

## **ВІДГУК**

рецензента на дисертаційну роботу

Красовського Сергія Анатолійовича на тему:

**«Розробка технології фіторекультивації відвалів відходів вугледобування»,**

яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань

18 – Виробництво та технології за спеціальністю 183 – Технології захисту

навколишнього середовища

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, опублікованих здобувачем результатів досліджень, а також матеріалів, що свідчать про реалізацію та впровадження результатів дисертаційних досліджень.

### **1. Обґрунтування актуальності обраної теми досліджень та зв'язок з науковими програмами, планами і темами**

Гірничодобувна галузь, незважаючи на вагоме значення для розвитку економічного сектору багатьох країн світу чинить серйозний антропогенний вплив на природне навколишнє середовище, а саме літосферу, атмосферу, гідросферу та біосферу. Такою галуззю є вугледобувна промисловість, яка в Україні забезпечує генерацію електричної енергії на рівні 30% і є значущою складовою у функціонуванні енергетичного сектору. Вугледобувна галузь, як і всі інші характеризується значним відходоутворенням, внаслідок чого на земній поверхні накопичуються багатотонажні відходи вугледобутку (відвали, хвостосховища), під які виділяються значні земельні площі. Особлива небезпека їх впливу полягає у забрудненні ґрунтів та водних ресурсів токсичними елементами, а також пиління з поверхонь відвалів, особливо в засушливі періоди. Після завершення експлуатації відвалів пустих порід застосовують процеси технічної та біологічної рекультивації. Перспективним та сучасним напрямом досліджень є напрям фіторекультивації, який базується на застосування певних видів рослин, які можуть створити первиний рослинний покрив, що зменшить вітрову та водну ерозію токсичних елементів. Такі методи рекультивації мають здатність стабілізувати, накопичувати або знешкодити токсичні елементи. Враховуючи сучасні напрями розвитку природоохоронних заходів у світі, а також законодавчо запроваджені директиви ЄС щодо управління відходами та покращення стану довкілля обраний напрям досліджень є вельми актуальним для України, де внаслідок функціонування вугледобувних підприємств утворені значні накопичення відходів, що потребують мінімізації їх впливу на компоненти довкілля.

Дисертаційну роботу виконано 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); «Обґрунтування технологічних рішень екологічнобезпечного освоєння мінеральних ресурсів в умовах відбудови країни у воєнний і післявоєнний періоди» (№ державної

реєстрації 0123U101759); «Розробка екологічно безпечних технологій відновлення техногенно деградованих територій в умовах повоєнної відбудови» (№ державної реєстрації 0124U000357). Та в межах спільного освітнього проекту "Eco-mining: Development of Integrated Ph.D. Program for Sustainable Mining & Environmental Activities" під час спільних досліджень технологій біологічної рекультивації відвалів відходів вуглевидобування в Технічному університеті "Bergakademie Freiberg" (Німеччина).

Аналіз мети та завдань зазначених НДР свідчать про їх відповідність дисертаційному дослідженню, що виконав здобувач.

## **2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна**

Основні нові наукові результати дисертаційної роботи та їх новизна, що встановлені здобувачем особисто:

- уперше проведено фізико-хімічний аналіз досліджуваного субстрату шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» на такі показники як: рН, ЕС, вміст поживних речовин та вміст хімічних елементів за допомогою методу ІЗП-МС аналізу;

- уперше проаналізовано вплив фізичних (біочар) та хімічних (показник рН) факторів навколишнього середовища на фізико-хімічні показники досліджуваного субстрату шахтної породи та впливу даних показників 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 досліджуваному субстраті відібраному з шахти «ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»;

- уперше застосовано досліджувані рослини у якості фіторемедіантів (*H. murinum* L., *Bromus japonicus*, *Bromopsis i.holub*, *Avena fatua* L., *Bromus i. leyss*, *Triticum aestivum* L.) та проаналізовані їхні ростові показники на досліджуваному субстраті шахтної породи та вплив важких металів на них;

- уперше обґрунтовано видові склади рослинних сетів для потреб фіторекультивації, які мають високу стресостійкість до факторів довкілля та високі фітостабілізаційні та фітоекстракційні властивості до важких металів.

Достовірність результатів підтверджується застосуванням сучасних апробованих методів та методик дослідження, якими користуються провідні світові вчені й достатнім об'ємом проведених експериментальних досліджень.

Вважаю, що наукова новизна, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертації, є достатньо обґрунтованими і достовірними.

Наукові результати роботи, отримані здобувачем є новими та оригінальними й безпосередньо відносяться до спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

### **3. Оцінка змісту роботи та повнота викладу положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях**

Дисертаційна робота викладена на 189 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 5 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 145 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 35 таблицями та 47 рисунками. Список використаних джерел містить 115 найменувань.

У вступі розкрита актуальність та важливість дисертаційного дослідження, сформульовані мета та наукові завдання, наведено основні наукові результати та їх новизна, практичне значення роботи, наведено структуру дисертації та перелік наукових праць здобувача.

*Перший розділ* присвячено висвітленню значущості вугільної промисловості для України та аналізу негативних наслідків її впливу на стан довкілля. Виконано аналіз існуючих технологій ремедіації та фіторемедіації вугільних відвалів. Акцентовано увагу на напрямі фіторемедіації з використанням місцевих піонерних видів рослин.

*У другому розділі* обґрунтовано методика дослідження процесів фіторекультивації поверхонь відвалів, а саме: методи відбору проб для фізико-хімічного аналізу досліджуваного субстрату, методи аналізу фізико-хімічних показників, методика дослідження концентрації мікроелементів методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою, застосування біотестові методів, методи статистичного аналізу.

*Третій розділ* дисертації є найбільш значущим, де розкриваються нові отримані результати в ході дисертаційного дослідження. Виконано значний об'єм експериментальних досліджень. Визначено фізико-хімічні характеристики відвальних порід та субстратів. Науково обґрунтовано вибір рослин фіторемедіантів шляхом проведення біотестових досліджень. Здійснено оцінку впливу фізико-хімічних факторів на досліджуваний субстрат. Проведено комплекс досліджень ростових показників композитних рослинних сетів з подальшим розвитком технології фіторекультивації.

*У четвертому розділі* викладені розроблені технологічні рішення біологічної рекультивації поверхонь відвалів вуглевидобутку. Складені принципи нового способу біологічної рекультивації відвалів, обґрунтовано параметри біологічної рекультивації відвалу шахти для зменшення забруднення атмосфери. Виконано розрахунки економічної оцінки застосування методу фіторемедіації та рівень отримання біомаси.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 29 наукових праць, 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.

#### **4. Значення роботи для науки та практики та суспільства**

Вважаю, що основне *наукове значення роботи* полягає у виявленні закономірностей та характеру впливу різних фізико-хімічних параметрів субстратів на ростові процеси досліджуваних типів стресостійких рослин для створення ефективного рослинного покриття на поверхні відвалів, що зменшує пилове забруднення атмосфери, вітрову та водну ерозію й міграцію токсичних елементів.

Основними *практичними результатами* роботи є наступні:

– Розроблено новий спосіб фіторекультивації породних відвалів вугільних шахт;

– Розроблена та обґрунтована технологія фіторекультивації відвалів відходів вуглевидобування, яка базується на використанні насіння рослин сімейств *Roaceae*, *Fabaceae* та *Brassicaceae* у складі композитних біогумусових брикетів для їх розміщення на поверхні відвалу, що створює особливі умови для росту рослин та створення піонерних рослинних угруповань з мінімізацією процесів вітрової та водної ерозії та підвищення екологічної безпеки об'єкта.

– Розроблена методика застосування дикорослих злакових рослин для фіторекультивації техногенно забруднених земель в навчальний процес кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища НТУ «Дніпровська політехніка».

#### **5. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

В результаті детального ознайомлення із дисертаційною роботою порушень академічної доброчесності не було виявлено. При цитуванні інших вчених зроблено відповідні посилання.

#### **6. Дискусійні положення та зауваження**

1. У вступі до дисертації слід було сформулювати обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій, реалізація результатів досліджень. Це безпосередньо прослідковується у процесі дисертаційного дослідження, проте доцільно було б навести у вступній частині роботи.

2. У п. 1.4 здобувач детально провів аналіз особливостей та ефективності низки різновидів методів фіторемедиції й рекомендує здійснювати фіторекультивацію породних відвалів вугільних шахт західного Донбасу. Проте, бажано було б зазначити за результатами аналізу, що саме недостатньо у цій області знань вирішено (досліджено) станом на сьогодні у порівнянні зі світовими дослідженнями. Тобто на що автор далі звертає увагу у дисертаційному дослідженні, на що не звертали попередні дослідники (кліматичні умови, особливість видового різноманіття рослин, тощо).

3. У п. 2.4, незрозуміло, чому саме три зазначені групи рослин приймаються як фітомеліоранти в степовій зоні у дослідженнях. Бажано було б надати обґрунтоване пояснення.

4. У розділі 4 роботи бажано було б зазначити, з яких міркувань чи на підставі яких досліджень приймаються або обґрунтовуються зазначені розміри композитних брикетів для технології фіторекультивуації відвалу. Також бере за сумнів відсутність фіксації брикетів, адже відвали є сипучим середовищем й інтенсивні опади можуть призвести сковзання брикетів у верхній бровці.

5. У розділі 4 дисертаційного дослідження варто було б окреслити область застосування розробленої технології фіторекультивуації. Ця технологія є ефективною тільки для степової зони? Що потрібно дослідити або змінити, наприклад для умов породних відвалів Львівсько-Волинського басейну.

6. Враховуючи те, що породні відвали є джерелом цінних мінерально-сировинних ресурсів, переробка яких в майбутньому може забезпечити важливою сировиною низку галузей економіки, варто було б навести механізми повторного використання відвалів після фіторекультивуації. Чи є можливість розконсервації відвалів для переробки.

7. У п. 4.2 виконано розрахунок річних пилових викидів процесів функціонування відвального господарства. Проте, автором не зазначено як кількісно зменшиться пилоутворення відвалу при реалізації технології фіторекультивуації в умовах, коли брикетами закріплюється не вся площа бічної поверхні відвалу, а значна його частина схильна до виносу пилу.

8. По тексті зустрічаються орфографічні помилки та некоректний переклад деяких слів та словосполучень, наприклад «вугільно-добувної промисловості», «Із-за» тощо.

Зазначені зауваження до роботи не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

## **7. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи**

Вважаю, що дисертація виконана є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішене нове актуальне наукове завдання з розробки та обґрунтування параметрів технології фіторекультивуації відвалів вуглевидобутку. Всі отримані в дисертаційній роботі результати є новими і належать безпосередньо автору, а результати досліджень інших авторів наведені з відповідними посиланнями на них, що відповідає вимогам академічної доброчесності. Дисертація за змістом відповідає спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Вважаю, що дисертаційна робота Красовського Сергія Анатолійовича на тему **«Розробка технології фіторекультивуації відвалів відходів вуглевидобування»**, задовольняє всім вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки України від 12.07.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (пункти 5, 6, 8).

За встановлення закономірностей та характеру впливу різних фізико-хімічних параметрів субстратів на ростові процеси досліджуваних типів стресостійких рослин оптимальних для створення ефективного рослинного

покриву на поверхні відвалів, що дозволило розробити нову технологій фіторекультивуації віжвалів вугільних шахт **Красовський Сергій Анатолійович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології, за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

**Рецензент:**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри гірничої інженерії  
та освіти  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Михайло ПЕТЛЮВАНІЙ