

## ВІДГУК

офіційного опонента 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» галузі знань 09 «Біологія»

**Актуальність обраної теми.** Інтенсивні дослідження впливу іонізуючої радіації (І. р.) на біоту в перші роки після аварії на Чорнобильській АЕС показали загалом негативну реакцію ґрунтових мікроорганізмів. Проте через більш ніж 35 років після аварії ситуація з радіоактивним забрудненням територій могла суттєво змінитися як унаслідок зв'язування радіонуклідів глинистими мінералами (ефект «старіння» радіонуклідів), їх міграції по ґрунтовому профілю, так і через адаптацію мікроорганізмів до дії І. р. Проте, інформація щодо особливостей біології ґрунтових мікроорганізмів, зокрема процесів, які вони здійснюють у забруднених ґрунтах, є неоднозначною і суперечливою. Висновки окремих дослідників щодо впливу різних рівнів радіонуклідного забруднення ґрунту на його мікробіоту інколи взагалі неможливо порівнювати через різні використані методи і підходи до відбору зразків ґрунту, які не враховують градієнт радіоактивного забруднення, що робить вкрай необхідними дослідження впливу на мікробіоту відповідних рівнів радіаційного навантаження. При цьому серед представників різних груп мікробіоти важливою є реакція на іонізуючу радіацію мікроорганізмів, що здійснюють початкові процеси трансформації рослинних решток у ґрунті, що визначає подальшу спрямованість ґрунтоутворних процесів.

Зважаючи на вищевикладене, тема дисертації І. В. Волкогона, що 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. Крім цього, актуальність дисертації також підтверджується участю здобувача у виконанні науково-дослідних робіт кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки

життєдіяльності Національного університету біоресурсів і природо-користування України.

**Наукова новизна основних наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації.** У дисертації реалізовано комплексний підхід до вивчення впливу різних рівнів радіонуклідного забруднення ґрунту на розвиток та функціональну активність мікроорганізмів-деструкторів рослинних решток. Отримані результати досліджень забезпечують подальший розвиток уявлення щодо впливу іонізуючої радіації на трансформацію рослинних решток у ґрунті, формування мікробної біомаси та функціональну активність мікроорганізмів у дерново-підзолистих ґрунтах Українського Полісся.

Дисертантом вперше показано, що через більш ніж 35 років після аварії на Чорнобильській АЕС відносно невисокі потужності іонізуючої радіації (до 1,6 мкГр/год) не пригнічують розвиток мікроміцетів (представників сахаролітичного шляху деструкції рослинних решток) та амоніфікувальних мікроорганізмів, що відносяться до групи пептолітичної деструкції органічної речовини у ґрунті. Натомість, високі потужності випромінювання пригнічують активність мікробіоти за здатністю трансформувати рослинні рештки у ґрунті.

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

Встановлено, що в ґрунтах з підвищеним рівнем радіонуклідного забруднення серед мікроорганізмів целюлозоруйнівної групи, як і в перші роки після аварії, домінують мікроміцети.

Отримані автором результати мають теоретичне 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 просторового градієнту радіонуклідного забруднення.

**Практичне значення роботи.** Оскільки мікроорганізми є 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. Отримані результати також можуть бути важливою складовою науково-практичних рекомендацій щодо використання забруднених радіонуклідами територій.

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації,** підтверджуються комплексним підходом до вирішення поставлених завдань. Усі експериментальні результати, наукові положення і висновки дисертації І. В. Волкогона базуються на матеріалах власних досліджень і є достовірними. Статистична обробка результатів виконана відповідно до вимог обробки експериментальних даних. Викладення власних експериментальних результатів логічно пов'язане з метою та завданнями досліджень.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджено їх обговоренням на вітчизняних та міжнародних наукових з'їздах і конференціях.

**Структура дисертації, характеристика розділів, оцінка змісту та завершеність роботи в цілому.** 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 211 латиницею.

У **Вступі** дисертант обґрунтовує актуальність і перспективність досліджень, формулює мету та завдання досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наводить матеріали апробації результатів досліджень та перелік своїх наукових публікацій.

**Огляд літератури** складається з трьох підрозділів. У першому підрозділі 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

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. За результатами аналізу наукової літератури обґрунтовано актуальність та необхідність проведення досліджень за темою дисертації.

У **розділі 2** «Матеріали й методи» висвітлено умови проведення досліджень, обґрунтовано використання необхідних класичних та сучасних експериментальних методів: радіоекологічних, мікробіологічних, біохімічних, газохроматографічних. Детально описано нову методику ТВІ-індексу для оцінки інтенсивності трансформації рослинних решток у ґрунті. Статистичну обробку отриманих експериментальних даних здійснювали за використання пакету прикладних програм Statistica 6.0 та використовуючи вбудовані функції у Excel.

Експериментальний **розділ 3** дисертації присвячено викладенню результатів обстеження територій для обрання дослідних полігонів з наближеними характеристиками ґрунтових властивостей. При цьому допускалося, що єдиним параметром, що відрізняється, повинен бути рівень радіонуклідного забруднення дерново-підзолистих ґрунтів. Визначено агрохімічні та радіометричні показники ґрунтів окремих ділянок, розташованих у зоні обов'язкового (безумовного) відселення та у зоні відчуження ЧАЕС. Для проведення досліджень серед різних обстежених територій обрано полігон (полігону № 1) у зоні обов'язкового (безумовного) відселення у Народицькому районі Житомирської області з діапазоном потужностей іонізуючого випромінювання у трьох точках від 0,2 до 1,6 мкГр/год та полігон (полігону № 2) у зоні відчуження ЧАЕС з градієнтом потужностей випромінювання від 3,7 до 84,0 мкГр/год.

У **розділі 4** наведено результати визначення целюлозоруйнівної активності ґрунтової мікробіоти за використання методу ТВІ-індексів. Встановлено, що інтенсивність розкладання рослинного матеріалу у ґрунті полігону № 1 є суттєвою і зростає за відносно невисокого збільшення

потужності іонізуючого випромінювання (до 1,6 мкГр/год). У ґрунті полігону № 2 показники трансформації рослинних решток загалом є низькими.

Важливою характеристикою трансформації рослинної мортмаси є ступінь стабілізації органічної речовини. Показано, що у ґрунті полігону № 2 коефіцієнт стабілізації органічних сполук є значно меншим, ніж відповідний показник для полігону № 1. Отже, використовуючи градієнти радіонуклідного забруднення і метод ТВІ показано, що відносно невисокі рівні потужностей випромінювання через більш ніж 35 років після аварії на ЧАЕС не пригнічують активність ґрунтової мікробіоти і навіть стимулюють її. При цьому інтенсифікується мінералізація рослинних решток і стабілізація органічної речовини. Водночас, високі рівні забруднення, як і в перші роки після аварії, пригнічували інтенсивність трансформації рослинної мортмаси.

У **розділі 5** наведено результати досліджень впливу різних рівнів потужності іонізуючого випромінювання на розвиток мікроорганізмів-деструкторів трансформації рослинної мортмаси. Показано, що чисельність представників сахаролітичного шляху деструкції рослинних решток (мікроміцети і целюлозолітичні бактерії) залежить від рівня потужності випромінювання. У полігоні № 1 спостерігали найвищі показники чисельності зазначених мікроорганізмів, причому у точці Народичі-3 (за потужності випромінювання 1,6 мкГр/год) встановлено найбільшу їх кількість. При цьому відмічається, що домінують в угрупованні сахаролітичної мікробіоти мікроміцети; чисельність целюлозоруйнівних бактерій є відносно невисокою. У полігоні № 2 розвиток мікроміцетів і целюлозолітичних бактерій суттєво пригнічується. Аналогічні залежності відмічено і для амоніфікаторів (представників пептолітичного шляху деструкції мортмаси).

Здобувач зазначає, що відмічені вище особливості є характерними також і для представників інших функціональних груп ґрунтової мікробіоти (бактерій, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, азотфіксаторів, денітрифікаторів, фосфатмобілізаторів). Отже, характер впливу різних рівнів потужності випромінювання на розвиток і діяльність мікроорганізмів вуглецевого, азотного і фосфорного циклів у досліджуваних ґрунтах є схожим.

Визначення біомаси мікроорганізмів у ґрунтах досліджуваних полігонів підтверджує відмічені особливості. Показники мікробної біомаси ґрунту зростають за відносно невисокого збільшення потужності випромінювання в умовах полігону № 1. У ґрунті полігону № 2 вміст біомаси мікроорганізмів невисокий, при цьому найменші значення відмічено для ґрунту з найбільшим рівнем радіонуклідного забруднення. Враховуючи сучасні уявлення щодо ролі мікробної біомаси у формуванні ґрунтової родючості, дисертант робить висновок, що отримані результати можуть свідчити про суттєві обмеження ґрунтотворних процесів у зоні відчуження Чорнобильської АЕС.

Отже, у ході досліджень встановлено, що радіонуклідне забруднення впливає на розвиток мікроорганізмів у ґрунті і залежить від його просторового градієнту. Відносно невисокі потужності випромінювання у ґрунті полігону № 1 сприяють накопиченню мікробної біомаси й активізують діяльність мікроорганізмів. Високі потужності опромінення у ґрунті полігону № 2 негативно впливають на розвиток ґрунтових мікроорганізмів.

**Розділ 6** дисертаційної присвячено визначенню емісії CO<sub>2</sub>, потенційної активності азотфіксації, біологічної денітрифікації, активності гідролітичних ферментів та ензимів, що відносяться до класу оксидоредуктаз, залежно від потужності поглиненої дози іонізуючої радіації.

Отримані результати підтверджують висновки попередніх експериментальних розділів. Різниця в показниках біологічної активності мікробіоти для вказаних полігонів є особливо контрастною. Надзвичайно показовим це є при визначенні потенційної азотфіксувальної здатності та поліфенолоксидазної активності з використанням газохроматографічного методу. На основі отриманих результатів здобувач робить висновок про значні перспективи використання цього методу визначення потенційної активності азотфіксації як чутливого тесту в радіоекологічних дослідженнях ґрунтів.

**Розділ 7** написано на основі експериментальних результатів, отриманих автором, і охоплює всі напрями виконаної роботи, а також наведено критичний аналіз власних результатів та їх порівняння з даними літератури. Це дозволило дисертанту отримати комплексну картину впливу хронічного іонізуючого

випромінювання, зумовленого підвищеними рівнями радіонуклідного забруднення ґрунтів, на особливості трансформації рослинних решток і розвиток мікроорганізмів, що задіяні у цих процесах. Особливу зацікавленість викликає частина розділу, що присвячена обговоренню феномену зростання активності функціонування целюлозоруйнівної мікробіоти у ґрунті за відносно невисоких потужностей іонізуючого опромінення. Дисертантом пропонуються кілька варіантів пояснення механізмів цього явища, а саме радіогормезисного ефекту.

За результатами досліджень автором сформульовано 7 висновків, що повною мірою відображають наукову новизну і практичне значення дисертації, узагальнюють результати досліджень і висвітлюють рішення поставлених завдань.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації.** На нашу думку, результати досліджень всебічно обґрунтовані, достовірні, мають наукову новизну і практичну значимість, апробовані на численних зібраннях науковців. Матеріали дисертації опубліковано у 4 наукових статтях у профільних виданнях, розділі монографії у співавторстві та у 8 тезах доповідей. Опубліковані роботи повністю відображають результати досліджень, що наведені в дисертації.

Оцінюючи дисертацію позитивно, слід звернути увагу автора на **деякі моменти, які потребують уточнення:**

1. Чи адекватною є використання терміну «еколого-функціональні групи мікроорганізмів»? Може доречніше вживати поняття «функціональні групи мікроорганізмів»?

2. Наскільки обґрунтованою є пропозиція щодо використання газохроматографічного методу визначення потенційної активності азотфіксації в радіологічних дослідженнях ґрунтів, адже азотфіксатори не задіяні в процесах трансформації органічної речовини?

3. Здобувач зосередив увагу на дослідженні целюлозоруйнівної мікробіоти. Для повноти висновків доцільним було б визначити також чисельність і активність лігнінруйнівних мікроорганізмів.

4. Чи можна для активно проліферуючих мікроорганізмів визначати поглинену дозу? Чи є в цьому сенс?
5. Чи правомірно ототожнювати поняття стрес і стресуючий фактор?
6. Чому так мало уваги у літературному огляді та обговоренні приділено висвітленню можливих механізмів радіостресу?

Проте зазначені моменти не впливають на загальну високу оцінку дисертації.

**Загальний висновок.** Дисертація Волкогона Івана Віталійовича є завершеною науково-дослідною роботою, що виконана на високому науково-методичному рівні. За актуальністю, обґрунтованістю наукових положень і висновків, їхньою 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».

**Офіційний опонент завідувач лабораторії радіаційної епігенетики Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Олександр МІХЄЄВ**