

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу КРАСОВСЬКОГО Сергія Анатолійовича

**«Розробка технології фіторекультивациі відвалів відходів вуглевидобування»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Вугільна промисловість України забезпечує майже третину виробництва енергії, але має значний негативний вплив на довкілля, зокрема через утворення понад тисячі вугільних відвалів, що характеризуються низьким рівнем рН, електропровідністю, вмістом поживних речовин і містять токсичні елементи, що забруднюють літосферу, атмосферу та гідросферу. Вони займають великі земельні території, схильні до утворення пилу та самозаймання, погіршують якість атмосферного повітря та спричиняють ерозію ґрунту. Фіторекультивациа пропонує рішення, зменшуючи вітрову та водну ерозію, накопичуючи та знешкоджуючи токсичні елементи, що сприяє стабілізації довкілля та відновленню природного балансу. Розробка технологій фіторекультивациі є стратегічним напрямом екологічної політики України, спрямованим на зменшення антропогенного впливу вугільної промисловості, відновлення природних ресурсів та створення нових робочих місць у екологічній сфері.

Тому обрана тема дисертаційної роботи є актуальною і присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми - розробці та оптимізації методу фіторекультивациі вугільних відвалів, що сприяє зменшенню негативного впливу вугільної промисловості на довкілля, відновленню деградованих земель, та підвищенню екологічної безпеки промислових регіонів України.

2. Зв'язок з науковими програмами, темами. Дисертаційна робота Красовського Сергія Анатолійовича виконана на кафедрі екології та технологій захисту навколишнього середовища НТУ «Дніпровська політехніка» і є складовою частиною НДДКР «Обґрунтування новітніх технологічних рішень освоєння родовищ корисних копалин у контексті сталого розвитку гірничодобувних регіонів» (№ державної реєстрації 0120U102078, період виконання: 01.2020 – 12.2022); «Обґрунтування технологічних рішень екологічно безпечного освоєння мінеральних ресурсів в умовах відбудови країни у воєнний і післявоєнний періоди» (№ державної реєстрації 0123U101759, період виконання: 03.2023 – 12.2025); «Розробка екологобезпечних технологій відновлення техногенно деградованих територій в умовах повоєнної відбудови» (№ державної реєстрації 0124U000357, період виконання: 01.2024 – 12.2024) та в межах освітнього проекту «Eco-mining: Development of Integrated Ph.D. Program for Sustainable Mining & Environmental

Activities» під час спільних досліджень технологій фіторекультивациі відвалів відходів вуглевидобування в Технічному університеті «Фрайберзька гірнича академія» (Німеччина).

3. Наукова новизна результатів дослідження. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в:

- уперше проведено фізико-хімічний аналіз субстрату шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» за показниками рН, електропровідності, вмісту поживних речовин та хімічних елементів за допомогою методу ІЗП-МС аналізу;

- уперше проаналізовано вплив фізичних (біочар) та хімічних (показник рН) факторів навколишнього середовища на фізико-хімічні показники субстрату шахтної породи та їхній вплив на ростові показники досліджуваних рослин;

- уперше зафіксовано, що при рН=4 підвищується мобілізація таких елементів, як Co, As, Cu, Pb, Mn, Zn і Cr у субстраті, відібраному з шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»;

- уперше застосовано досліджувані рослини в якості фіторемедіантів (*Hordeum murinum L.*, *Bromus japonicus*, *Bromopsis i.holub*, *Avena fatua L.*, *Bromus i. leys*, *Triticum aestivum L.*) та проаналізовано їхні ростові показники на субстраті шахтної породи й вплив важких металів на них;

- уперше обґрунтовано видові склади рослинних угруповань для фіторекультивациі, які мають високу стресостійкість до факторів довкілля та високі фітостабілізаційні та фітоекстракційні властивості щодо важких металів.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації. Дисертаційна робота Красовського Сергія Анатолійовича складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 144 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено її зв'язок з науковими програмами та темами, окреслено мету, завдання дисертаційної роботи, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів

Перший розділ присвячено аналізу наукової літератури. Автор виявив основні аспекти негативного впливу відвалів відходів вуглевидобування на довкілля, що підкреслює важливість дослідження фіторекультивациі. Проведений літературний огляд різних методів біологічної ремедіації, який показав, що фітостабілізація є ефективним засобом для зменшення ерозії ґрунту та міграції важких металів.

У **другому розділі** розглянуто методи відбору проб для фізико-хімічного аналізу субстрату відвалів вуглевидобування шахт «Павлоградська» та «ім. Героїв Космосу», включаючи відбір з поверхні породного відвалу на глибині 0-20 см згідно з методиками ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 10381-2:2004. Визначено

основні фізико-хімічні показники, такі як рН, електропровідність (ЕС), вміст органічної речовини та іони NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} . Загальний вміст важких металів і потенційно токсичних елементів у субстраті, фільтратах і рослинних зразках визначали за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ІЗП-МС). Вивчені біотестові методи для оцінки фіторемедіаційних властивостей піонерних рослин, таких як ячмінь мишачий, стоколос японський, вівсюг звичайний та інші. Статистичний аналіз даних проводився з використанням Excel 2010 та Statistica 6.0, де відмінності вважалися статистично значущими при $p < 0,05$.

У **третьому розділі** представлено результати експериментальних досліджень технологій фіторекультивації відвалів вуглевидобування, включаючи фізико-хімічний аналіз субстратів, який показав недостатній рівень азоту і фосфатів та перевищення концентрацій важких металів. Ячмінь мишачий і стоколос японський виявилися стійкими до важких металів, зокрема, *V. japonicus* був ефективнішим у накопиченні металів. Біочар підвищує продуктивність ґрунту, але не впливає на рН і електропровідність. Встановлено, що рослини *H. turinum* L., *V. japonicus*, та інші показали високу стресостійкість і адаптованість, що робить їх перспективними для фіторекультивації забруднених територій.

У **четвертому розділі** розроблено технологію фіторекультивації відвалів відходів вуглевидобування для Західного Донбасу, яка включає композитні брикети з суглинку, біогумусу, агар-агару і насіння піонерних рослин. Визначено оптимальні параметри для зменшення викидів пилу та проведено розрахунок біомаси рослин, необхідної для фіторекультивації. Економічна оцінка показала, що використання технології фіторекультивації, зокрема з ячменем мишачим, може зменшити викиди пилу і знизити екологічні витрати підприємства. Витрати на фіторекультивацію однієї ділянки відвалу на вегетаційний сезон оцінені в 265 606 грн, або 156,2 грн/м².

У **висновках** наведені найбільш важливі наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі.

5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Аналіз наукового дослідження, викладеного в роботі, свідчить про його теоретико-методологічну обґрунтованість, достатність і достовірність. Одержані результати відповідають положенням та меті дисертаційного дослідження та його завданням і переконливо представлені у висновках до розділів та загальних висновках дисертації.

У дослідженні органічно поєднані результати сучасних досягнень систематизації інформації методом моделювання, експериментальних досліджень за стандартними методиками, а також результати біотестів отриманих в лабораторних умовах.

У дисертаційній роботі відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

6. Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробці технології фіторекультивуації вугільних відвалів, що забезпечує зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище. Ключовим елементом стало впровадження методів фіторекультивуації з використанням спеціально підібраних рослин для відновлення деградованих земель та зменшення негативного впливу важких металів. Запатентована технологія фіторекультивуації, що включає оптимізацію фізико-хімічних умов субстрату із застосуванням рослин фіторемедіантів для зменшення токсичності субстрату. Результати дослідження інтегровані в навчальні програми кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища як методичний підхід до реалізації концепції відновлення забруднених земель з використанням процесу фіторекультивуації. Розроблено практичні рекомендації для впровадження цієї технології у виробництво, зокрема, щодо адаптації рослинних угруповань до різних кліматичних умов і підвищення ефективності фіторекультивуації на основі досліджень, проведених на базі відповідних наукових установ.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях.

Оформлення дисертації відповідає вимогам наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Структура дисертації включає усі необхідні компоненти та складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень та скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Основні результати опубліковані дисертаційного дослідження опубліковані у 29 наукових працях, серед них: 11 публікацій у фахових виданнях, у тому числі: 1 стаття у наукових виданнях, що індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science; 10 статей – у виданнях, що входять до наукових видань, включених до переліку наукових фахових видань України; 17 тез доповідей на Всеукраїнських та Міжнародних науково-практичних конференціях; 1 патент на корисну модель України. Основні результати роботи опубліковано у фахових виданнях, вони охоплюють усі положення, що виносяться на захист. Особистий внесок здобувача у виконання дисертаційної роботи підтверджується представленими документами.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам п. 8 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

8. Мова та стиль дисертаційної роботи. Дисертаційна робота написана чітко, логічно, послідовно із застосуванням наукової термінології. Тема, зміст і отримані результати відповідають спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

9. Дискусійні положення та зауваження по дисертації. Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відмітити певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1. Дана технологія є універсальною чи має залежність від змін природно-кліматичних та/або антропогенних факторів?

2. Чи звертали ви увагу в якій формі знаходяться досліджуванні хімічні елементи в субстраті під час застосування даної технології?

3. Чи змінюють важкі метали свою хімічну форму до запровадження даної технології та після її впровадження?

4. У чому полягала різниця відбору проб з вугільного відвалу шахта «Павлоградська» та шахта «ім.Героїв Космосу». Чи були там рівні початкові умови?

5. Чи були різні умови в проведених біотестових експериментах, такі як температура, кількість субстрату, освітлення та повторюваність. Якщо так, то чи помічали ви залежність або глобальний вплив на фінальний результат?

6. Бажано б було детальніше вказати де відбирався контроль – суглинок. З якого об'єкту природно-заповідного фонду був відібраний контроль? Чи враховувалась зональність?

7. Для нормального розвитку рослин необхідні азот, фосфор та калій. Чому в роботі не було визначено обмінний калій?

8. На рис.3.4 та 3.5 (стор. 93-95) чи помічали ви залежність від зміни активності мікроорганізмів через (рН) та вилуговуванням? Якщо так, то як ви можете це пояснити?

9. У роботі доцільно було б використати фонову концентрацію при проведенні фіторекультивациі відвалів забруднених важкими металами, особливо в контексті кінцевої мети рекультивациі, а не лише показник ГДК. І потім зробити порівняльну характеристику.

У тексті дисертації зустрічаються деякі невдалі вислови, а також орфографічні і стилістичні неточності. Однак наведені зауваження не зменшують наукову та практичну цінність роботи.

Загальні висновки щодо дисертації. В цілому дисертаційна робота Красовського Сергія Анатолійовича «Розробка технології фіторекультивзації відвалів відходів вуглевидобування» є завершеною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати, які забезпечують ефективне розв'язання важливого науково-прикладного завдання, а саме: підвищення рівня технологічних рішень, щодо зменшення антропогенного впливу від відвалів відходів вуглевидобування.

Дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України од кваліфікаційних наукових праць, а саме Наказу МОН України № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» від 12.01.2017 (із змінами, внесеними від 31.05.2019) та вимогам від дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії (PhD) згідно вимог п.п 6, ,7 8, 9 «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 2022р.

Вважаю, що дисертаційна робота задовольняє вимогам МОН України, а її автор КРАСОВСЬКИЙ Сергій Анатолійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 183 - Технології захисту навколишнього середовища.

Офіційний опонент
професор кафедри екології та
природоохоронних технологій
Державного університету
«Житомирська політехніка»,
докт. техн. наук., проф.



Оксана ЛУНЬОВА

Підпис ЛУНЬОВОЇ О.В. засвідчую:

Перший проректор
Державного університету
«Житомирська політехніка»



Оксана ОЛІЙНИК