

Białystok, 2.04.2023 r.

prof. dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
ul. Wiejska 45, 15-351 Białystok
email: k.ignatowicz@pb.edu.pl
tel. 602817778

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Charazińskiej
nt. *Usuwanie niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych*
wykonanej na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
pod kierunkiem dr hab. inż. Ewy Burszty-Adamiak, prof. uczelni
oraz dr hab. inż. Pawła Lochyńskiego, prof. uczelni

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska Pani mgr inż. Sylwii Charazińskiej wykonana Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem promotora rozprawy dr hab. inż. Ewy Burszty-Adamiak, prof. uczelni i promotora pomocniczego dr hab. inż. Pawła Lochyńskiego, prof. uczelni.

2. Podstawa formalna recenzji

Podstawą formalną recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki prof. dr hab. inż. Krzysztofa Pulikowskiego oraz UMOWA O DZIEŁO nr UCP/2023/02/0142/Z zawarta w dniu 27.02.2023 r. pomiędzy: Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu, reprezentowanym przez Prorektor ds. Nauki prof. dr hab. inż. Anetę Wojdyło, a prof. dr hab. inż. Katarzyną Ignatowicz, na opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Charazińskiej.

3. Podstawa prawna recenzji

Recenzję sporządzono zgodnie z wymaganiami stawianymi w:

1. Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 poz. 1789),

Zgodnie z Art. 13. 1. Ustawy: Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora albo pod opieką promotora i promotora pomocniczego powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne dokonanie artystyczne oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

Zgodnie za art. 13.2 Ustawy, Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki, książki wydanej lub spójnego tematycznie zbioru rozdziałów w książkach wydanych, spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopismach naukowych. Powinna być opatrzona streszczeniem w języku angielskim.

4. Recenzja

Praca ma formę maszynopisu w postaci książki i zawiera streszczenie w języku angielskim, w związku z czym stwierdzam, że spełnia wymogi formalne zapisane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Praca doktorska „*Usuwanie niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych*” jest pracą badawczą przygotowaną w oparciu o cykl czterech spójnych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, których tematyka daje się wpisać w zakres reprezentowany przez tytuł osiągnięcia naukowego. Publikacje charakteryzują się łącznym IF wynoszącym 35,051 i łączną punktacją Ministerstwa Edukacji i Nauki wynoszącą 480 pkt. Prace opublikowane zostały w wydawnictwach naukowych takich jak Springer, Elsevier oraz Nature. Publikacje te przedstawiono w postaci pracy doktorskiej składającej się z teoretycznej części wstępnej, w której przedstawiono przegląd literaturowy (4 strony), postawienia problemu badawczego, tezy i celu pracy (1,5 strony) wraz z krótką charakterystyką publikacji stanowiących podstawę rozprawy (3,5 strony), metodyką badawczą (4,5 strony), wynikami wraz dyskusją (łącznie 9 stron). Zakończenie rozprawy stanowi podsumowanie, które w sposób logiczny łączy w jeden ciąg ideowy całość załączonych publikacji. Ta część pracy zakończona jest bibliografią, obejmującą 48 pozycji pochodzących przede wszystkim z ostatnich lat (2016-2022).

4.1. Ogólne omówienie rozprawy

Największe zagrożenia środowiskowe w przypadku ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych stwarzają wysokie stężenia obecnych w nich jonów metali ciężkich takich jak nikiel, żelazo, chrom i miedź. Dodatkowo tego typu ścieki charakteryzują się bardzo niskim pH (rzędu 1-2). Ze względu na stosowanie w procesie elektropolowania dodatków organicznych do kąpieli przemysłowej, usuwanie jonów metali, a szczególnie niklu jest utrudnione. Wykorzystywana jako dodatek triethanolamina tworzy z jonami metali kompleksy, które są trudne do usunięcia tradycyjnymi metodami, dlatego osiągnięcie wymaganych prawem limitów zanieczyszczeń w ściekach po procesie neutralizacji stanowi dużą trudność. Rośnie zainteresowanie wykorzystaniem materiałów naturalnych do usuwania jonów metali z roztworów wodnych, jednak niewiele jest doniesień dla ich zastosowania w przypadku ścieków rzeczywistych.

Przedłożona do recenzji rozprawa nt. „*Usuwanie niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych*” obejmuje 4 oryginalne prace naukowe z IF, opublikowane w czasopiśmie z listy Ministerstwa Edukacji i Nauki:

1. **Charazińska, S.**, Burszta-Adamiak, E., Lochyński, P. (2022). Recent trends in Ni(II) sorption from aqueous solutions using natural materials. In *Reviews in Environmental Science and BioTechnology* (Vol.21). s. 105-138 <https://doi.org/10.1007/s11157-021-09599-5>, 140 pkt, IF 14,284,
2. **Charazińska, S.**, Lochyński, P., Burszta-Adamiak, E. (2021). Removal of heavy metal ions from acidic electrolyte for stainless steel electropolishing via adsorption using Polish peats. *Journal of Water Process Engineering*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102169>, 100 pkt, IF 7,340,
3. **Charazińska, S.**, Burszta-Adamiak, E., Lochyński, P. (2022). The efficiency of removing heavy metal ions from industrial electropolishing wastewater using natural materials. *Scientific Reports*, 12, 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22466-9>, 140 pkt, IF 4,996,
4. **Charazińska, S.**, Lochyński, P., Markiewicz, M., Stolte, S., Burszta-Adamiak, E. (2022). Treatment of electropolishing industrial wastewater and its impact on the immobilisation of *Daphnia magna*. *Environmental Research*, 212, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113438>, 100 pkt, IF 8,431.

Wymienione prace opublikowano w latach 2021-2022, jako oryginalne artykuły naukowe, za które łączna liczba punktów, określona na podstawie listy MEiN wynosi 480, a IF = 35,051. We wszystkich czterech publikacjach doktorantka jest pierwszym autorem oraz wszystkie prace zostały przygotowane wspólnie z Promotorem i Promotorem pomocniczym. Wkład merytoryczny doktorantki obejmował

opracowanie hipotez, koncepcji oraz metodyki badawczej, przygotowanie materiałów do badań, wykonanie części badań, analizę i dyskusję wyników, jak również przygotowanie manuskryptów oraz ich edycję po recenzji. Niestety doktorantka nie podała w oświadczeniach swojego procentowego udziału w powstaniu poszczególnych prac. Bardzo dużą zaletą ocenianej rozprawy doktorskiej jest to, że czasopisma, w których opublikowano wymienione prace należą do wyróżniających się na świecie wydawnictw prezentujących wyniki badań z zakresu ochrony i kształtowania środowiska oraz są przypisane do dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka zgodnie z Komunikatem Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 grudnia 2021 r. z późniejszą zmianą.

W rozprawie doktorskiej opracowanej przez mgr inż. Sylwię Charazińską zostały zaprezentowane wyniki badań stanowiące rozwiązanie problemu naukowego, który obejmuje proces usuwania niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych. W rozprawie doktorskiej sformułowano następujące trzy hipotezy badawcze:

1. Wykorzystanie materiałów naturalnych w procesie oczyszczania ścieków umożliwi redukcję stężeń jonów niklu w ściekach z obróbki stali chromowo-niklowych.
2. Jony żelaza, chromu i miedzi, współwystępujące z jonami niklu, mają wpływ na skuteczność ich usuwania ze ścieków technologicznych.
3. Zmniejszenie negatywnego oddziaływania ścieków z procesu elektropolerowania stali na organizmy wodne *Daphnia magna* może być uzyskane poprzez zastosowanie borowiny w procesie oczyszczania.

Doktorantka, aby udowodnić postawione tezy, przedstawiła następujące główny i cztery szczegółowe cele pracy badawczej:

1. Głównym celem rozprawy doktorskiej było określenie skuteczności materiałów naturalnych w usuwaniu jonów niklu ze ścieków pochodzących z procesów obróbki stali chromowo-niklowych, zaś jako szczegółowe cele badań wyznaczono:
2. Wybór i wykorzystanie perspektywicznych materiałów naturalnych do usuwania jonów niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych.
3. Redukcję stężenia jonów niklu w ściekach pochodzących z procesu elektropolerowania przy wykorzystaniu wybranych materiałów naturalnych.
4. Sprawdzenie wpływu współistniejących jonów żelaza, chromu i miedzi na skuteczność usuwania jonów niklu ze ścieków technologicznych.
5. Ocenę oddziaływania na organizmy wodne ścieków z procesu obróbki stali nierdzewnych po różnych etapach oczyszczania z wykorzystaniem testów immobilizacji *Daphnia magna*.

Na podstawie sformułowanego problemu badawczego, hipotez oraz celów zaplanowano i przeprowadzono doświadczenia. Stosowane we wszystkich badaniach ścieki technologiczne powstały poprzez rozcieńczenie stężonej kąpieli procesowej, która była intensywnie i długotrwale wykorzystywana w skali przemysłowej. W celu utrzymania warunków umożliwiających wielokrotne wykonanie analiz laboratoryjnych, roztwór kąpieli procesowej mieszano z wodą dejonizowaną w różnych proporcjach, aby stworzyć ścieki technologiczne, które odzwierciedlają charakterystykę ścieków powstających w trakcie procesu elektropolerowania oraz następującego po tym procesie płukania elementów metalowych. W badaniach stosowano roztwór o różnych poziomach rozcieńczenia w zakresie od roztworu stężonego do rozcieńczenia 1:250. W poszczególnych artykułach wchodzących do cyklu rozprawy doktorskiej podane zostały stężenia stosowanych ściekach technologicznych zarówno przed jak i po procesie oczyszczania.

W badaniach wykorzystano różne materiały pochodzenia naturalnego. Większość z nich to materiały komercyjnie dostępne na polskim rynku, natomiast część z nich została pozyskana samodzielnie m.in. skorupki jaj kurzych pochodzących z cukierni zlokalizowanej na terenie Wrocławia. W zależności od formy, w jakiej były dostępne materiały, należało je poddać różnym procesom przygotowania, tak aby do badań wykorzystywać materiał w formie suchego proszku. Proces przygotowania obejmował, w zależności od konieczności wykonania danego etapu: mycie, suszenie oraz zmielenie i ewentualne przesianie i oddzielenie większych fragmentów w celu uzyskania stosunkowo jednorodnego pod względem uziarnienia proszku.

Proces usuwania jonów metali z roztworów ścieków technologicznych, pochodzących z obróbki stali przeprowadzono w stałej temperaturze pokojowej wynoszącej około $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Określoną masę sproszkowanego materiału odważano do próbki typu Falcon o pojemności 50 cm^3 i uzupełniano 20 cm^3 badanego roztworu. Następnie zamknięte próbki umieszczano na wytrząsarce i mieszano przez określony czas z prędkością 100- 150 obr/min. Po procesie wytrząsania próbki przesączało przez filtry Munktell Filter Paper No. 390 w celu oddzielenia materiału. Uzyskany filtrat mineralizowano mieszaniną 1:3 kwasu azotowego (V) i chlorowodorowego w celu przygotowania do dalszych badań.

Badanie 48-h ostrej toksyczności skorupiaka *Daphnia magna* przeprowadzono zgodnie z wytyczną OECD 202 (OECD Test Guideline 202: *Daphnia* sp. Acute Immobilisation Test). Dla każdego z badanych zanieczyszczeń wykonano przynajmniej pięć poziomów stężeń. Po 24 i 48 h ekspozycji oceniano wzrokowo liczbę unieruchomionych organizmów narażonych na działanie każdego roztworu testowego. Efekt toksyczny wyrażano jako średni procent unieruchomienia organizmów. Ostra toksyczność dla organizmów *Daphnia magna* została zdefiniowana jako średnie stężenie, które wywołało efekt unieruchomienia u 50% badanych organizmów (EC50).

Określenie możliwości ponownego wykorzystania materiałów przeprowadzono w czterech cyklach. Oczyszczanie ścieków technologicznych pochodzących z procesu elektropolerowania z wykorzystaniem badanych materiałów prowadzono przez 6 h przy początkowym całkowitym stężeniu jonów metali $560 \pm 15 \text{ mg/dm}^3$, stosując 50 g/dm^3 materiału. Mieszanie prowadzono przy 100 obr/min i stałej temperaturze pokojowej. Po tym procesie ścieki oddzielono, a materiał wysuszone. Następnie materiał poddano procesowi mającemu na celu usunięcie jonów metali z wykorzystaniem różnych 0,1 M roztworów: HCl, HNO₃ i NaOH oraz wody destylowanej. Proces prowadzono przy 100 obr/min i stałej temperaturze pokojowej przez okres 6 h. Po obróbce roztwór oddzielono, materiał przepłukano wodą destylowaną w celu usunięcia pozostałości roztworu i wysuszone. Taki cykl oczyszczania ścieków i usuwania jonów metali za pomocą HCl, HNO₃, NaOH i wody destylowanej powtarzano czterokrotnie.

Na uwagę zasługuje, że w badaniach wykorzystano nowoczesny specjalistyczny sprzęt tj. optyczny spektrometr emisyjny (ICP-OES), spektroskop fourierowski w podczerwieni (FTIR), skaningowy mikroskop elektronowy (SEM) oraz spektrometr rentgenowski z dyspersją energii (EDS). Stężenia metali w próbkach mierzono metodą optycznej spektroskopii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej ICP-OES. Do pomiaru powierzchni materiałów naturalnych wykorzystano technikę spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni. Spektroskopia FTIR dostarczyła informacji o szerokim zakresie grup chemicznych obecnych w materiale. Badania morfologii powierzchni materiałów naturalnych przed i po procesie usuwania jonów metali z roztworu ścieków technologicznych wykonano metodą skaningowej mikroskopii elektronowej SEM. Oznaczenia ogólnego węgla organicznego próbek przeprowadzono metodą termiczną z katalizatorem platynowym.

Na podstawie sformułowanego problemu badawczego, hipotez oraz celów przeprowadzono badania, których wyniki zostały zaprezentowane w czterech publikacjach naukowych stanowiących rozprawę doktorską. Publikacje zostały przedstawione w sposób zapewniający logiczny ciąg prezentowanych wyników. Łączna objętość artykułów wynosi 69 stron, zaś łączna liczba zacytowanych w nich źródeł 365.

W publikacji P1 pt. „*Recent trends in Ni(II) sorption from aqueous solutions using natural materials*” dokonano wnikliwego przeglądu literatury dotyczącego wykorzystania materiałów naturalnych w procesie usuwania jonów niklu. Duża liczba badanych biosorbentów oraz duża różnorodność wyników analiz skuteczności ich działania były jednymi z powodów, dla których doktorantka dokonała przeglądu i badań przeprowadzonych w ciągu ostatnich pięciu lat. Głównym celem w tym artykule był przegląd i ocena aktualnego stanu wiedzy na temat wykorzystania biosorbentów w środowisku wodnym, ze zwróceniem szczególnej uwagi na najnowsze osiągnięcia badaczy w temacie sorpcji jonów niklu. Analiza objęła artykuły naukowe publikowane w latach 2016-2021 i uwzględniła szeroki zakres

stosowanych materiałów. Na podstawie wyników badań doktorantka wskazała materiały, które charakteryzują się największą efektywnością w usuwaniu jonów niklu ze ścieków oraz rozpoznano kierunki w odniesieniu do przyszłych badań. Do przeprowadzenia analiz niezbędne było m.in. wprowadzenie własnej klasyfikacji naturalnych adsorbentów, dzieląc je na następujące kategorie: biomasa, materiały modyfikowane i kompozyty, materiały odpadowe, torf oraz pozostałe. Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie w kategorii biomasa dokonano dalszego jej podziału na następujące podkategorie glony, owoce, rośliny, organizmy (owoce morza, owady, bezkręgowce i ich pancerze) oraz pozostałe. Zaproponowany podział wykorzystano w celu zdiagnozowania trendów badawczych rozwijanych w ostatnich latach w tematyce biosorbentów. Wyniki tych analiz są realizacją celu szczegółowego C1.

W publikacji P2 pt. *„Removal of heavy metal ions form acidic electrolyte for stainless steel electropolishing via adsorption using Polish peats”* doktorantka oceniła możliwości wykorzystania borowiny pochodzącej z pięciu uzdrowisk w Polsce do usuwania jonów metali ciężkich. W badaniach oceniono skuteczność usuwania jonów metali (niklu, żelaza, chromu i miedzi) ze ścieków technologicznych powstających w procesie elektropolerowania stali chromowoniklowych. Materiał organiczny, po wstępnym wysuszeniu i rozdrobnieniu, wykorzystano do badań sorpcyjnych zarówno w roztworze modelowym, jak i w ściekach technologicznych. Dla najbardziej obiecującego z analizowanych materiałów (borowina 16 pochodząca z uzdrowiska Goczałkowice Zdrój), wyznaczono pojemność sorpcyjną, procent usunięcia jonów oraz model kinetyki. Proces sorpcji prowadzono w szerokim zakresie początkowych stężeń metali ciężkich oraz w środowisku kwaśnym. Takie podejście do tematyki jest niestandardowym dla tego typu procesów, które w większości przypadków prowadzone są w środowisku alkalicznym lub obojętnym. Wybór środowiska kwaśnego do badań wynikał z potrzeby jak najpełniejszego odzwierciedlenia rzeczywistego charakteru badanych ścieków technologicznych. W artykule przedstawiono wyniki, które są realizacją celów C2 i C3.

W publikacji P3 pt. *„The efficiency of removing heavy metal ions from industrial electropolishing wastewater using natural materials”* sprawdzono skuteczność usuwania jonów metali za pomocą materiałów naturalnych z rzeczywistych ścieków technologicznych pochodzących z procesu elektropolerowania stali nierdzewnej z zakładu powierzchniowej obróbki metali znajdującego się na terenie Wrocławia. Wybrano materiały naturalne tj. skórki pomarańczy, algi, skorupki jaj kurzych oraz roślinę *Eclipta alba* do I etapu badań. Ich przydatność i skuteczność w przypadku rzeczywistych ścieków technologicznych została sprawdzona podczas prac laboratoryjnych, a wyniki badań zaprezentowane w artykule. Nowością w prowadzonych badaniach biosorpcyjnych jest wykorzystanie ścieków o wysokim stopniu zakwaszenia przy jednoczesnym zachowaniu wysokich stężeń jonów metali ciężkich, co stanowi

wyzwanie przy stosowaniu tej metody w oczyszczaniu ścieków. W artykule przedstawiono wyniki, które są realizacją celów C2 oraz C3.

W publikacji P4 pt. „*Treatment of electropolishing industrial wastewater and its impact on the immobilisation of Daphnia magna*” określono wpływ na ostrą immobilizację organizmów *Daphnia magna* ścieków technologicznych pochodzących z procesu elektropolerowania stali nierdzewnej po różnych etapach oczyszczania. Borowinę pochodzącą z pięciu różnych uzdrowisk znajdujących się na terenie Polski (Połczyn Zdrój, Goczałkowice Zdrój, Wieniec Zdrój, Kamień Pomorski i Kołobrzeg) wykorzystano w procesie sorpcji jonów metali pochodzących ze ścieków technologicznych. Określono wpływ procesu sorpcji zanieczyszczeń, jak również tradycyjnego strącania za pomocą $\text{Ca}(\text{OH})_2$, na skuteczność oczyszczania ścieków oraz immobilizację organizmów wodnych *Daphnia magna*. W artykule przedstawiono wyniki, które są realizacją celu C4.

Wykorzystanie materiałów naturalnych w procesie oczyszczania ścieków umożliwia zmniejszenie stężenia jonów niklu w ściekach z obróbki stali chromowo-niklowych. Wszystkie z przebadanych materiałów umożliwiły redukcję stężenia jonów niklu i innych metali (żelaza, chromu, miedzi) w ściekach technologicznych. Spośród przebadanych borowin z różnych źródeł na terenie Polski największą skutecznością charakteryzowała się borowina z uzdrowiska Goczałkowice Zdrój. Zastosowanie tego materiału do oczyszczania ścieków technologicznych umożliwiło usunięcie 100% jonów żelaza i chromu oraz około 60-70% jonów niklu i miedzi (przy stężeniu początkowym 1300 mg/dm^3). Kolejny z przebadanych, materiał roślinny *Eclipta alba* charakteryzował się pojemnością sorpcyjną wynoszącą $8,64 \text{ mg/g}$ oraz redukcją zanieczyszczeń wynoszącą około 80% dla żelaza i chromu, około 50% dla niklu i 40% dla miedzi, przy stężeniu początkowym wynoszącym 500 mg/dm^3 . W przypadku skorupki jaj kurzych zarówno te suszone, jak i po procesie kalcynacji, wykazały wysoką skuteczność usuwania jonów metali, wynoszącą odpowiednio 95,3-97,6% i 97,4-99,9%. Jony żelaza, chromu i miedzi współwystępujące z jonami niklu mają wpływ na skuteczność ich usuwania ze ścieków technologicznych. Dla badanego typu ścieków wykazano, że w pierwszej kolejności usuwane są jony żelaza i chromu, a następnie niklu i miedzi. Potwierdzenie znalazło to zarówno w przypadku badań z wykorzystaniem borowiny [P2] jak i materiału roślinnego *Eclipta alba* [P3]. Uzyskane wyniki znajdują odzwierciedlenie w praktyce przemysłowej, gdzie nawet dla wysokich stężeń początkowych uzyskuje się niemal 100% redukcji stężeń jonów żelaza i chromu. W przypadku jonów niklu osiągnięcie wymaganej redukcji często stanowić może wyzwanie lub wymagać zastosowania dodatkowych etapów oczyszczania. Zmniejszenie negatywnego oddziaływania ścieków z procesu elektropolerowania stali na organizmy wodne *Daphnia magna* może być uzyskane poprzez zastosowanie borowiny w procesie oczyszczania [P4]. Zastosowanie

borowiny zarówno jako samodzielny jak i jako dodatkowy etap oczyszczania ścieków umożliwia zmniejszenie stężenia metali w ściekach, a tym samym zmniejsza ich toksyczność.

4.2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym

1. W rozdziale 4 „Charakterystyka ścieków technologicznych” zabrakło mi tabeli zawierającej pełną charakterystykę chemiczną (skład) stosowanych w badaniach ścieków poprodukcyjnych z obróbki stali chromowo-niklowych. Informacji takiej nie znalazłam również w zamieszczonych publikacjach.
2. W rozdziale 5 „Metodyka badawcza” nie podano tabeli z typowymi własnościami sorpcyjnymi charakteryzującymi zastosowane sorbenty, takimi jak pojemność sorpcyjna, objętość porów, powierzchnia właściwa, liczba jodowa, liczba metylenowa, ścieralność. Czy nie określono tych własności dla badanych sorbentów naturalnych?
3. Czy podczas opracowania wyników i analizy zachodzących procesów próbowano opisać sorpcję innymi równaniami sorpcyjnymi oprócz izotermy Freundlicha i Langmuira?
4. Czy poza przedstawionym materiałem w rozprawie i artykułach podjęto próby zneutralizowania ścieków technologicznych i przeprowadzenia procesu sorpcji w środowisku neutralnym? Czy mogłoby to zwiększyć efektywność procesu?
5. Doktorantka nie podała w oświadczeniach swojego procentowego udziału w poszczególnych publikacjach, a jedynie jej wkład merytoryczny i redakcyjny.

Podsumowując uważam, że badania wykonane przez Doktorantkę mogą wzbudzać duże uznanie ze względu na uzyskany materiał wynikowy oraz ich publikację w wysoko punktowanych, renomowanych międzynarodowych czasopismach naukowych (z wysokim IF) z zakresu inżynierii i kształtowania środowiska. mgr inż. Sylwia Charazińska w ramach cyklu 4 publikacji składających się na rozprawę doktorską starała się rozwiązać bardzo istotny problem dotyczący procesu usuwania niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych. Uzyskane wyniki badań są szczególnie istotne z punktu widzenia zagrożenia środowiska emisją ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych, które zawierają wysokie stężenia jonów metali ciężkich takich jak nikiel, żelazo, chrom i miedź. Ponadto tego typu ścieki charakteryzują się bardzo niskim pH, co dodatkowo utrudnia proces ich oczyszczania. Dlatego, biorąc pod uwagę jak niewiele jest doniesień dotyczących oczyszczania ścieków rzeczywistych, na podkreślenie zasługuje zainteresowanie Doktorantki wykorzystaniem materiałów naturalnych do usuwania jonów metali z roztworów wodnych opartych na rzeczywistych ściekach poprodukcyjnych.

5. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Sylwii Charazińskiej jest bardzo cennym opracowaniem, w którym potwierdzono główne tezy pracy i rozwiązano problem naukowy. Doktorantka wykazała się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i praktycznym, znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością planowania i prowadzenia badań. Autorka pokazała, że potrafi właściwie wykonać zamierzone prace eksperymentalne oraz prawidłowo i wnikliwie zinterpretować uzyskane wyniki badań. Tematyka i zakres rozprawy doktorskiej jest ściśle związany z ważnym problemem, który dotyczy procesu usuwania niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych w aspekcie inżynierii i ochrony środowiska i dlatego podjętą problematykę badawczą należy zaliczyć do grupy badań stosowanych. Biorąc po uwagę informacje zaprezentowane powyżej stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Sylwii Charazińskiej pt. *„Usuwanie niklu ze ścieków pochodzących z obróbki stali chromowo-niklowych”* spełnia warunki obowiązującej Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska. Dlatego wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Charazińskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

prof. dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz

