

Prof. dr hab. inż. Jacek Antonkiewicz
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
PL 31-120 Kraków, Al. Mickiewicza 21,
Tel.+48 12 662 43 45, Tel/fax +48 12 662 43 41
e-mail: rrantonk@cyf-kr.edu.pl

Kraków, 01.04.2019 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Piotra Jakubowicza pt. „Efektywność technik bioremediacyjnych w procesach oczyszczania gleb skażonych substancjami ropopochodnymi”

1. Wprowadzenie

Niniejsza ocena rozprawy doktorskiej została przygotowana w odpowiedzi na pismo (Rdz. 531/os/2018-2019) Pana prof. dr hab. Krzysztofa Kowalczyka, Dziekana Wydziału Agrobioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 25.03.2019 roku wraz z informacją, że zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Agrobioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w dniu 20.03.2019 roku powołano mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „Efektywność technik bioremediacyjnych w procesach oczyszczania gleb skażonych substancjami ropopochodnymi” mgr Piotra Jakubowicza. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy, pod kierunkiem prof. dr hab. Elżbiety Jolanty Bielińskiej.

2. Ocena problematyki badawczej

Ustawą z dnia 10 czerwca 2014 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw dokonano wdrożenia dyrektywy 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych, a zarazem uporządkowano stan prawny dotyczący remediacji i monitoringu zanieczyszczeń powierzchni ziemi. Zgodnie z nowymi przepisami istotnym czynnikiem dla istnienia i zakresu obowiązku remediacji będzie procedura oceny występowania znaczącego zagrożenia dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska. Stwierdzenie braku takiego zagrożenia pozwoli na wyłączenie bądź ograniczenie zakresu obowiązku remediacji.

Przy planowaniu lub określaniu sposobu przeprowadzenia remediacji w pierwszej kolejności należy rozważyć usunięcie zanieczyszczenia przynajmniej do dopuszczalnej zawartości w glebie i ziemi substancji powodujących ryzyko. Przeprowadzenie remediacji w inny sposób dopuszcza się, jeżeli: 1) nie są znane technologie lub sposoby pozwalające na

usunięcie zanieczyszczenia; 2) negatywne dla środowiska skutki działań prowadzonych w celu usunięcia zanieczyszczenia byłyby niewspółmiernie wysokie do korzyści osiągniętych w środowisku; 3) koszty oczyszczania doprowadzające do usunięcia zanieczyszczenia byłyby nieproporcjonalnie wysokie w stosunku do korzyści osiągniętych w środowisku i zasadne jest przeprowadzenie remediacji w sposób, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, co zostało wykazane w analizie kosztów i korzyści przeprowadzonej dla kilku wariantów sposobu przeprowadzenia remediacji; 4) obowiązany do przeprowadzenia remediacji wykaże, że zanieczyszczenie nastąpiło przed 1 września 1980 roku.

W związku z powyższymi wyzwaniami, w świetle nowego ustawodawstwa poszukuje się nowych metod i technik bioremediacyjnych gruntów zanieczyszczonych chemicznie. Odpowiedni dobór metod i technik bioremediacyjnych terenów dołów urobkowych wydaje się ważnym problemem środowiskowym. Rozprawa doktorska mgr Piotra Jakubowicza pt. „Efektywność technik bioremediacyjnych w procesach oczyszczania gleb skażonych substancjami ropopochodnymi” jest ważnym elementem i wkładem w rozwój metod i technik bioremediacyjnych gruntów i terenów zanieczyszczonych węglowodorami. Rozprawa doktorska obejmuje również elementy aplikacyjne, podające konkretne sposoby, etapy oczyszczania gruntów z zanieczyszczeń organicznych, zwłaszcza trudno biodegradowalnych, w warunkach laboratoryjnych i terenowych (in situ). W powyższym świetle, bardzo wysoko należy ocenić trafność wyboru tematyki badań, ich realizację oraz uzyskane wyniki przedstawione do oceny niniejszej rozprawie doktorskiej.

3. Formalna analiza rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została przygotowana w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych, zgodnie z art. 13 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 650 poz. 595 z późn. zm.).

Przygotowana dysertacja do recenzji obejmuje następujące rozdziały: 1. syntezę prezentowanych oryginalnych wyników badań; 2. spis publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej; 3-8 rozdziały poświęcone problematyce badawczej, zawierające oryginalne publikacje naukowe; 9. wnioski; 10. literatura; 11. streszczenie; 12. summary; 13. załączniki potwierdzające procentowy udział Autora w prezentowanych oryginalnych pracach twórczych.

Oceniana rozprawa doktorska Pana mgr Piotra Jakubowicza obejmuje następujące publikacje naukowe:

1. Steliga T., **Jakubowicz P.** 2007. Likwidacja zanieczyszczeń ropopochodnych na terenach starych dołów urobkowych. Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie. Miesięcznik WUG, 8, 11-17.
2. Steliga T., **Jakubowicz P.**, Kapusta P. 2015. Changes in toxicity during treatment of wastewater from oil plant contaminated with petroleum hydrocarbons. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 90, 8, 1408-1418. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.4442> (pkt. 30).
3. Steliga T., Kapusta P., **Jakubowicz P.** 2009. Effectiveness of bioremediation processes of hydrocarbon pollutants in weathered drill wastes. Water, Air, & Soil Pollution, 202, 1/4, 211-228. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-008-9971-x> (pkt. 24).
4. Steliga T., Kapusta P., **Jakubowicz P.** 2012. Changes in toxicity during in situ bioremediation of weathered drill wastes contaminated with petroleum hydrocarbons. Bioresource Technology, 125, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.092> (pkt. 45).
5. Steliga T., **Jakubowicz P.**, Kapusta P. 2010. Optimisation research of petroleum hydrocarbon biodegradation in weathered drilling wastes from waste pits. Waste Management & Research, 28, 12, 1065-1075. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F0734242X09351906> (pkt. 13).
6. Steliga T., Kapusta P., **Jakubowicz P.** 2009. Ocena efektywności procesów bioremediacyjnych na podstawie testów toksykologicznych. Wiertnictwo Nafta Gaz, 26, 3, 555-566. DOI: <http://journals.bg.agh.edu.pl/WIERTNICTWO/index.php?vol=2009-03> (pkt. 4).
7. Steliga T., **Jakubowicz P.**, Kapusta P., Wojtowicz K. 2018. Efektywność biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w zestarzałym odpadzie z dołu urobkowego. Nafta-Gaz, 74, 10, 752-758. DOI: 10.18668/NG.2018.10.07 (pkt. 6).
8. Steliga T., **Jakubowicz P.**, Kapusta P., Kluk D. 2018. Badania biodegradacji odpadów wiertniczych zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi.. Przemysł Chemiczny, 97, 10, 1666-1675. DOI: 10.15199/62.2018.10.7 (pkt. 15).

Spójny tematycznie zbiór artykułów naukowych przedstawiony w formie rozprawy doktorskiej obejmuje 8 publikacji zespołowych. W 5 publikacjach Autor jest na drugim miejscu (pozycje 1, 2, 5, 7, 8) oraz w 3 publikacjach Autor jest na trzecim miejscu (pozycje 3, 4, 6). Łączna suma punktów, za publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej, według obowiązujących wykazów czasopism naukowych podawanych przez MNiSW w roku ich wydania, wynosi 137. Kandydat do stopnia naukowego doktora podjął się przygotowania

rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych, będących w wykazach Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z poszczególnych lat ich wydania. 3 artykuły ukazały się w czasopismach branżowych: „Miesięcznik WUG”, „Wiertnictwo Nafta Gaz”, „Nafta-Gaz” oraz 5 artykułów ukazało się w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Reports (JCR). Ponadto 6 oryginalnych prac naukowych (pozycje nr 2-5, 7-8) są indeksowane w bazie Web of Science Core Collection i bazie Scopus. W rozprawie doktorskiej zamieszczono streszczenie w języku polskim (rozdział 11) i angielskim (rozdział 12) - co jest zgodne z art. 13 pkt 6 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

4. Merytoryczna analiza pracy

Przedstawiona do recenzji dysertacja została przygotowana w formie cyklu publikacji naukowych w oparciu o oryginalne wyniki badań, analiz laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach środowiskowych, to jest gleb z terenów urobkowych, które były niezbędne do przeprowadzenia wyводу zgodnego z koncepcją Autora. Tytuł rozprawy doktorskiej odzwierciedla jej treści merytoryczne zaprezentowane w niniejszej rozprawie.

Celem rozprawy doktorskiej była identyfikacja i analiza kluczowych parametrów fizykochemicznych gleb i odpadów pochodzących z terenów zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi, pozwalających na kompleksową ocenę efektywności i dynamiki procesów bioremediacji. W pracy zamieszczono także aspekty uylitarne dotyczące etapowej technologii oczyszczania gleb zanieczyszczonych substancjami organicznymi trudno ulegających biodegradacji.

W rozdziale 3 pt. „Wpływ procesu remediacji wstępnej na redukcję zawartości zanieczyszczeń ropopochodnych w glebach z terenów dołów urobkowych” Autor przeanalizował aspekty prawne rekultywacji środowiska silnie zanieczyszczonego substancjami ropopochodnymi, opracował skuteczny sposób sterowania procesem biodegradacji zanieczyszczeń w warunkach terenowych - in situ.

W rozdziale 4 pt. „Biodegradacja odcieków zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi po remediacji wstępnej gleb z terenów urobkowych” Autor wykorzystał w remediacji procesy: flotacja, koagulacja z flokulacją, sedymentacja i filtracja osadów. Zastosował biologiczny moduł z aktywnym preparatem biologicznym (konsorcjum mikrobiologiczne, oparty na niepatogennych rodzimych bakteriach i grzybach) do usunięcia istniejących węglowodorów. Autor stwierdził, że po wstępnym oczyszczaniu odcieków zawartość substancji organicznych znacznie się zmniejszyła, do poziomu akceptowalnego

regulowanymi przepisami prawnymi. W badaniach prezentowanych przez Autora osiągnięto znaczną biodegradację alkanów krótkołańcuchowych i długołańcuchowych. Wykorzystano także testy biologiczne „Microtox”, „MARA”, „Daphtoxkit” i „Ames” do oceny toksyczności odcieków zawierających substancje organiczne. Wykazano dużą skuteczność w usuwaniu węglowodorów ropopochodnych z gleb terenów urobkowych.

W rozdziale 5 pt. „Degradacja zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie z terenów dołów urobkowych w warunkach przemysłowych (metoda *in situ*)” Autor przedstawił problem oczyszczania 50-letnich zwietrzałych odpadów (gleby) z dołów odpadowych - w wyniku odwiertów naftowych. W pracy przedstawiono wyniki oczyszczania ścieków z wykorzystaniem technologii etapowej: wstępna rekultywacja, podstawowa bioremediacja i bioaugmentacja (inokulacja rodzimymi mikroorganizmami). Prezentowany proces był kontrolowany za pomocą chromatografii gazowej/płomieniowego detektora jonizacji. Zgodnie z tą metodą można było ocenić stopień biodegradacji węglowodorów olejowych za pomocą wybranych wskaźników n-C17/Pr i n-C18/F. Kolejny etap oczyszczania gleby (130 dni) obejmował inokulację biopreparatem opartym na rodzimych mikroorganizmach, w których uzyskano obniżenie TPH o ponad 80%. Wyniki badań laboratoryjnych umożliwiły opracowanie metod oczyszczania stosowanych w testowanych dołach w warunkach przemysłowych (*in situ*). Ponadto zaprezentowana technologia oczyszczania odpadów G-44 i G-12 z dużej zawartości węglowodorów ropopochodnych, polegająca na procesie oczyszczania etapowego, umożliwiała obniżenie TPH do zadowalającego poziomu w ciągu 3 lat. Ponadto Autor wykorzystując testy „Microtox”, „Ostacodtoxkit”, „Phytotoxkit” i „Ames” wykazał, że zmiany po procesie bioremediacji w glebach i odciekach były nie toksyczne oraz toksyczne ale ich toksyczność nie była związana z obniżeniem zawartości TPH, prawdopodobnie z powodu tworzenia się toksycznych metabolitów pośrednich podczas procesu bioremediacji.

W rozdziale 6 pt. „Matematyczny model efektywności procesów biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie” Autor omówił problem rekultywacji odpadów wiertniczych. Przeprowadzone badania i analizy chemiczne wykazały, że materiał przechowywany w kopalniach odpadów można sklasyfikować jako glebę o wysokim poziomie zanieczyszczeń ropopochodnych. Remediację kontrolowano metodą chromatograficzną jakościowego i ilościowego oznaczania węglowodorów ropopochodnych. Na podstawie danych analitycznych istniała możliwość określenia skuteczności kolejnych faz oczyszczania. Ponadto przeprowadzono laboratoryjne badania biodegradacji przy użyciu biomarkera C30-17 α (H) 21 β (H) -hopanu w celu znormalizowania stężeń analitu (TPH, Σ n-

C8-n-C22 i Σ n-C23-n-C36). W pracy obliczone stałe biodegradacji pierwszego rzędu, które umożliwiają oszacowanie dynamiki etapu oczyszczania i skuteczności zastosowanych biopreparatów. Ponadto reprezentują stopień biodegradacji poszczególnych n-alkanów w kolejnych etapach procesu oczyszczania gleby.

W rozdziale 7 pt. „Kompleksowa ocena efektywności biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w glebie z terenów starych dołów urobkowych” Autor przeprowadził ocenę skuteczności metod oczyszczania gleby i ziemi z dołu urobkowego Graby-67 skażonej substancjami ropopochodnymi za pomocą testów toksykologicznych. Na podstawie uzyskanych wyników z wykorzystaniem testu „Amesa” Autor stwierdził, że przeprowadzony proces bioremediacji wpłynął na obniżenie w glebie substancji chemicznych o właściwościach mutagennych. Przeprowadzone testy ekotoksykologiczne ‘przed’ i ‘po’ procesie bioremediacji wykazały, że oczyszczona gleba jest nietoksyczna. Ponadto Autor wykazał, nowe podejście do oceny skuteczności biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w trakcie procesu oczyszczania odpadów wiertniczych, polegające na zastosowaniu metod chromatograficznego oznaczania zanieczyszczeń ropopochodnych w połączeniu z badaniami mikrobiologicznymi. Opracował konsorcja niepatogennych biopreparatów zawierających wyselekcjonowany zespół mikroorganizmów autochtonicznych, charakteryzujących się zdolnością do szybkiej adaptacji w skażonym środowisku, wysoką aktywnością biochemiczną w biodegradacji węglowodorów pochodzących z przetwórstwa ropy naftowej.

W rozdziale 8 pt. „Koncepcja technologii etapowego oczyszczania gleby silnie skażonej substancjami ropopochodnymi” Autor opracował etapową technologię usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych z odpadu pochodzącego z dołu urobkowego. Autor wskazał na możliwość głębszego oczyszczania odpadu poprzez wprowadzenie inokulacji biopreparatami bezpiecznymi dla środowiska.

Pomimo wielu zalet rozprawy doktorskiej – po jej dokładnym przestudiowaniu – nasunęły mi się pewna uwaga krytyczna, nie obniżająca wartości naukowej, często natury dyskusyjnej, którą przedstawiam poniżej:

- W syntezie pracy Autor mógł zamieścić informacje o dawkach nawozów mineralnych (N, P, K) stosowanych w procesach bioremediacyjnych, które są niezbędne do wzrostu i rozwoju, namnażania mikroorganizmów niezbędnych w tych procesach. Stosowanie nawozów mineralnych jest często niezbędne przy wspomaganiu bioremediacji wstępnej i zaawansowanej.

Merytorycznie oceniam rozprawę doktorską bardzo wysoko. Z treści pracy, interpretacji wyników, analizy literatury wynika, że Autor włożył bardzo dużo pracy

analitycznej, naukowej, edytorskiej w powstanie cyklu publikacji naukowych. Tym bardziej, że prace wchodzące w monotematyczny cykl publikacji naukowych są indeksowane w bazie Journal Citation Reports (JCR) oraz w bazie Web of Science Core Collection a także w bazie Scopus.

W mojej ocenie Kandydat na stopień naukowy doktora wykazał się dużą znajomością problemu badawczego, czego wyrazem były trafnie postawione cele badawcze, dobre opanowanie szerokiego zakresu metod analitycznych wykorzystanych w pracach naukowych, a także umiejętnością naukowej interpretacji uzyskanych wyników, co świadczy o Jego dojrzałości naukowej.

7. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę wymogi określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r., Poz. 1669), a także zakres badań, przyjętą metodologię i zastosowane metody badawcze oraz sposób opracowania i przedstawienia wyników, rozprawę doktorską mgr Piotra Jakubowicza pt. „Efektywność technik bioremediacyjnych w procesach oczyszczania gleb skażonych substancjami ropopochodnymi” uznaję za w pełni spełniającą wymogi stawiane tego typu opracowaniom. Oceniana rozprawa doktorska zawiera się w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie „ochrona i kształtowanie środowiska”.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi dotyczącymi szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, składam formalny wniosek do Rady Wydziału Agrobioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr Piotra Jakubowicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na wysoki poziom merytoryczny pracy, dużą wartość poznawczą, innowacyjność w analizach chemicznych, zastosowanie wysokospecjalistycznych testów biologicznych i ekotoksykologicznych oraz aplikacyjny charakter wielu wyników zaprezentowanych w publikacjach naukowych, wnioskuję do Rady Wydziału o stosowne jej wyróżnienie.

Prof. dr hab. inż. Jacek Antonkiewicz

