

dr hab. Grzegorz Kusza, prof. UO
Wydział Przyrodniczo -Techniczny
Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
Uniwersytet Opolski

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej

pt. „*Ocena skuteczności zastosowania węgla do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach*”

Podstawa opracowania

Podstawą opracowania recenzji jest pismo nr RND/IŚGiE-43/2021 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej z dnia 23 czerwca 2021 r. w związku z powołaniem mnie przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej (uchwała nr 41/II/2021 z dnia 8 czerwca 2021 r.) na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej nt. „*Ocena skuteczności zastosowania węgla do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach*”.

Zasadność podjętej tematyki badawczej

Gleba jako jeden z najważniejszych komponentów środowiska przyrodniczego podlega ciągłym naturalnym przemianom związanym z procesami pedogenicznymi, jak również narażona jest na silną presję technogeniczną, która zazwyczaj przyczynia się do jej degradacji. Degradacja gleb powstała jako skutek wprowadzania nadmiernych ilości substancji chemicznych, w tym metali ciężkich, stanowi jeden z głównych czynników powodujących ryzyko zaburzenia równowagi biologicznej w środowisku przyrodniczym. Taki stan zagrożenia dla środowiska przyrodniczego może w konsekwencji stanowić istotny negatywny czynnik wpływający na stan ekosystemu, a w konsekwencji na jakość życia człowieka. Wymusza to prowadzenie działań związanych z eliminacją powstałego zanieczyszczenia w środowisku glebowym. W praktyce stosuje się dwie podstawowe metody *ex situ* i *in situ*. W pierwszej skażona glebę podlega „oczyszczeniu” – usunięciu szkodliwych związków poprzez stosowanie różnorodnych technologii w specjalnie dedykowanych do tego celu instalacjach. Natomiast

druga metoda polega na osiągnięciu równowagi biologicznej, poprzez ograniczenie negatywnego wpływu substancji o działaniu toksycznym dla organizmów żywych. W tej grupie metod prowadzono prace doświadczalne mające na celu „uwolnienie” metali ciężkich z kompleksu sorpcyjnego zanieczyszczonych gleb i odprowadzenie ich na zewnątrz z rozpuszczalnikiem w postaci odcieku. Metody te były bardzo skomplikowane, kosztowne i charakteryzowały się niewielką skutecznością. Pomimo usunięcia substancji szkodliwych doprowadzono bardzo często do pogorszenia jakości gleb. Drugą technologią w metodzie *in situ* jest stabilizacja zanieczyszczeń nieorganicznych - przede wszystkim dotyczy to metali ciężkich. W metodzie tej stosuje się różne związki (dodatki), które w znacznym stopniu ograniczają mobilność metali ciężkich. Metoda ta jest o wiele skuteczniejsza w aspekcie ochrony środowiska glebowego, przy jednocześnie niewielkich nakładach finansowych. Niniejsza dysertacja dotyczy immobilizacji metali w glebach zanieczyszczonych z wykorzystaniem stabilizatorów w postaci trzech rodzajów węgla: aktywnego, brunatnego i drzewnego. Autorka podjęła próbę oceny skuteczności powyższych węgli w aspekcie zmian właściwości glebowych, a przede wszystkim ograniczenia fitoprzyswajalności metali i fitotoksyczności gleb o różnym stopniu zanieczyszczenia.

Biorąc pod uwagę wzrost powierzchni terenów zdegradowanych chemicznie, opracowanie skutecznej i nisko kosztownej metody stabilizacji metali ciężkich stanowi jedno z ważniejszych wyzwań w zakresie inżynierii środowiska. Przeprowadzone przez Autorkę prace doświadczalne mają bardzo praktyczny i uniwersalny charakter. Wykorzystanie zaproponowanych rodzajów węgla w określonych dawkach przyczyni się do udoskonalenia metody remediacji poprzez optymalną wieloletnią stabilizację metali w zanieczyszczonych gruntach. Jednocześnie należy podkreślić pozytywny wpływ dodatków (węgli), które wprowadzane do gleby nie pogorszą stanu środowiska glebowego.

Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej napisana jest w języku polskim i obejmuje łącznie 231 stron, przy czym tekst właściwy pracy (z pominięciem stron tytułowych, spisu treści, spisu tabel i rysunków) zawiera się w 222 stronach. Praca składa się z ośmiu rozdziałów, uzupełnionych spisem pozycji literaturowych, tabel i rysunków. Autorka przywołuje w pracy 522 pozycje literaturowe.

Opiniowana rozprawa jest pracą eksperymentalną.

Rozdział 1 przedstawia potrzebę podjęcia pracy w aspekcie formalnym w nawiązaniu do wymogów prawnych, jak również uwzględniając wymierny wpływ na poprawę środowiska przyrodniczego terenów zdegradowanych. Rozdział 2 to krótkie i czytelne sformułowanie celu,

tezy i zakresu pracy. Autorka sformułowała następującą hipotezę badawczą: *zastosowanie węgla umożliwi skuteczną immobilizację form metali w glebach zanieczyszczonych, ograniczając fitoprzyswajalność metali i fitotoksyczność gleb, może stanowić jedna z metod stabilizacji metali, szczególnie na terenach przemysłowych*. Udowodnienie tak sformułowanej hipotezy stanowi w istocie treść recenzowanej rozprawy doktorskiej. Rozdział 3 zawiera omówienie obecnego stanu wiedzy w zakresie remediacji gleb zanieczyszczonych metalami w aspekcie ich stabilizacji. Rozdział ten został podzielony na pięć części: (1) obejmuje aktualne i częściowo historyczne aspekty prawne w zakresie ochrony gleb zanieczyszczonych chemicznie, (2) opisano ryzyko dla zdrowia i stanu środowiska wynikające z ponadnormatywnych zawartości metali w glebach, (3) przedstawiono mechanizmy reakcji roślin w warunkach stresu, (4) wskazano najważniejsze metody remediacji gleb zanieczyszczonych metalami, (5) scharakteryzowano trzy rodzaje węgla - aktywny, brunatny i drzewny, które zaproponowano do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach. Można stwierdzić, że Doktorantka rzetelnie zapoznała się z literaturą przedmiotu i najnowszymi doniesieniami związanymi z metodami ochrony gleb, w tym ich remediacją. Rozdział 4 zawiera dokładny opis założenia poszczególnych etapów doświadczenia. Badania zaplanowano w sposób przemyślany, bardzo logicznie i konsekwentnie je zrealizowano. Doktorantka opisała w tej części pracy istotę prowadzonych badań z uwzględnieniem metod oznaczeń poszczególnych parametrów materiału glebowego i roślinnego. Następnie określiła warunki testowania i pielęgnacji roślin. W celu określenia ostrej toksyczności autorka zastosowała testy fitotoksyczności. W pracach doświadczalnych prawidłowe założenie doświadczenia z uwzględnieniem wszystkich zmiennych jest niezmiernie trudne i decyduje o uzyskaniu rzetelnych wyników i ich dalszej prawidłowej interpretacji. Rozdział 5 poświęcony jest analizie właściwości materiałów, które zostały zastosowane w pracach doświadczalnych. Określono podstawowe właściwości węgla wraz z opisem właściwości fizycznych i chemicznych gleb. Rozdział 6 stanowi omówienie wyników przeprowadzonych doświadczeń. W przeprowadzonych doświadczeniach Autorka określiła: (1) zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleb zanieczyszczonych pod wpływem zastosowanych trzech rodzajów węgla, (2) zawartość substancji humusowych, (3) zawartość różnych form metali ciężkich w analizowanych glebach, (4) toksyczność ostrą gleb za pomocą standardowych testów fitotoksyczności, a także testów z wykorzystaniem roślin zastosowanych w doświadczeniach wazonowych, (5) wielkość plonowania roślin zastosowanych w doświadczeniach wazonowych, (6) zawartość aminokwasów w kukurydzy i łubinie, (7) zawartość metali w poszczególnych roślinach, (8) współczynniki biokoncentracji i translokacji. Bardzo szeroki

zakres prowadzonych badań zaowocował dużą ilością wyników, które mgr inż. Magdalena Wiśniewska zestawiła w 72 tabelach i 91 rysunkach. Pomimo tak dużej ilości przedstawionych danych całość jest bardzo czytelna i chronologicznie zestawiona. Rozdział 7 zawiera rzetelnie przeprowadzoną dyskusję uzyskanych wyników badań, zarówno w aspekcie praktycznym, tj. – określeniu możliwości zastosowania węgla w ochronie środowiska glebowego ze szczególnym uwzględnieniem stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach, jak również teoretycznym w nawiązaniu do wyników prac innych autorów. Warto podkreślić wykorzystaną w pracy zarówno w przeglądzie literatury, jak również w dyskusji bardzo bogatą bibliografię – 522 pozycje. Rozdział 8 stanowi podsumowanie merytorycznej części pracy w postaci 18 wniosków, które potwierdzają wysuniętą przez Doktorantkę tezę dotyczącą przydatności węgla brunatnego aktywnego i drzewnego do immobilizacji metali w glebach zanieczyszczonych, a tym samym ograniczeniu ich fitoprzyswajalności.

Głównym założeniem w recenzowanej rozprawie było wskazanie przydatności węgla brunatnego, aktywnego i drzewnego do stabilizacji metali ciężkich w glebach zdegradowanych pochodzących z terenu oddziaływania przemysłu hutniczego. Pomimo wykazania pewnego zróżnicowania w skuteczności stabilizacji metali przez poszczególne rodzaje węgla, stwierdzono bardzo korzystny wpływ zastosowanych materiałów na właściwości fizyczne i chemiczne gleb. Przykładem tego może być opisany w pracy wskaźnik humifikacji w glebach z zastosowanym węglem aktywnym, gdzie po ośmiu latach trwania doświadczenia stwierdzono poprawę jakości związków próchnicznych. Sprzyja to rozwojowi roślin, które mogą być wprowadzane w ramach rekultywacji gruntów zdegradowanych ponadnormatywną zawartością metali ciężkich.

Szczegółowe uwagi krytyczne

Recenzowana praca doktorska zawiera elementy, które stanowią oryginalny i własny wkład Doktorantki. Niemniej warto zwrócić uwagę na kilka drobnych niejasności:

Pytanie 1. Wskazana w *rozdziale 4. Materiały i metody badań* informacja dotycząca pochodzenia gleb z terenów przemysłowych - pohutniczych jest zbyt ogólna. Dodatkowo należało wskazać rodzaj hutnictwa (źródło potencjalnego zanieczyszczenia gleb) oraz sposób użytkowania gruntu (rodzaj użytkowania), miąższość warstwy (poziomu genetycznego), miejsc z których pobrano materiał glebowy do eksperymentu.

Pytanie 2. W testach ekotoksykologicznych zastosowano standardowe gatunki roślin jednoliściennych – sorgo cukrowe (*Sorghum saccharatum* L.) i dwuliściennych - rzeżuchę siewną (*Lepidium sativum* L.), których czas inkubacji wynosi 72 godziny w ciemności,

w temperaturze 25°C. Natomiast rośliny zastosowane w doświadczeniach wazonowych: lucernę siewną (*Medicago sativa* L.), gorczycę białą (*Sinapis alba* L.), łubin żółty (*Lupinus luteus* L.) i kukurydzę zwyczajną (*Zea mays* L.), inkubowano odpowiednio przez 4, 7, 9 i 14 dni. Nie wskazano w tym przypadku warunków inkubacji. Światło, temperatura, jak i wilgotność podłoża glebowego w istotny sposób wpływają na kiełkowanie i wzrost korzeni oraz części nadziemnych analizowanych roślin. Czym kierowano się dobierając warunki i czas inkubacji tych roślin?

Pytanie 3. Jakim narzędziem wykonano pomiary długości systemu korzeniowego poszczególnych roślin zastosowanych w testach ekotoksykologicznych? Ze względu na nieregularny i rozbudowany kształt korzeni, Autorka m.in. w przypadku kukurydzy oraz łubinu wskazała problem z wykonaniem pomiarów wzrostu korzeni oraz części nadziemnych. Zalecanym do pomiaru długości korzeni (i pędów) jest program do analizy obrazu np. Image Tool, który pozwala na bardzo precyzyjne pomiary nawet przy silnie rozwiniętym systemie korzeniowym.

Pytanie 4. W procedurze testu Phytotoxkit™ stosuje się jako wzorzec glebę referencyjną (kontrolną) dostarczoną przez producenta testów, w pracy nie wykazano zastosowania powyższej gleby?

Pytanie 5. W doświadczeniu zastosowano gleby o odczynie zasadowym, w których mobilność metali jest spowolniona z racji związania ich w kompleksie sorpcyjnym. Czy analizowane do stabilizacji metali węgle: aktywny, drzewny i brunatny będą mogły być zastosowane w remediacji gleb kwaśnych o słabym kompleksie sorpcyjnym?

Uwagi redakcyjne:

1. Do oceny fitotoksyczności gleb zastosowano test Phytotoxkit™ firmy Microbiotests z Gent (Belgia) natomiast w pracy wskazano błędnie jako producenta firmę Tigret z Warszawy.
2. W tekście pracy Autorka wprowadzała jednostkę t/ha, zgodnie z układem jednostek SI powinno być Mg·ha⁻¹.

Wymienione uwagi i pytania nie pomniejszają niezaprzeczalnego i istotnego wkładu własnego Doktorantki i służą jedynie do wskazania możliwości dalszych badań lub wprowadzenia niewielkich korekt przy potencjalnych publikacjach wyników tej pracy.

Ocena pracy i wniosek końcowy

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy stwierdzam, że Doktorantka rozwiązała samodzielnie problem naukowy sformułowany w hipotezie zamieszczonej w pracy. Stopień wiedzy Doktorantki w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy praca, jest bardzo duży, zarówno w aspekcie teoretycznym, jak również eksperymentalnym. Na szczególną uwagę zasługuje przygotowanie teoretyczne oparte na bogatej literaturze, które pomogło zaplanować i przeprowadzić przemyślany program kilkuletnich badań. Całościowe, rzetelnie przeprowadzone doświadczenie, w którym uwzględniono zmiany występujące zarówno we właściwościach zanieczyszczonych metalami gleb, jak też w reakcji testowanych roślin po zastosowaniu trzech rodzajów węgla, a także wykorzystanie nowoczesnych metod analitycznych świadczy o bardzo starannym merytorycznym przygotowaniu Doktorantki.

W związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Wiśniewskiej nt. „*Ocena skuteczności zastosowania węgla do stabilizacji metali w zanieczyszczonych glebach*” spełnia wymagania formalne określone w *Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) wraz z późniejszymi zmianami.

Przedstawiona rozprawa doktorska mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (odpowiadającej dziedzinie *nauk technicznych* wg Rozporządzenia MNiSW z 2011 roku), w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (odpowiadającej dyscyplinie *inżynieria środowiska* wg Rozporządzenia MNiSW z 2011 roku).

Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej. Mgr inż. Magdalena Wiśniewska wykazała się, zarówno na etapie przygotowania założeń eksperymentu, jak również w trakcie prowadzenia kilkuletniego doświadczenia, bardzo dużą wiedzą i znajomością zagadnień z zakresu: inżynierii środowiska, gleboznawstwa, fizjologii roślin, uprawy i pielęgnacji roślin. Samodzielne i kreatywne podejście do przeprowadzonego eksperymentu, a także wysoki poziom badań i trudne do przeprowadzenia nowe metody analityczne uzasadniają przyznanie wyróżnienia.

dr hab. Grzegorz Kusza, prof. UO

