

Dr hab. Iwona Beata Paśmionka
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie
Wydział Rolniczo - Ekonomiczny
Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Kraków, 19 marca 2025 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego, pozostałej aktywności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej, popularyzacyjnej oraz współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym Pani dr Viry Hovorukha, w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

1. Podstawa prawna

Niniejszą recenzję opracowałam na podstawie Uchwały nr 40/2024-2028, Rady Naukowej Uniwersytetu Opolskiego, z dnia 23 stycznia 2025 r., w sprawie powołania komisji habilitacyjnej, w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Pani dr Virze Hovorukha, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Za merytoryczną podstawę sporządzenia recenzji służyła mi doręczona w formie elektronicznej dokumentacja w postępowaniu habilitacyjnym Pani dr Viry Hovorukha, zawierająca dane wnioskodawcy, kopię dyplomu, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, kopie publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe oraz potwierdzenie osiągnięć i certyfikaty. Przedstawiona dokumentacja została sporządzona w sposób czytelny, zgodnie z wymaganiami obowiązującymi w dniu 21 października 2024 roku (data złożenia wniosku), określonymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Podstawę prawną przygotowanej przeze mnie recenzji stanowiły wymagania określone w Art. 219, ust.1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018, *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2024 r., poz. 1571).

2. Podstawowe informacje o Kandydatce

Pani dr Vira Hovorukha ukończyła studia w 2013 r. w Kijowskim Uniwersytecie Narodowym im. Tarasa Szewczenki, uzyskując z wyróżnieniem tytuł magistra, o specjalności mikrobiologia, na podstawie pracy magisterskiej pt. *„Rozpowszechnianie bakterii redukujących żelazo w ekosystemach naturalnych”*. Od 2011 do 2021 r. pracowała w Kijowie w Instytucie Mikrobiologii i Wirusologii im. Zabołotnego Narodowej Akademii Nauk, przechodząc kolejne etapy w karierze naukowej, od inżyniera I kategorii, poprzez młodszego pracownika naukowego do pracownika naukowego. **Stopień doktora nauk biologicznych, specjalność mikrobiologia, Pani Vira Hovorukha uzyskała w 2016 r., w tym samym Instytucie, w oparciu o rozprawę pt. „Rola mikroorganizmów redukujących żelazo w cyklach biogeochemicznych węgla i żelaza”**. W dniu 21 lutego 2023 r. dyplom ten został uznany za równoważny z polskim stopniem doktora nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne, na podstawie uchwały nr 3/N/2023 Komisji do spraw stopni naukowych, w dyscyplinie nauki biologiczne, Uniwersytetu Łódzkiego. **Niniejszym spełniony został wymóg**

zawarty w Art. 219, ust. 1, pkt 1 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. W latach 2020-2021 Pani dr Vira Hovorukha pracowała na stanowisku docenta w Katedrze Biotechnologii, na Wydziale Bezpieczeństwa Środowiskowego, Inżynierii i Technologii, w Narodowym Uniwersytecie Lotniczym w Kijowie. W okresie od 2021-2022 r., jako starszy pracownik naukowy, była zatrudniona w Narodowej Akademii Nauk Ukrainy w Dziale Biologii Mikroorganizmów Ekstremofilnych w Instytucie Mikrobiologii i Wirusologii im. Zabołotnego. Od 2022 r. do chwili obecnej, pracuje na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Instytucie Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytetu Opolskiego.

Pani dr Vira Hovorukha jest autorem i współautorem wielu artykułów naukowych, opublikowanych w czasopismach o zasięgu krajowym (Ukraina) i międzynarodowym. Wyniki swoich prac badawczych aktywnie prezentowała na konferencjach krajowych i zagranicznych, wygłaszając referaty oraz prezentując postery. W większości zostały one opublikowane w materiałach konferencyjnych.

Za szczególnie ważny aspekt działalności naukowej Kandydatki uznać należy czynny udział w realizowaniu projektów badawczych, finansowanych ze środków krajowych Ukrainy i środków zagranicznych. W projektach tych dr Vira Hovorukha była głównym wykonawcą oraz wykonawcą.

Kandydata jest laureatką nagród za działalność naukową Narodowej Akademii Nauk Ukrainy oraz Rady Najwyższej Ukrainy. Była również stypendystką Narodowej Akademii Nauk Ukrainy, a w latach 2019-2021 za aktywność naukowo-badawczą uzyskała Stypendium Prezydenta Ukrainy.

Habilitantka jako nauczyciel akademicki bierze czynny udział w kształceniu studentów i doktorantów realizując zajęcia dydaktyczne w formie autorskich wykładów i zajęć laboratoryjnych, międzynarodowych warsztatów oraz sprawując funkcję opiekuna pomocniczego doktorantów. Pełniła również obowiązki opiekuna praktyk zawodowych, prac licencjackich i magisterskich. Jest członkiem Towarzystwa Mikrobiologów Ukrainy im. Vinogradskiego.

3. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitantki

Habilitantka złożyła wniosek o wszczęcie postępowania habilitacyjnego w oparciu o osiągnięcie naukowe, zgodnie z Art. 219, ust. 1, pkt. 2b Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2024 r., poz. 1571). Kandydatka przedłożyła do oceny cykl 10 powiązanych tematycznie artykułów, opublikowanych w czasopismach naukowych po uzyskaniu stopnia doktora, pod wspólnym tytułem **„Zastosowanie metod mikrobiologicznych do utylizacji odpadów organicznych z równoczesną produkcją wodoru i unieczynnianiem aktywnych form metali ciężkich”**. W czterech publikacjach Kandydatka jest pierwszym autorem, a w pozostałych sześciu jest współautorem. Habilitantka jako autor do korespondencji jest wskazana tylko w dwóch publikacjach. Prace te ukazały się w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Łączny współczynnik oddziaływania (IF) 8 publikacji wynosi **27,004**, sumaryczna liczba punktów MNiSW to **890**, a suma cytowań wg bazy Web of Science to **59** (na dzień 19.03.2025 r.). Analiza opisu wkładu własnego w przedstawionych artykułach naukowych wskazuje, że Habilitantka ma znaczący wkład w powstanie każdej publikacji, co

potwierdzili pozostali autorzy. Wszystkie publikacje powstały w latach 2020-2024 i prezentują najnowsze wyniki badań prowadzonych przez Habilitantkę:

- 1) **Hovorukha V.**: The effect of fermentation modes on the efficiency of organic waste treatment in batch bioreactors, Archives of Environmental Protection, 2024, 50(1), 80-86. <https://doi.org/10.24425/aep.2024.149434>, IF=1,5; punkty MNiSW=100, ilość cytowań wg WoS=0.

W badaniach Habilitantka porównała efektywność beztlenowej fermentacji wieloskładnikowych, stałych odpadów organicznych z jednoczesną syntezą wodoru, z wydajnością przetwarzania odpadów z pulsacyjnym dostępem powietrza, w bioreaktorach okresowych. Uzyskane wyniki pozwoliły Habilitantce wykazać wysoką skuteczność degradacji odpadów organicznych w obu zastosowanych metodach. Kandydatka udowodniła, że masa odpadów znacząco zmniejszyła się w analizowanych wariantach. Jednak czas fermentacji w warunkach ściśle beztlenowych był krótszy, w porównaniu z pulsacyjnym dostępem powietrza do unieszkodliwianych odpadów. Kandydatka wykazała również, że pierwszy wariant gwarantuje większe pozyskanie wodoru, natomiast drugi analizowany wariant znacząco zmniejsza stężenie rozpuszczonych związków organicznych w płynie pofermentacyjnym. Habilitantka potwierdziła, że fermentacja jest skuteczną metodą przyspieszonej degradacji stałych odpadów organicznych. Ponadto Kandydatka wykazała, że fermentacja ściśle beztlenowa okazuje się przydatna, gdy konieczne jest przyspieszenie procesu, natomiast pulsacyjny dostęp powietrza gwarantuje nie tylko degradację odpadów stałych, ale także pozwala na oczyszczenie płynu pofermentacyjnego, choć cały proces trwa dłużej.

- 2) Havryliuk O., **Hovorukha V.**, Gładka G., Tymoshenko A.; Kyrylov S.; Shabliy O., Bida I., Mariychuk R., Tashyrev O.: A noxious weed *Ambrosia artemisiifolia* L. (ragweed) as sustainable feedstock for methane production and metals immobilization, Sustainability, 2023, 15, 6696. <https://doi.org/10.3390/su15086696>, IF=3,9; punkty MNiSW=100, ilość cytowań wg WoS=1.

W artykule tym Autorzy oceniali biotechnologiczny potencjał ambrozji bylicolistnej jako nowego, odnawialnego źródła energii. Celem przeprowadzonych badań było eksperymentalne potwierdzenie możliwości degradacji ambrozji bylicolistnej z jednoczesną produkcją metanu i detoksykacją ścieków, zawierających w swoim składzie związki metali ciężkich (miedzi, chromu i żelaza), przy udziale zróżnicowanego konsorcjum mikroorganizmów. W badaniach tych zastosowano heterogeniczną społeczność mikrobiologiczną, jako inokulum oraz biomasę *Ambrosia artemisiifolia* L., jako substrat do beztlenowej degradacji i produkcji metanu. Wykazano wysoką skuteczność łączenia procesów beztlenowej degradacji biomasy roślinnej, umożliwiającą produkcję metanu, z jednoczesną detoksykacją modelowych ścieków syntetycznych przy udziale mieszanej populacji mikroorganizmów. Ponadto Habilitantka potwierdziła wysoką skuteczność wykorzystania chwastów, jako zrównoważonego surowca do produkcji biogazu, co jest obiecującym sposobem na zaspokojenie potrzeb energetycznych oraz pozwala zapobiegać degradowaniu ekosystemów pod wpływem gatunków inwazyjnych.

- 3) Havryliuk O., **Hovorukha V.**, Bida I., Gładka G., Tymoshenko A., Kyrylov S., Mariychuk R., Tashyrev, O.: Anaerobic degradation of the invasive weed *Solidago*

canadensis L. (goldenrod) and copper immobilization by a community of sulfate-reducing and methaneproducing bacteria, *Plants*, 2023, 12, 198. <https://doi.org/10.3390/plants12010198>, IF=4,5; punkty MNiSW=70, ilość cytowań wg WoS=9.

Celem badań było określenie głównych wzorców degradacji inwazyjnej rośliny, jaką jest nawłóć kanadyjska, przez bakterie wytwarzające metan i redukujące siarczany, z równoczesną detoksykacją miedzi. Nawłóć kanadyjska stanowi globalne zagrożenie dla środowiska naturalnego, ponieważ w sposób ekspansywny rozprzestrzenia się w różnych ekosystemach (pobocza dróg, lasy, łąki i grunty rolne). W przeprowadzonych badaniach Autorzy wykorzystali *Solidago canadensis* L. jako odnawialny substrat do produkcji biogazu. Habilitantka wykazała, że przy udziale bakterii metanowych i redukujących siarczany, z biomasy *Solidago canadensis* L. można uzyskać dużą ilość metanu oraz skutecznie unieruchomić miedź (II). Uzyskane wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania inwazyjnych chwastów do produkcji metanu i detoksykacji metali, przy udziale metanogenów.

- 4) **Hovorukha V.**, Havryliuk O., Gładka G., Kalinichenko A., Sporek M., Stebila J., Mavrodi D., Mariychuk R., Tashyrev O.: Detoxification of copper and chromium via dark hydrogen fermentation of potato waste by *Clostridium butyricum* strain 92, *Processes*, 2022, 10, 170. <https://doi.org/10.3390/pr10010170>, IF=3,5; punkty MNiSW=70, ilość cytowań wg WoS=1.

W przeprowadzonych badaniach oceniono efektywności fermentacji ziemniaka (ciemna fermentacja wodorowa) oraz detoksykacji związków chromu i miedzi, z wykorzystaniem szczepu *Clostridium butyricum* 92. W badaniach tych Habilitantka zaprezentowała możliwość degradacji polimerów, syntezy biowodoru i detoksykacji metali w procesie ciemnej fermentacji modelowych odpadów ziemniaczanych. W celu realizacji badań Autorzy wyizolowali, a następnie zidentyfikowali szczep beztlenowych bakterii *Clostridium butyricum* 92. Habilitantka wykazała wysoką wydajność ciemnej fermentacji wodorowej ziemniaków, przy czym miedź i chrom, o stężeniach $200 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, znacząco hamowały ten proces, obniżając tym samym produkcję wodoru. Wykorzystanie czystego szczepu *Clostridium butyricum* 92 umożliwiło skuteczne unieszkodliwienie chromu i miedzi. Habilitantka, jako pierwszy autor publikacji, wykazała możliwość zastosowania tego szczepu do bioremediacji miejsc zanieczyszczonych niebezpiecznymi związkami organicznymi oraz do przemysłowej produkcji H_2 . Przedstawione wyniki znacząco wpływają na zagadnienia związane z mikrobiologiczną detoksykacją metali oraz skupiają uwagę na badaniu beztlenowego metabolizmu bakterii fermentacyjnych.

- 5) Tashyrev O., **Hovorukha V.**, Havryliuk O., Sioma I., Gładka G., Kalinichenko O., Włodarczyk P., Suszanowicz D., Zhuk H., Ivanov Y.: Spatial succession for degradation of solid multicomponent food waste and purification of toxic leachate with the obtaining of biohydrogen and biomethane, *Energies*, 2022, 15, 911. <https://doi.org/10.3390/en15030911>, IF=3,2; punkty MNiSW=140, ilość cytowań wg WoS=7.

Celem badań prezentowanych w tej publikacji było zaprojektowanie i przetestowanie nowej technologii degradacji odpadów, pochodzących z przemysłu spożywczego, połączonej z

produkcją wodoru i metanu, a także oczyszczaniem płynnych, organicznych odcieków. Głównym źródłem stałych i płynnych odpadów organicznych są gminy oraz przemysł spożywczy. Stosowane obecnie technologie recyklingu są nieprzyjazne dla środowiska, dlatego możliwości wykorzystania mikroorganizmów do utylizacji takich odpadów wydają się być pomocne w rozwiązaniu tego problemu środowiskowego. Efektywne przetwarzanie odpadów Autorzy publikacji osiągnęli dzięki zastosowaniu specjalistycznego, granulowanego preparatu mikrobiologicznego. Habilitantka wykazała, że czteromodułowa instalacja z przepływem bezpośrednim skutecznie łączy w konsorcja bakterie beztlenowe i tlenowe z innymi mikro- i makroorganizmami, jednocześnie generując biogaz, unieszkodliwiając odpady organiczne i powstały odciek. W publikacji tej, po raz kolejny Habilitantka udowodniła, że odpady organiczne mogą służyć jako substrat do pozyskiwania alternatywnej energii, w postaci biowodoru (H_2) i biometanu (CH_4). Zaprojektowany układ technologiczny umożliwia zastosowanie zrównoważonego, syntroficznego łańcucha pokarmowego, który obejmuje beztlenowe bakterie, metanogeny wytwarzające wodór, bakterie tlenowe, pierwotniaki, drobne bezkręgowce, larwy owadów i ryby. W systemie tym beztlenowce hydrolizują polimery organiczne, syntetyzują biowodór i wydzielają do środowiska zewnętrznego egzometabolity, będące substratem dla metanogenów produkujących biometan. Funkcjonalność tego układu uzyskano poprzez zaszczerpienie systemu granulowanym inokulum mikrobiologicznym oraz rozmieszczenie poszczególnych społeczności syntroficznych w oddzielnych, ale połączonych ze sobą modułach.

- 6) Havryliuk O., **Hovorukha V.**, Bida I., Danko Y., Gladka G., Zakutovsky O., Mariychuk R., Tashyrev O.: Bioremediation of copper- and chromium- contaminated soils using *Agrostis capillaris* L., *Festuca pratensis* Huds., and *Poa pratensis* L. mixture of lawn grasses, Land, 2022, 11, 623. <https://doi.org/10.3390/land11050623>, IF=3,9; punkty MNiSW=70, ilość cytowań wg WoS=2.

Celem badań było teoretyczne uzasadnienie i eksperymentalne potwierdzenie możliwości bioakumulacji związków miedzi i chromu występujących w glebach zanieczyszczonych, w biomase różnych traw oraz określenie wpływu metali na wzrost roślin i mikrobiom gleby. Jednym z ważnych problemów ekologicznych są zanieczyszczenia toksycznymi metalami. Poważnym zagrożeniem dla żywych organizmów są związki chromu i miedzi uwalniane do środowiska. W tej wieloautorskiej publikacji, Kandydatka wykazała, że trawy wykorzystane w badaniach, mogą pobierać ze skażonej gleby i gromadzić w swojej biomase (korzenie i części nadziemne) duże ilości chromu i miedzi. Fitoremediacja jest powszechną metodą usuwania toksycznych metali ze skażonych miejsc. Jednak z uwagi na zaobserwowany w prowadzonych badaniach, wzorec gromadzenia się miedzi w części nadziemnej traw, a chromu w korzeniach, Habilitantka wykazała przydatność mieszanki traw (mietlica pospolita, kostrzewa łąkowa, wiechlina łąkowa) w fitoremediacji skażonych obszarów. Ponadto Habilitantka udowodniła, że badane stężenia miedzi i chromu nie wpływają negatywnie na mikrobiom gleby.

- 7) Havryliuk O.A., **Hovorukha V.M.**, Sachko A.V., Gladka G.V., Bida I.O., Tashyrev O.B.: Bioremoval of hazardous cobalt, nickel, chromium, copper and cadmium compounds from contaminated soil by *Nicotiana tabacum* plants and associated

microbiome, Biosyst. Divers., 2021, 29(2), 88–93. <https://doi.org/10.15421/012112>, IF=0; punkty MNiSW=20, ilość cytowań wg WoS=5.

W pracy tej przedstawiono możliwości wykorzystania metody przewidywania termodynamicznego, w celu teoretycznego uzasadnienia mechanizmów oddziaływania mikroorganizmów glebowych i roślin z metalami ciężkimi. Zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi prowadzi do zmniejszenia ich żyzności i zniszczenia naturalnych ekosystemów, co w konsekwencji szkodliwie wpływa na zdrowie społeczeństwa. Według Autorów publikacji mikroorganizmy i rośliny mają potencjał genetyczny do usuwania toksycznych metali z zanieczyszczonych miejsc. Habilitantka wykazała, że niektóre wydzielane do środowiska, pośrednie produkty metabolizmu beztlenowców, mogą zwiększać mobilność metali, a tym samym przyczyniać się do aktywnego ich transportu i akumulacji w roślinach. W badaniach Autorzy wykorzystali tytoń szlachetny, odmiany Djubek. Uzyskane wyniki pozwoliły Habilitantce wykazać hamowanie wzrostu tytoniu przez wykorzystane w eksperymencie metale ciężkie, które spowodowały martwicę tkanek roślinnych i ostatecznie ich obumarcie. Pomimo tego wszystkie badane metale ciężkie (Co(II), Ni(II), Cd(II), Cr(VI)) kumulowały się w tkankach roślinnych (liście, łodygi, korzenie) w ciągu 3-7 dni przed ich obumarciem. Ponadto Habilitantka udowodniła, że najbardziej toksyczny dla roślin jest kadm. Pozwoliło to potwierdzić podstawowe punkty termodynamicznej prognozy akumulacji metali ciężkich, na przykładzie tytoniu i mikroorganizmów odpornych na badane metale. Badania wykazały, że pomimo wysokiego, początkowego stężenia metali oraz szybkiego tempa uszkodzeń i obumierania roślin, metale są akumulowane w tkankach w ekstremalnie wysokich stężeniach. Tym samym Habilitantka udowodniła, że mikroorganizmy glebowe mają wysoki potencjał adaptacyjny w stosunku do metali. W warunkach beztlenowych mikroorganizmy prawdopodobnie mobilizują metale ciężkie, które później są wchłaniane przez rośliny. Uzyskane przez Habilitantkę wyniki znacząco poszerzają możliwości rozwoju biotechnologii środowiskowej, w zakresie oczyszczania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

- 8) Havryliuk O., Hovorukha V., Savitsky O., Trilis V., Kalinichenko A., Dołhańczuk-Śródka A., Janecki D., Tashyrev O.: Anaerobic degradation of environmentally hazardous aquatic plant *Pistia stratiotes* and soluble Cu(II) detoxification by methanogenic granular microbial preparation, Energies, 2021, 14 (13), 3849. <https://doi.org/10.3390/en14133849>, IF=3,252; punkty MNiSW=140, ilość cytowań wg WoS=12.

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania preparatów mikrobiologicznych do utylizacji groźnej dla środowiska rośliny wodnej, jaką jest pistia rozetkowa i detoksykacji niebezpiecznych związków miedzi. Szkodliwość *Pistia stratiotes* L. wynika z jej ekspansywnego wzrostu w zbiornikach, co skutkuje degradacją ekosystemów wodnych. Mechaniczne usuwanie tych roślin jest możliwe, ale wymaga stosowania specjalnych technologii, podczas gdy rośliny te są substratami bogatymi w polimery i mają duży potencjał konwersji w bioenergię. W celu uzyskania biometanu, z jednoczesną detoksykacją związków miedzi, podczas degradacji *Pistia stratiotes* L., Autorzy publikacji wykorzystali odpowiednio skomponowany granulowany preparat mikrobiologiczny (GMP). Dzięki temu, Habilitantka wykazała wysoką wydajność produkcji biometanu podczas fermentowania roślin wodnych oraz wysoką detoksykację Cu(II). Wyniki te potwierdziły możliwość wykorzystania GMP do

pozyskiwania biometanu z substratów niebezpiecznych dla środowiska oraz całkowitego usuwania miedzi z roztworów o jej wysokim stężeniu. Analiza mikrobiomu metanogenego, odpowiednie projektowanie zakładów przemysłowych oraz obliczenia ekonomiczne, mogą więc stanowić kolejny ważny krok w opracowaniu skutecznej i opłacalnej metody degradacji niebezpiecznych roślin wodnych, z jednoczesnym pozyskiwaniem biopaliwa.

- 9) **Hovorukha V.**, Havryliuk O., Gładka G., Tashyrev O., Kalinichenko A., Sporek M., Dołhańczuk-Śródka A.: Hydrogen dark fermentation for degradation of solid and liquid food waste, *Energies*, 2021, 14(7), 1831. <https://doi.org/10.3390/en14071831>, **IF=3,252; punkty MNiSW=140, ilość cytowań wg WoS=22.**

Celem badań zaprezentowanych w publikacji było opracowanie preparatu mikrobiologicznego, zawierającego w swoim składzie wysoce aktywne mikroorganizmy syntetyzujące wodór oraz zdolne do fermentowania mieszanych substratów organicznych. Autorzy publikacji zbadali również efektywność produkcji wodoru oraz rozkładu stałych i płynnych odpadów spożywczych, w procesach fermentacyjnych, prowadzonych przy pomocy tego biopreparatu. Stały wzrost ilości odpadów z przemysłu spożywczego w znaczący sposób pogłębia zanieczyszczenie środowiska i zagraża zdrowiu ludzi. Odpady te zawierają jednak duże ilości biodegradowalnych związków organicznych i mogą stanowić niedrogi, odnawialny substrat do fermentacji wodorowej. Uzyskane wyniki badań pozwoliły Habilitantce wykazać, że zastosowanie takiego preparatu poprawia wydajność fermentacji odpadów spożywczych, poprzez zwiększenie ilości wyprodukowanego wodoru, przy jednoczesnej, znaczącej redukcji masy odpadów. Ponadto Habilitantka udowodniła potencjał granulowanych preparatów mikrobiologicznych w produkcji wodoru, podczas ciemnej fermentacji. Uzyskane wyniki wpływają na rozwój tej technologii, co może przyczynić się do rewitalizacji środowiska i ograniczenia wykorzystania paliw kopalnych.

- 10) **Hovorukha V.**, Tashyrev O., Havryliuk O., Iastremska L. High efficiency of food waste fermentation and biohydrogen production in experimental-industrial anaerobic batch reactor, *The Open Agriculture Journal*, 2020, 14, 174-186. DOI: 10.2174/1874331502014010174, **IF=0; punkty MNiSW=40, ilość cytowań wg WoS=0.**

Celem tej publikacji było przedstawienie możliwości zwiększenia wydajności produkcji biowodoru z wieloskładnikowych odpadów organicznych w eksperymentalno-przemysłowym, beztlennym reaktorze oraz ustalenie parametrów fermentacyjnych jego pracy. Do opracowania efektywnych biotechnologii przemysłowych konieczne jest zbadanie wydajności i prawidłowości skalowania procesu fermentacji. W przedstawionej publikacji Habilitantka wykazała, że prawidłowo opracowana biotechnologia może być skutecznie skalowana do eksperymentalnego, przemysłowego bioreaktora, w celu zapewnienia szybkiej i przede wszystkim wydajnej fermentacji wieloskładnikowych, stałych odpadów spożywczych, wraz z jednoczesną produkcją biowodoru.

Jak słusznie Habilitantka zauważa w Autoreferacie, odpady w środowisku stanowią jeden z najpoważniejszych problemów współczesnego świata. Zanieczyszczenie środowiska, w tym odpadami o charakterze organicznym, prowadzi do dewastacji ekosystemów. Nieodpowiednie

składowanie, brak segregacji, czy nieefektywny recykling przyczyniają się do zanieczyszczenia gleby, wody i powietrza. Spalanie odpadów, zwłaszcza materiałów organicznych, powoduje emisję CO₂ oraz innych gazów do atmosfery, co ma wpływ na zmiany klimatyczne. Ocieki zdegradowanych odpadów do wód powierzchniowych wpływają negatywnie na faunę i florę wodną oraz jakość wody pitnej. Obecność odpadów w środowisku wpływa również na zdrowie ludzi, prowadząc do wzrostu chorób układu oddechowego, alergii, a nawet nowotworów. Różnorodność odpadów i źródeł zanieczyszczeń wymaga więc wdrożenia efektywnych strategii zarządzania odpadami, takich jak poprawa systemów recyklingu, segregacji, czy wprowadzenie innowacji technologicznych, zapewniających skuteczną ich degradację. Działania te powinny być wspierane na poziomie lokalnym, krajowym i globalnym, aby skutecznie zmniejszyć negatywne oddziaływanie odpadów na naszą planetę i wpływać na rzecz zrównoważonego rozwoju. Habilitantka świadoma tych problemów podjęła się ich rozwiązania. W Autoreferacie merytorycznie i dokładnie uzasadniła potrzebę prowadzenia tych badań, zwracając uwagę na szkodliwość odpadów organicznych i możliwości ich unieszkodliwiania. Głównym celem badań Habilitantki było uzasadnienie teoretyczne oparte na obliczeniach termodynamicznych efektywnych sposobów fermentacji mikrobiologicznej odpadów organicznych i detoksykacji metali ciężkich, a także eksperymentalne potwierdzenie i optymalizacja tych procesów z otrzymaniem cennych produktów: nośników energii (wodór, metan, paliwo stałe), bionawozów, czystej wody i koncentratów metali. Realizacja tego celu wymagała:

- na podstawie obliczeń termodynamicznych dokonania oceny sposobów fermentacji odpadów organicznych, oddziaływania mikroorganizmów z metalami ciężkimi i uzasadnienia wyboru optymalnych sposobów ich unieczynnienia;
- zbadania wzorców fermentacji odpadów organicznych, określenia i optymalizacji głównych parametrów technologicznych, skalowania procesu;
- opracowania modelowego systemu fermentacji stałych odpadów spożywczych oraz oczyszczania wody zanieczyszczonej związkami organicznymi i biomasą mikroorganizmów w oparciu o sukcesję przestrzenną mikrobiomu;
- zbadania sposobów detoksykacji metali ciężkich i opracowania podejścia do biotechnologii łączonego oczyszczania, które zapewniają fermentację odpadów organicznych, unieczynnienie metali ciężkich i otrzymanie końcowych wartościowych produktów (nośniki energii – H₂, CH₄, paliwo stałe, bionawóz, czysta woda i koncentrat metali).

Podczas prowadzonych badań Habilitantka założyła, że:

- obliczenia termodynamiczne umożliwiają określenie optymalnych warunków i sposobów fermentacji odpadów organicznych oraz detoksykacji metali ciężkich;
- analiza mikroorganizmów biorących udział w fermentacji i skalowanie przebiegu zachodzących procesów pozwoli na optymalizację fermentacji wodorowej wieloskładnikowych odpadów spożywczych;
- opracowanie odpowiedniej technologii zapewni jednoczesną neutralizację szerokiej gamy substancji zanieczyszczających (odpady organiczne, metale ciężkie) wraz z uzyskaniem wartościowych produktów.

W mojej opinii przedstawione przez Kandydatkę cele, hipotezy oraz badania są oryginalne, wartościowe i wnoszą wymagany wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Zaprezentowane w osiągnięciu naukowym cele i hipotezy odpowiadają tematyce sześciu etapów badań, na które Habilitantka w Autoreferacie podzieliła swoje osiągnięcie. W I etapie, w celu zwiększenia efektywności produkcji wodoru oraz innych wartościowych produktów, Kandydatka podjęła się prognozowania termodynamicznego, umożliwiającego udoskonalenie fermentacji odpadów organicznych. Hydrogenazy są ważnym elementem szlaków metabolicznych litotrofów, autotrofów, metanogenów, aerobów oraz anaerobów. Tematyka ta była przedmiotem badań wielu zespołów naukowych na świecie, jednak hydrogenazy stosowane w procesach produkcji energii charakteryzują się nadal zbyt niską wydajnością, co uniemożliwia wyjście poza skalę laboratoryjną. Ze względu na ważność problemu oraz dużą różnorodność odpadów, z różnych gałęzi przemysłu, tematyka ta jest wciąż bardzo aktualna. Habilitantka wykazała, że wg obliczeń termodynamicznych optymalne warunki syntezy wodoru występują przy wartościach pH w przedziale 6,0-7,0 i Eh w granicach -400...-250 mV. W takich warunkach uzysk wodoru jest największy, a fermentacja odpadów organicznych najskuteczniejsza (**publikacje 1 i 10**). W II etapie badań Habilitantka zajęła się przewidywaniem skutków oddziaływania mikroorganizmów ze związkami metali. W celu detoksykacji metali ciężkich opracowała podstawy teoretyczne oparte na termodynamicznych obliczeniach interakcji mikroorganizmów ze związkami metali. Ponadto rozpatrzyła sposoby oddziaływania mikroorganizmów ze związkami chromu i innych metali ciężkich. Kandydatka wykazała, że procesy oksydacyjno-redukcyjne przeprowadzane przez mikroorganizmy zachodzą wyłącznie w strefie termodynamicznej stabilności wody. Różnica potencjałów pomiędzy układem donorowym (mikroorganizmy) a układem akceptorowym (metale) decyduje o efektywności redukcji metalu: im jest ona większa, tym wydajniejsza i szybsza jest reakcja (**publikacja 4**). W III etapie Habilitantka badała wzorce fermentacji i próbowała udoskonalić proces fermentacji odpadów organicznych, w celu uzyskania wodoru cząsteczkowego i innych wartościowych produktów. Autorka w warunkach laboratoryjnych, w fermentorze o pojemności 240 dm³, określiła parametry technologiczne procesu: czas trwania T=38 h, wydajność produkcji wodoru V_{H₂}=45 L z kilograma odpadów i współczynnik rozkładu odpadów K_d=86-140. Potwierdziła możliwość zwiększenia efektywności fermentacji wodorowej odpadów poprzez zastosowanie granulowanego preparatu mikrobiologicznego, zawierającego żywe kultury bakterii z rodzaju *Bacillus* i *Clostridium*, składniki pokarmowe i regulatory metabolizmu. Ponadto Kandydatka wykazała dominację bakterii z rodzaju *Bacillus* w początkowych fazach fermentacji. Bakterie te zużywając tlen z pożywki obniżyły potencjał redox. Umożliwiło to rozwój bakterii z rodzaju *Clostridium* w końcowej fazie procesu, co skutkowało dalszym rozkładem związków organicznych i zwiększoną efektywnością produkcji wodoru (**publikacje 4, 9 i 10**). W IV etapie badań Kandydatka opracowała system reaktorów oparty na sukcesji przestrzennej mikroorganizmów. Rozwiązanie to zapewniło całkowity rozkład zarówno stałych, jak i płynnych odpadów organicznych. Habilitantka wykazała możliwość wykorzystania zjawiska przestrzennej sukcesji syntroficznej do unieszkodliwiania stałych odpadów organicznych, z jednoczesną syntezą H₂, a także do całkowitego oczyszczania filtratu ze związków organicznych i mikroorganizmów, znajdujących się w instalacji przepływowej (**publikacja 5**). W V etapie badań Pani dr Vira Hovorukha badała wydajność i

szybkość odzysku chromu, wykorzystując w tym celu wcześniej wyizolowane i zidentyfikowane szczepy *Clostridium butyricum* 92 (OL744406) i *Clostridium butyricum* GMP1 (OL744410). Tym samym, na przykładzie chromu, eksperymentalnie potwierdziła skuteczność obliczeń termodynamicznych dotyczących efektywnego usuwania metali ciężkich przez mikroorganizmy (**publikacja 4**). W ostatnim etapie badań Habilitantka oceniała możliwość jednoczesnego rozkładu różnych zanieczyszczeń przy udziale mieszanych populacji mikroorganizmów. W tym etapie Kandydatka udowodniła, że mieszane populacje mikroorganizmów zapewniają nie tylko rozkład odpadów organicznych, z jednoczesną produkcją H_2 , ale również skutecznie neutralizują metale ciężkie. Wykazała możliwość efektywnego wykorzystania procesu fermentacji związków organicznych, z jednoczesnym usunięciem związków chromu (VI) i miedzi (II). Ponadto Autorka potwierdziła, że aktywność metaboliczna mikroorganizmów glebowych i roślin zapewnia unieczynnienie toksycznych metali i oczyszczenie gleby, prawdopodobnie poprzez immobilizację metali ciężkich, które później są pobierane przez rośliny (**publikacje 2, 3, 6, 7, 8**).

Przedłożony do oceny przez Habilitantkę cykl 10 publikacji oraz Autoreferat, są spójne tematycznie, dokumentują przeprowadzone badania laboratoryjne i wykonane analizy, a ich treści są zgodne z tematami określonymi w tytułach publikacji. Mają walory zarówno naukowe, jak i aplikacyjne. Założone w Autoreferacie cele i hipotezy pozwoliły Habilitantce na ich weryfikację. Metodyka wykonanych badań laboratoryjnych nie budzi zastrzeżeń, zastosowane metody badawcze zostały dobrane w sposób prawidłowy. Uzyskane wyniki badań Kandydatka poprawnie opisała, udokumentowała i przedstawiła w sposób jasny i czytelny, w postaci licznych wykresów i tabel, niebudzących wątpliwości interpretacyjnych. Uważam, że Habilitantka poprawnie wyjaśniła i krytycznie przeanalizowała efekty swoich prac laboratoryjnych i na tej podstawie wyciągnęła właściwe wnioski. W mojej opinii za osiągnięcia naukowe Habilitantki można uznać, że:

- 1) wykorzystując obliczenia termodynamiczne wskazała odpowiednie warunki skutecznej fermentacji odpadów organicznych, które gwarantują największą wydajność produkcji wodoru ($pH=6-7$; E_h w granicach $-400...-250$ mV);
- 2) wykazała oddziaływanie mikroorganizmów ze związkami metali wyłącznie w strefie termodynamicznej stabilności wody;
- 3) stosując obliczenia termodynamiczne wykazała różnicę potencjałów pomiędzy układem donorowym (mikroorganizmy) a układem akceptorowym (metale), jako czynnik decydujący o efektywności unieszkodliwiania metali: im jest ona większa, tym wydajniejsza i szybsza jest reakcja;
- 4) w warunkach laboratoryjnych potwierdziła skuteczność obliczeń termodynamicznych w zakresie efektywności fermentacji wodorowej odpadów organicznych;
- 5) wykazała wzrost efektywności fermentacji odpadów organicznych w wyniku sukcesji mikroorganizmów występujących w granulowanym preparacie mikrobiologicznym. W sposób eksperymentalny udowodniła, że bakterie z rodzaju *Bacillus* dominując w początkowej fazie fermentacji, skutecznie obniżają potencjał redox, poprzez wykorzystanie tlenu zawartego w pożywce. Dzięki temu możliwy jest rozwój bakterii z rodzaju *Clostridium*, co skutkuje dalszym rozkładem związków organicznych i zwiększoną efektywnością produkcji wodoru;

- 6) wykazała możliwość degradacji stałych odpadów organicznych, z jednoczesną syntezą H_2 , a także możliwość skutecznego oczyszczenia filtratu ze związków organicznych i mikroorganizmów znajdujących się w instalacji przepływowej;
- 7) stwierdziła przydatność obliczeń termodynamicznych w zakresie usuwania $Cr(VI)$ i $Cu(II)$ przez czyste szczepy wybranych bakterii oraz mieszane populacje mikroorganizmów, z jednoczesną możliwością pozyskiwania metanu;
- 8) wykazała aktywność metaboliczną mikroorganizmów glebowych i roślin w zakresie unieszkodliwiania metali i oczyszczania gleb, poprzez możliwe immobilizowanie metali ciężkich, pobieranych następnie przez testowane rośliny.

Przedstawione powyżej rezultaty prac badawczych oraz osiągnięcia naukowe Habilitantki tworzą wartość dodaną również w obszarze biotechnologii. Uzyskane wyniki oraz ich interpretacja są wartościowe, uzupełniają aktualną wiedzę na temat opisywanych zagadnień i wytyczają kierunki dalszych prac badawczych. Pewien niedosyt budzi jedynie brak implementacji prowadzonych badań laboratoryjnych do pełnej skali technicznej, co znacząco podniosłoby wartość uzyskanych wyników i uwypukliło wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Ponadto w mojej opinii w Autoreferacie Habilitantka skoncentrowała się głównie na przedstawieniu wyników badań zespołowych. Uważam, że dużo ciekawsze byłoby skupienie się na dyskusji uzyskanych rezultatów.

Reasumując ocenę osiągnięcia naukowego stwierdzam, że zagadnienia dotyczące zastosowania metod mikrobiologicznych do utylizacji odpadów organicznych z równoczesną produkcją wodoru i unieczynnianiem aktywnych form metali ciężkich, przedstawione przez dr Virę Hovorukha, w powiązanim tematycznie cyklu publikacji, wskazanym jako osiągnięcie naukowe, będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, są wynikiem oryginalnych badań i można je uznać za istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w rozumieniu Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Art. 219, ust. 1, pkt. 2b i ust.2).

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych Habilitantki

Pozostałe badania Habilitantka prowadziła w zespołach naukowych, tworzonych zarówno w jednostce macierzystej, jak również przy współpracy z naukowcami z innych ośrodków, w tym zagranicznych. W ramach tej aktywności Kandydatka podejmowała prace badawcze w kierunku:

- 1) badania mikroorganizmów redukujących żelazo oraz sposobów ich oddziaływania ze związkami żelaza. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitantka aktywnie uczestniczyła w badaniach różnych ekosystemów, w sześciu regionach geograficznych, analizowała dane termodynamiczne i potwierdziła eksperymentalnie możliwe interakcje mikroorganizmów ze związkami żelaza. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane w 8 zespołowych publikacjach, o łącznej liczbie punktów MNiSW wynoszącej 28;
- 2) badania wzorców wodorowej i metanowej fermentacji odpadów oraz skalowania procesu. Habilitantka brała udział w analizowaniu składu różnych substratów, sposobów ich utylizacji oraz w opracowaniu i modyfikacji preparatu mikrobiologicznego przyspieszającego fermentację. Rezultatem prowadzonych badań

było udoskonalenie procesu fermentacji w warunkach laboratoryjnych. Uzyskane wyniki badań zespołowych pozwoliły opracować rekomendacje technologiczne, umożliwiające zwiększenie efektywności fermentacji odpadów organicznych, z równoczesną produkcją wodoru. Ponadto Habilitantka uczestniczyła w badaniach skuteczności oczyszczania ścieków w instalacjach przepływowych, z wykorzystaniem różnych nośników przeznaczonych do immobilizowania mikroorganizmów utleniających związki organiczne. Wyniki tych eksperymentalnych badań były przedmiotem 11 zespołowych publikacji, w tym kilku o zasięgu międzynarodowym;

- 3) badania niesfermentowanych pozostałości lignocelulozowych, które po odpowiednim przetworzeniu przekształcono w bionawóz. Uzyskane bionawozy zwiększyły odporność rzodkwi zwyczajnej (*Raphanus sativus* L.) na suszę, stymulowały wzrost i zapewniały plon zbliżony do uzyskanego na glebie czarnoziemnej. Wyniki tych badań zespół Habilitantki zaprezentował w 2 artykułach;
- 4) badania mikroorganizmów metaloopornych izolowanych z ekosystemów ekstremalnych. Uzyskane wyniki pozwoliły Habilitantce uczestniczyć w opracowaniu metod immobilizacji metali w roztworach, zarówno przy pomocy czystych kultur (np. *Clostridium butyricum* GMP1), jak i konsorcjów mikroorganizmów. Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane w 18 wieloautorskich publikacjach;
- 5) badania odporności mikroorganizmów i nicieni na różne, ekstremalne czynniki środowiskowe, co zostało szczegółowo opisane w 6 publikacjach.

Z wyłączeniem 10 prac dokumentujących osiągnięcie naukowe, Pani dr Vira Hovorukha jest autorem i współautorem **45** publikacji, z czego **8** powstało przed uzyskaniem stopnia doktora. Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka była autorem i współautorem **37** opracowań naukowych, w tym **3** rozdziałów w monografiach i **34** artykułów naukowych w periodykach krajowych (ukraińskich) i zagranicznych. Kandydatka wyróżnia się dużą aktywnością w zakresie wystąpień naukowych. Wyniki prowadzonych badań zaprezentowała na licznych konferencjach i sympozjach naukowych, organizowanych w Ukrainie oraz międzynarodowych, które odbyły się w Bułgarii, Korei, Litwie, Chinach, Polsce i Czechach. W załączonej dokumentacji wykazała **63** wystąpienia konferencyjne. Wygłosiła **52** referaty (**46** już jako doktor) i zaprezentowała **11** posterów (**6** jako doktor). Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka znacząco powiększyła swój dorobek naukowy oraz odnotowała duży progres w aktywności badawczej, czego przejawem jest ww. liczba publikacji naukowych i wystąpień konferencyjnych. Oprócz 10 prac, składających się na osiągnięcie naukowe, na dzień złożenia wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, Pani dr Vira Hovorukha jest współautorem **7** publikacji z bazy JCR, posiadających współczynnik wpływu IF.

Habilitantka nie uczestniczyła w redakcji monografii naukowych, ani nie zasiadała w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism. Była natomiast w 2023 r. członkiem komitetu organizującego Seminarium: „*Biogaz jako element współczesnej gospodarki*”, przygotowanego przez Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytetu Opolskiego, pełniąc funkcję komunikacji z uczestnikami.

Przejawem wysokiej i wyróżniającej się aktywności naukowej Habilitantki jest udział w **12** projektach badawczych, finansowanych ze środków krajowych (Ukrainy) i międzynarodowych. W **5** była głównym wykonawcą, a w **7** – wykonawcą. Tematyka projektów realizowanych przez Kandydatkę od roku 2016 dotyczy szerokiego spektrum zagadnień

związanych przede wszystkim z utylizacją odpadów. W ramach realizowanych projektów Pani dr Vira Hovorukha współpracowała z różnymi ośrodkami badawczymi, m.in. z Instytutem Gazowym Narodowej Akademii Nauk Ukrainy, Instytutem Mikrobiologii i Wirusologii im. Zabołotnego Narodowej Akademii Nauk Ukrainy, Uniwersytetem Południowego Mississipi (USA), Uniwersytetem Opolskim (Polska), Uniwersytetem Preszowskiego w Preszowie (Słowacja). Na podstawie dołączonych dokumentów i informacji można stwierdzić, że Pani dr Vira Hovorukha prowadzi i rozwija współpracę z licznymi naukowcami z innych jednostek naukowych, w tym zagranicznych. Uważam, że na podstawie opiniowanej dokumentacji można uznać, że Habilitantka spełnia kryterium **Art. 219, ust. 1, pkt. 3 Ustawy**.

Habilitantka deklaruje, że od 2012 r. jest członkiem Towarzystwa Mikrobiologów Ukrainy imienia S. M. Vinohradzkiego.

Po doktoracie swoją wiedzę Habilitantka pogłębiała w czasie dwóch staży naukowych odbytych w 2017 i 2020 r. w The University of Southern Mississippi, Hattiesburg, USA. Obejmowały one badania w zakresie genetyki i metabolizmu mikroorganizmów glebowych (październik – listopad 2017 r.) oraz badania składu preparatu mikrobiologicznego metodami genetycznymi (styczeń – luty 2020 r.). Uczestniczyła w programie Global Initiative of Academic Networks (GIAN). W celu wdrożenia rozwiązań biotechnologicznych w mało pojemnościowych bioreaktorach do unieszkodliwiania odpadów w gospodarstwach prywatnych, była uczestnikiem szkolenia z metodologii Lean Startup, organizowanego przez Departament Stanu Stanów Zjednoczonych Ameryki.

Habilitantka podaje, że wykonała 12 recenzji artykułów w czasopismach naukowych, w tym o zasięgu międzynarodowym, m.in. Mikrobiologichnyi Zhurnal (1 artykuł), Journal of Marine Science and Engineering (1 artykuł), Agriculture (1 artykuł), Sustainability (6 artykułów), Forests (1 artykuł), Microorganisms (1 artykuł), Applied Sciences (1 artykuł).

Podsumowując stwierdzam, że Habilitantka wykazuje się istotną aktywnością naukową. Pani dr Vira Hovorukha posiada szeroką i ugruntowaną wiedzę. Wykazuje zaangażowanie w pozyskiwaniu środków na badania, posiada doświadczenie w realizacji projektów badawczych, potrafi współpracować w zespołach naukowych oraz posiada udokumentowany dorobek w zakresie współpracy z jednostkami naukowymi. Tym samym Kandydatka spełnia wymagania określone w Ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*.

5. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzującego naukę oraz współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Habilitantka prowadziła zajęcia z przedmiotów obejmujących mikrobiologię oraz biotechnologię, do których samodzielnie opracowała sylabusy. Uczestniczyła w programie Global Initiative of Academic Networks (GIAN), jako współautor kursu lekcyjnego: *“Application of thermodynamic prediction for development of microbial biotechnological approaches”*, realizując część wykładów i zajęć laboratoryjnych na Guru Jambheshwar University of Sc. & Tech. (Hisar, India). Pełniła obowiązki opiekuna praktyk zawodowych 5 studentów oraz była promotorem 5 prac licencjackich i 5 magisterskich, realizowanych przez studentów Państwowego Uniwersytetu Lotniczego w Kijowie, Kijowskiego Uniwersytetu Narodowego im. Tarasa Szewczenki oraz Narodowego Uniwersytetu Technicznego Ukrainy

(Ukraina). W ramach Programu Stypendialnego im. Lane'a Kirklanda, administrowanego przez Fundację Liderzy Przemian oraz finansowanego przez Polsko-Amerykańską Fundację Wolności, współorganizowała kształcenie naukowo-metodologiczne: "*Methods of analysis and treatment of drinking water in urbanized areas*" (Uniwersytet Opolski, 12-16.02.2024 r.). Brała również czynny udział w przygotowaniu wykładów prowadzonych w ramach różnych kursów. Obecnie na Uniwersytecie Opolskim Pani dr Vira Hovorukha prowadzi konwersatoria i ćwiczenia laboratoryjne, zarówno w języku polskim, jak i angielskim. Koordynuje 3 przedmioty: *Biotechnologia w utylizacji odpadów stałych*, *Mikrobiologia ogólna* oraz *Microorganisms: benefit or harm?*. Prowadzi również zajęcia z przedmiotu *Mikrobiologia i parazytologia*.

Habilitantka uczestniczyła w organizacji 21 Opolskiego Festiwalu Nauki, a także popularyzowała zagadnienia związane z wykorzystaniem mikroorganizmów w procesach unieszkodliwiania odpadów organicznych, podczas Nocy Nauki oraz Opolskiego Pikniku Naukowego.

Habilitantka była również promotorem pomocniczym doktorantki Olesi Havryliuk (praca doktorska pt.: „*Spread of copper-resistant microorganisms and prospects of their application for environmental protection*”). Obecnie pełni funkcję promotora pomocniczego doktorantki Iryny Bidy (praca doktorska pt.: „*Microbial removal of divalent ions of toxic metals*”). Jako członek Towarzystwa Mikrobiologów Ukrainy imienia S. M. Vinogradskiego, zajmuje się rozwojem nauki, popularyzacją nauki w społeczeństwie i wspieraniem młodych naukowców.

Zgodnie z przedłożoną dokumentacją, Habilitantka nie posiada w swoim dorobku patentów. Nie wykazuje też osiągnięć projektowych ani konstrukcyjnych. Kandydatka może się jednak pochwalić opracowaniem metod selekcji czystych kultur i sposobów laboratoryjno-przemysłowej hodowli wyspecjalizowanych mikroorganizmów z substratu biogazowni, które wykonała na potrzeby „YHIBEPCAJI ЛІАБ” Sp. z o.o (Umowa No 128-2019 zawarta w dniu 26.09.2019).

Reasumując tę część recenzji stwierdzam, że dorobek dydaktyczny, popularyzatorski, organizacyjny, współpraca międzynarodowa i z otoczeniem gospodarczym Kandydatki, po uzyskaniu stopnia doktora, spełniają wymagania określone w Ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiony do oceny, jako osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym, cykl 10 oryginalnych prac twórczych, jest spójny tematycznie. Obszar zainteresowań badawczych Habilitantki łączy zagadnienia z inżynierii środowiska oraz biologii i nauk rolniczych. W swojej pracy naukowej Kandydatka zajmuje się różnorodną tematyką dotyczącą w/w dziedzin, w której można wyróżnić trzy zasadnicze nurty: 1) fermentacja wieloskładnikowych odpadów organicznych, z wytworzeniem cennych produktów, takich jak wodór cząsteczkowy, metan, paliwa stałe, bionawozy, koncentraty metali i czysta woda, 2) termodynamiczne przewidywanie oddziaływania mikroorganizmów ze związkami toksycznymi oraz 3) możliwości detoksykacji i usuwania metali ciężkich. Habilitantka potrafi planować i realizować kolejne zadania badawcze, stawiać hipotezy i je weryfikować. Umiejętność łączenia wiedzy z różnych, uzupełniających się obszarów nauki jest z pewnością bardzo przydatna, a Pani dr Vira

Hovorukha pokazuje, że potrafi ją wykorzystać zarówno wyborze tematów badawczych, jak i późniejszej interpretacji wyników. Kierunek podjętych przez nią badań uważam za aktualny z uwagi na konieczność rozwiązywania pogłębiających się problemów oczyszczania środowiska z odpadów oraz rozwoju alternatywnych źródeł energii, z pozyskiwaniem wartościowych produktów. Wyniki zawarte w osiągnięciu naukowym Pani dr Viry Hovorukha są cenne i wartościowe. Dostarczają nowych informacji dotyczących technologii umożliwiającej jednoczesną fermentację wieloskładnikowych odpadów organicznych, oczyszczanie toksycznych odcieków, usuwanie metali ciężkich oraz na temat oddziaływania mikroorganizmów ze związkami toksycznymi, niebezpiecznymi dla środowiska. Badania te mają potencjał i mogą zostać wykorzystane do opracowania efektywnych metod unieszkodliwiania odpadów. Pozostałą aktywność Habilitantki oceniam jako zadowalającą. Należy podkreślić, że Pani dr Vira Hovorukha jest skuteczna w pozyskiwaniu środków finansowych na badania naukowe.

Łączna punktacja za publikacje, przed i po uzyskaniu stopnia doktora przez Habilitantkę, wynosi: **IF = 36,904**, suma punktów **MNiSW = 1406**. Biorąc pod uwagę fakt, że Kandydatka w ostatnim czasie znacznie zwiększyła swoją aktywność publikacyjną w czasopiśmie indeksowanych w bazach WoS i Scopus należy oczekiwać szybkich przyrostów tych wskaźników. Świadczy o tym fakt, że na chwilę obecną według bazy Web of Science Pani dr Vira Hovorukha ma **75** cytowań i indeks Hirscha **5**. Na podstawie bazy bibliograficznej Scopus liczba jej cytowań wynosi **130**, a indeks Hirscha **7** (na dzień 19.03.2025 r.).

Po przeanalizowaniu dokumentacji dołączonej przez Panią dr Virę Hovorukha, uważam, że jest ona na wystarczającym poziomie w odniesieniu do wymagań stawianych kandydatom do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Kandydatka wykazuje zauważalny rozwój i umiejętność wykorzystania nabytych doświadczeń do formułowania i rozwiązywania problemów badawczych oraz dobrego łączenia pracy naukowej z praktyką inżynierską. Moja ocena zarówno osiągnięcia naukowego, jak i pozostałej aktywności Pani dr Viry Hovorukha jest pozytywna.

Mając powyższe na uwadze stwierdzam, że Pani dr Vira Hovorukha spełnia wymagania zawarte w Art. 219, ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571). Wnoszę tym samym o nadanie Pani dr Virze Hovorukha stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Dr hab. Iwona Beata Paśmionka

