методу визначення активності азотфіксації як чутливого тесту в радіоекологічних дослідженнях ґрунтів.

У дисертації вдало використано узагальнення одержаних результатів в окремому **розділі 7**. Це дозволяє мати цілісну картину впливу хронічного радіоактивного забруднення на особливості трансформації рослинних решток і розвиток мікроорганізмів, задіяних у цих

процесах. Значна частина розділу присвячена обговоренню феномену зростання активності функціонування целюлозоруйнівної мікробіоти у ґрунті за відносно невисоких доз поглиненої радіації. Автор пропонує на розгляд кілька можливих механізмів відміченого ефекту.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації.** Дослідження відповідають меті й завданням дисертації і виконані відповідно до вимог з використанням сучасних методів. Результати досліджень всебічно обґрунтовані, достовірні, мають наукову новизну і практичну значимість, апробовані на численних конференціях. Матеріали дисертації опубліковано у 13 наукових публікаціях здобувача, з яких стаття у періодичному науковому виданні, включеному до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України та/або у закордонному виданні, проіндексованому у базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 3 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, стаття у колективній монографії, 8 тез наукових доповідей.

Оцінюючи дисертацію позитивно, слід звернути увагу автора на деякі **побажання, зауваження та уточнення:**

1. У пункті 1.2 «Роль мікроорганізмів у розкладанні мортмаси та секвестрації карбону в ґрунтах» автор на основі аналізу літературних джерел робить висновок, що «надходження мінерального азоту до ґрунту може мати два протилежні наслідки для запасів органічної речовини, а саме сприяти збільшенню врожайності і надходження рослинних решток та прискорювати швидкість розкладу органічної речовини». Водночас не висвітлено такий важливий аспект як співвідношення вуглецю до азоту, яке відіграє ключову роль у направленості процесів гуміфікації-мінералізації і від якого залежить секвестрація вуглецю в агроecosистемах.

2. У розділі 2 «Матеріали та методи досліджень» доцільно було б навести будову профілю досліджуваних дерново-підзолистих ґрунтів, що дозволило б краще проаналізувати направленість та особливості процесів ґрунтоутворення. Потребує уточнення повна назва ґрунтів території досліджень згідно таксономічних одиниць класифікації ґрунтів, а саме дерново-слабко, середньо- чи сильнопідзолисті ґрунти; їх різновид за гранулометричним складом та розряд за материнською породою.

3. У методиці 2.3 зазначено, що вміст рухомого  $P_2O_5$  та вміст обмінного  $K_2O$  визначали за ДСТУ 4115-2002. ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова, тоді як в таблиці 3.1 зазначено, що вміст рухомого фосфору та обмінного калію визначали за методом Кірсанова. В таблиці 3.4 потребує уточнення метод визначення вищевказаних показників.

4. У розділі 4 вказано, що за високих рівнів радіоактивного забруднення (полігон № 2) показники інтенсивності розкладання рослинних решток і стабілізація органічної речовини *de novo* є суттєво меншими порівняно з даними, отриманими на полігоні № 1. Автор вважає, що «порівняння двох полігонів, хоч і умовне, є можливим, оскільки рельєф обох полігонів рівнинний, вміст вологи..., агрохімічні показники також суттєво не відрізнялися». Водночас дані таблиць 3.1 і 3.4 суперечать цьому, оскільки показники  $r_{H_{25}}$  в зоні відчуження ЧАЕС склали 4,0–5,0; а на полігоні в Народицькому районі Житомирської області – 6,2–6,3; вміст гумусу відповідно складав 0,91–1,18 на одній ділянці відбору та 2,3–2,7 % – на іншій.

5. У висновку 1 автор зазначає, що у зоні відчуження ЧАЕС (полігон № 2) за високих рівнів потужності дози зменшується як інтенсивність розкладання рослинної мортмаси, так і стабілізація органічної речовини *de novo*, що негативно позначається на родючості ґрунту. Доцільно було б підтвердити висновок значеннями вмісту гумусу чи іншими показниками гумусового стану ґрунтів.

6. Автор у списку використаних джерел наводить низку застарілої літератури, особливо з питань ґрунтознавства. Необхідно використовувати сучасніші інформаційні джерела.

7. У роботі містяться окремі неточності, граматичні та стилістичні помилки.

Зазначені зауваження та дискусійні питання не впливають на загальну високу оцінку дисертації.

**Загальний висновок.** Дисертація Волкогона Івана Віталійовича є завершеною науковою роботою, що виконана на високому науково-методичному рівні. За актуальністю, обґрунтованістю наукових положень і висновків, їх новизною, науково-практичною значимістю, повнотою викладення в наукових публікаціях дисертація 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 автор Волкогон Іван Віталійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія» галузі знань 09 «Біологія».

**Рецензент доцент кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів імені професора М. К. Шикули Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Олена ПІКОВСЬКА**