UNIWERSYTET OPOLSKI

WYDZIAŁ CHEMII

ul. Oleska 48, 45–052, Opole
tel. 077 452 71 00
fax 077 452 71 01
chemia@uni.opole.pl
www.chemia.uni.opole.pl

prof. dr hab. inż. Krystyna Czaja
Katedra Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów
e-mail: krystyna.czaja@uni.opole.pl

Opole, styczeń 2022 r.

Ocena osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Pana dr inż. Piotra CYGANOWSKIEGO stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Informacje ogólne

Niniejsza opinia została opracowana zgodnie z decyzją Rady Doskonałości Naukowej z dnia 25 października 2021 r. (sygn. Z2.4000.94.2021.4.IB) wyznaczającą mnie jako recenzenta w postępowaniu, wszczętym na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej, w dniu 25 czerwca 2021 r., w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego dr. inż. Piotrowi Cyganowskiemu. W konsekwencji otrzymałam pismo prof. dr hab. inż. Grażyny Gryglewicz, przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej, z dnia 29 listopada 2021 r., z informacją o powołaniu w skład Komisji Habilitacyjnej, na mocy uchwały tej Rady, nr 108/17/RDND05/2021-2024, z dnia 24 listopada 2021 r. Równocześnie z tym pismem, otrzymałam komplet materiałów na płytce CD, w tym wniosek dr. inż. Piotra Cyganowskiego z dnia 11 czerwca 2021 r., o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie inżynieria chemiczna, na podstawie osiągnięcia naukowego stanowiącego monotematyczny cykl publikacji pt.: *Wielofunkcyjne materiały polimerowe o właściwościach chelatujących i jonowymiennych jako uniwersalna platforma materiałowa do zastosowań w hydrometalurgii i inżynierii środowiska*. Do wniosku dołączono wymagane przepisami załączniki, w tym kopię dyplomu doktorskiego Wnioskodawcy (zał. 2), autoreferat (zał. 3), wykaz osiągnięć naukowych jako podstawę postępowania habilitacyjnego (zał. 4), oświadczenia współautorów publikacji wymienionego cyklu (zał. 5) oraz kopie 10 publikacji stanowiących monotematyczny cykl pod podanym wyżej tytułem. W sumie dokumenty te wypełniają wymagania formalne przewidziane dla procedury habilitacyjnej, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r., poz. 261) w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Ponadto, do wymienionych wyżej materiałów Habilitant dołączył potwierdzenia przyznania środków na realizację projektów badawczych Narodowego Centrum Nauki w konkursach Miniatura 1 i Sonata 16 oraz listy referencyjne firm potwierdzające jego współpracę z przemysłem (zał. 6) a także dowody kontaktów (staż, wyjazd studyjny i współpraca) z instytucjami zagranicznymi.

Poniższą opinię sporządziłam na podstawie wymienionych wyżej materiałów przygotowanych przez Habilitanta oraz przy uwzględnieniu kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określonych w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 r. poz.1789 z późn. zmianami), w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. 2011 r. Nr 196, poz. 1165 z późn. zmianami) oraz w art. 219 ust.1 pkt 1 do 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021 r. poz.478).

Dane ogólne o Wnioskodawcy

Pan dr inż. Piotr Cyganowski uzyskał dyplomy inżyniera (2010) i magistra (2012) na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej. Następnie podjął studia doktoranckie uwieńczone uzyskaniem, w roku 2017, stopnia naukowego doktora nauk chemicznych w dyscyplinie technologia chemiczna na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Impregnowane suspensyjne kopolimery do sorpcji metali szlachetnych* wyróżnionej w oparciu o uchwałę Rady Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej.

Po uzyskaniu stopnia doktora, od października 2017 r., był zatrudniony na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego w Zakładzie Materiałów Polimerowych i Węglowych macierzystego Wydziału a po roku (11.2018) awansował na stanowisko adiunkta naukowo-dydaktycznego w Katedrze Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, które dotąd obejmuje.

Ocena osiągnięcia naukowego

Ocena formalna

Jako osiągnięcie naukowe, w myśl art. 219 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z dnia 20 lipca 2018 r. Dz.U. z 2021 r. poz.478), dr inż. Piotr Cyganowski wskazał **10** powiązanych tematycznie publikacji stanowiących cykl zatytułowany *Wielofunkcyjne materiały polimerowe o właściwościach chelatujących i jonowymiennych jako uniwersalna platforma materiałowa do zastosowań w hydrometalurgii i inżynierii środowiska*. Prace te zostały załączone do wniosku oraz oznakowane kolejno od **[1]** do [**10]**. Dodatkowo na bazie wyników wykonanych badań, przedstawionych w ramach cyklu, Habilitant uzyskał już jeden patent i dodatkowo opracował jedno zgłoszenie patentowe.

Wszystkie artykuły będące podstawą rozprawy habilitacyjnej były opublikowane w okresie od 2018 do 2021 r. Ukazały się one w czasopismach o zasięgu światowym, indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports* (JCR) o różnym poziomie wartości *Impact Factor* (IF) , a mianowicie w *Solvent Extr. Ion Exch..* (3x, IF=1,99), *Hydrometallurgy* (IF=3,46), *React. Funct. Polym*. (IF=3,46); *Polymers* (IF=3,16), *Coll. Surf. A.* (3x, IF=3,99) oraz *J. Coll. Interface Sci.* (IF=7,49). Łączna wartość parametru IF, zgodnie z odpowiednimi danymi dla 2019 r., wynosi **34,96**, a wartość średnia IF to **3,55**. Z kolei, suma punktów tych 10 prac, wg skali MNiSW, wynosi **830**.

Habilitant jest pierwszym autorem wszystkich omawianych 10 publikacji, w tym dwie prace opracował samodzielnie. Pozostałych osiem publikacji to prace wieloautorskie (od dwóch do ośmiu, najczęściej pięciu autorów) zatem istotne jest pytanie, jaki wkład wniósł Habilitant w powstanie omawianych artykułów naukowych uwzględniając, że są to badania prowadzone zespołowo, w tym jedna praca także we współpracy z badaczami z zagranicy. Przy wykazie publikacji omawianego cyklu Habilitant określił swój wkład w ich powstanie obejmujący zwykle opracowanie lub współudział w opracowaniu koncepcji pracy oraz postawieniu hipotezy badawczej, wykonanie części badań i opracowanie wyników w formie publikacji oraz pełnienie funkcji autora korespondencyjnego

w przypadku ośmiu z omawianych publikacji. Oświadczenia współautorów publikacji z macierzystego Wydziału Habilitanta oraz z uczelni w Izmirze (jedna praca), zamieszone w wykazie dołączonym do wniosku, potwierdzają wiodącą rolę Habilitanta w powstanie całego cyklu publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego.

Już wstępna analiza rodzaju publikacji zaliczonych do osiągnięcia naukowego Habilitanta wskazuje, że tematyka tego cyklu prac jest spójna oraz dotyczy badań syntezy i charakterystyki żywic anionowymiennych o właściwościach chelatujących, przydatnych do zastosowań w hydrometalurgii oraz inżynierii i ochronie środowiska. Zatem podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa **spełnia wymogi formalne** Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595 z późn. zmianami) oraz art. 219 ust.1, pkt 2 litera b ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z dnia 20 lipca 2018 r. Dz. U. 2021 poz. 478).

Ocena merytoryczna

Niebywały, w ostatnich dziesięcioleciach rozwój społeczeństwa i wzrost gospodarczy, doprowadził do wielu niekorzystnych zmian grożących egzystencji przyszłych pokoleń, w tym znacznego ograniczenia nieodnawialnych zasobów naturalnych oraz zmian środowiska obejmujących zmiany klimatyczne i rosnący niedobór wody. Przed współczesną gospodarką i nauką stają zatem ogromne wyzwania dotyczące wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju oraz proekologicznej przemiany gospodarki dla ochrony środowiska i neutralności klimatycznej. Realizacja tych wyzwań generuje potrzebę opracowania nowych energooszczędnych i wysokowydajnych rozwiązań technologicznych z wdrażaniem zasad bezodpadowej gospodarki obiegu zamkniętego. Sprostanie takim wyzwaniom wymaga opracowania wielu nowych, funkcjonalnych i efektywnych materiałów o pożądanych właściwościach dla ich skutecznego zastosowania. Równocześnie gwałtowny rozwój produkcji pożądanych wyrobów elektrycznych i elektronicznych stoi u podstaw znacznego wzrostu zapotrzebowania na metale szlachetne. Ich rozproszenie zarówno w surowcach pierwotnych, jak i wtórnych, oraz stosowane dotąd energochłonne metody ich pozyskiwania o negatywnym wpływie na środowisko, generują potrzebę opracowania nowych, alternatywnych i wydajnych technologii otrzymywania metali szlachetnych.

W scharakteryzowany wyżej kierunek rozwoju wpisuje się tematyka badań Habilitanta obejmująca w zasadzie dwa kierunki, a mianowicie: 1) projektowanie nowych polimerowych żywic jonowymiennych przeznaczonych do separacji jonów i odzyskiwania metali szlachetnych a także 2) wytwarzanie nowych nanokompozytów polimerowych na osnowie opracowanych żywic z udziałem nanocząstek metali szlachetnych, dedykowanych do różnych zastosowań. Wspólnym mianownikiem wymienionych kierunków badań jest projektowanie struktury, wraz z opracowaniem syntezy, nowych żywic anionowymiennych, których działanie wynika z obecności w strukturze atomów chelatujacych oraz aminowych grup funkcyjnych zdolnych do dysocjacji w roztworach HCl.

Badania dotyczące separacji i pozyskiwania metali szlachetnych opisane w publikacjach **[1]** do **[4]** cyklu habilitacyjnego stanowią kontynuację i rozwinięcie wcześniejszych badań Wnioskodawcy w zakresie syntezy żywic anionowymiennych do sorpcji metali szlachetnych takich jak Au(III), Pt(VI), Pd(II), Mo(VI) i V(V). Sorbenty scharakteryzowane w ocenianym cyklu oparte są na chlorometylowanych kopolimerach styrenu z diwinylobenzenem lub kopolimerach chlorku winylobenzylu z diwinylobenzenem, w których następnie atomy chloru w grupach $–CH_2Cl$ były podstawiane aminowymi grupami funkcyjnymi i zawierającymi atomy chelatujące.

Celem badań opisanych w publikacji **[1]** było opracowanie żywic do skutecznego usuwania z wód geotermalnych szkodliwych pierwiastków boru i arsenu. W ramach tej pracy opracowano sposób

syntezy nowych żywic typu rdzeń–powłoka, bazujących na usieciowanych, makroporowatych nośnikach polimerowych, w których handlowy adsorbent Amberlite (rdzeń) impregnowano mieszaniną chlorku wiylobenzylu i diwinylobenzenu, które następnie poddawano wolnorodnikowej polimeryzacji suspensyjnej. W rezultacie otrzymany kopolimer tych monomerów stanowił funkcjonalną warstwę zewnętrzną (powłokę). Tak otrzymane nośniki polimerowe aktywowano wprowadzając na ich powierzchnię jonowymienne grupy funkcyjne pochodzące od N-metylo-D-glukaminy i zawierające chelatujące atomy tlenu i azotu. Zakładano, że wprowadzenie grup funkcyjnych jedynie na powierzchnię ziaren polimerowego nośnika wpłynie na wzrost efektywności procesów sorpcji. Opracowane żywice oceniano na podstawie testów adsorpcji boru i arsenu wraz z badaniami kinetyki tego procesu oraz oceną zdolności regeneracji żywic. W wyniku stwierdzono, że odpowiednia makroporowata struktura polimerowego nośnika oraz obecność funkcjonalnej warstwy na jego powierzchni prowadzi do skutecznego usuwania z wód geotermalnych szkodliwych pierwiastków zarówno boru jak i arsenu. Opracowane, nowe żywice, testowane zarówno w procesach statycznych jak i przepływowych, wykazały wyższość w stosunku do handlowej żywicy chelatującej, dedykowanej do usuwania boru i niedostatecznie skutecznej w stosunku do arsenu.

W kolejnych publikacjach **[2]** i **[3]** opisane są metody syntezy nowych, selektywnych anionitów do wydzielania Re(VII) i Mo(VI). Niejako wprowadzeniem do tej tematyki jest praca przeglądowa **[10]**, w której Habilitant scharakteryzował tradycyjne i nieefektywne metody pozyskiwania metali szlachetnych, dodatkowo energochłonne i oddziaływujące negatywnie na środowisko. Na tym tle przedstawił najnowsze metody separacji i odzysku metali szlachetnych z udziałem żywic jonowymiennych. Z przeglądu tego wynika, że choć obecnie liderem w tym zakresie są żywice o właściwościach chelatujących i anionowymiennych bazujące na chlorometylowanych kopolimerach styrenu i diwinylobenzenu (St-co-DVB) jednak nadal poszukuje się nowych, stabilnych, wydajnych i selektywnych materiałów do odzyskiwania metali szlachetnych.

Mając powyższe na względzie Habilitant podjął prace nad otrzymaniem nowych i skutecznych żywic anionowymiennych z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego, zarówno na etapie syntezy zaplanowanych kopolimerów oraz powierzchniowej ich funkcjonalizacji **[2]**. Brak dostatecznych danych literaturowych odnośnie do warunków wspomaganej mikrofalowo syntezy żywic jonowymiennych skłonił Habilitanta do przeprowadzenia szerokich badań optymalizacyjnych w zakresie wpływu rodzaju stosowanych reagentów (monomery, rozpuszczalniki organiczne i modyfikatory aminowe) i warunków syntezy żywic (czas syntezy a szczególnie gęstość promieniowania mikrofalowego) na efektywność sorpcji jonów renu (pojemność anionowymienna i sorpcyjna). Badania wykazały przewagę metody mikrofalowej nad tradycyjnymi sposobami syntezy odpowiednich anionitów pod względem energochłonności i czasu reakcji. Opisane wyniki badań optymalizacyjnych stanowią obecnie wytyczne do prowadzenia wspomaganej mikrofalowo syntezy anionitów polimerowych.

W kolejnej publikacji **[3],** Habilitant wykazał nie tylko wyższość metody mikrofalowej nad ogrzewaniem konwencjonalnym, ale też jej skuteczność w syntezie kopolimeru chlorku winylobenzylu z diwinylobenzenem (VBC-co-DVB) stanowiącą korzystną alternatywę dla metody chlorometylenowania kopolimerów styrenu i diwinylobenzenem. Ponadto, żywica anionowymienna oparta na kopolimerze VBC-co-DVB wykazała nawet lepsze zdolności sorpcji Re(VII) w porównaniu z żywicą bazującą na chlorometylenowanym kopolimerze St-co-DVB oraz umożliwiała selektywny rozdział tego jonu nawet wobec nadmiarowej obecności Mo(VI). W konsekwencji, uwzględniając zalety wspomaganej mikrofalami metody syntezy kopolimeru VBC-co-DVB stała się ona przedmiotem uzyskanego już patentu.

W dalszych badaniach, Habilitant testował opracowane anionity w procesach wielokrotnej adsorpcji i desorpcji Au(III), Pt(VI) i Pd(II) z jedno- i wieloskładnikowych roztworów HCl o różnym stężeniu **[4].** Okazało się, że stosowane żywice anionowymienne wykazują dodatkowo zdolności redukcyjne chlorokompleksów metali szlachetnych z powodzeniem generując nanocząstki odpowiednich metali, głównie immobilizowane w nośniku polimerowym oraz ich mikrocząstki strącane do roztworu. W efekcie prowadzonych badań Habilitant zaproponował mechanizm obserwowanej redukcji Au(III), Pt(VI) i Pd(II) na anionitach polimerowych, obejmujący przeniesienie elektronu z atomów azotu grup funkcyjnych do chlorokompleksów tych metali z następczą regeneracją grup aminowych wspieraną autooksydacją wody.

Stwierdzone w pracy **[4]** tworzenie i immobilizacja nanocząstek metalu w nośniku polimerowym, jako rezultat ich redukcyjnej sorpcji, zainspirowała Habilitanta do badań nad syntezą nanokompozytów polimerowych na osnowie żywic jonowymiennych. W oparciu o zidentyfikowany wówczas wpływ gradientu stężeń chlorokompleksów metali na granicy faz ciało stałe-ciecz na wielkość tworzących się cząstek metalu, Habilitant opracował **[7]** sposób syntezy *in-situ* nanokompozytów polimerowych zawierających dobrze zdyspergowane nanocząstki Au, Pt i Pd, których wielkość zależała od pH roztworu i początkowego stężenia jonów metali. Opracowana, stosunkowo prosta w realizacji i wydajna metoda wyróżnia się, spośród znanych i stosowanych metod otrzymywania podobnych nanokompozytów, brakiem wymogu użycia dodatkowych środków redukujących a tworzące się produkty, w formie kulek, ułatwiają ich separację (filtracja) i ponowne użycie. Dalsze badania dotyczyły optymalizacji metody syntezy *in-situ* nanokompozytów na osnowie VBC-co-DVB z udziałem nanocząstek srebra, w zakresie wpływu amin z grupy alifatycznych i heterocyklicznych **[8]** i **[9]** oraz wielkocząsteczkowych **[9]** na średnią wielkość zdyspergowanych nanocząstek srebra w osnowie (od ok. 2 nm do wartości mikrometrycznych). W końcu badania te zaowocowały również zgłoszeniem patentowym na sposób otrzymywania, metodą *in-situ*, nanokompozytów polimerowych zawierających nanocząstki metali szlachetnych.

Otrzymane metodą *in-situ* kompozyty z nanocząstkami złota i palladu na osnowie usieciowanych kopolimerów suspensyjnych o właściwościach chelatujących i anionowymiennych, otrzymanych w procesie sorpcji sprzężonej z redukcją, Habilitant przetestował w charakterze katalizatorów reakcji redukcji 4-nitrofenolu do 4-aminofenolu **[4]**, **[7]** do **[9]**. W badaniach dowiódł, że nanokompozyty z grupami pochodzącymi od amin heterocyklicznych i zawierające nanocząstki złota **[8]** lub złota i palladu **[7]** skuteczniej katalizują badaną reakcję w porównaniu z innymi katalizatorami heterogenicznymi, a ponadto łatwo można je wydzielić do ponownego użycia nie tracąc przy tym aktywności nawet w kolejnych pięciu do 10 cyklach redukcji 4-nitrofenolu.

Dążąc do dalszej poprawy właściwości opracowywanych nanokompozytów, Habilitant postanowił zastosować do ich wytwarzania typową metodę otrzymywania nanocząstek napełniacza poza matrycą polimerową (*ex-situ*) wraz z następczą ich immobilizacją w żywicy polimerowej. Taka strategia umożliwia bowiem lepszą kontrolę morfologii cząstek nanonapełniacza skutkującą poprawą właściwości nanokompozytów. W ramach współpracy z zespołem naukowców z Katedry Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej PWr, do syntezy nanocząstek metali wykorzystał stałoprądowe wyładowanie jarzeniowe generowane pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą (dc-APGD). Metoda ta umożliwia otrzymanie, w sposób ciągły, nanocząstek metali, których morfologię (wielkość i wymiary) Habilitant regulował warunkami przepływu prądu elektrycznego i szybkością przepływu roztworów Au(III) pełniących rolę ciekłej elektrody **[5]** i **[6]**. Dalej, zawiesiny nanocząstek złota, otrzymane w układzie reakcyjno-wyładowczym, Habilitant stosował do typowej immobilizacji nanopełniacza

w matrycy polimerowej. Tu pojawił się problem, bowiem hydrofilowe, wodne roztwory metali nieskutecznie ulegały stabilizacji w hydrofobowym anionicie VBC-co-DVB, opracowanym i stosowanym przez Habilitanta, we wcześniejszych badaniach. Zatem do syntezy pożądanych nanokompozytów zastosował hydrofilową matrycę na bazie dobrze pęczniejących w wodzie, usieciowanych kopolimerów akrylowych, zawierających w strukturze czwartorzędowe grupy aminowe (VBTAC-co-MBA). W tym celu wodne roztwory nanocząstek złota, otrzymane pod wpływem dc-APGD, Habilitant wprowadzał do wodnych roztworów hydrofilowych monomerów: chlorku wyinylobenzylotrimetyloamoniowego (VBTAC) z metylenobisakryloamidem (MBA), które wobec inicjatora rodnikowego, ulegały kopolimeryzacji dając usieciowany hydrożel z zawartymi w nim nanocząstkami złota. Publikacja **[5]** zawiera opisy procedur syntezy nanoczastek złota (metoda dc-APGD) i ich immobilizacji w wymienionym hydrożelu wraz z propozycją mechanizmu tworzenia nanokompozytów i oceną wpływu warunków tych dwu etapów na wielkość i jednorodność dyspersji cząstek napełniacza w osnowie hydrożelu.

Kompozyty nanozłota zdyspergowanego w hydrożelu, otrzymane metodą opisaną w publikacji **[5]**, Habilitant przetestował także w charakterze heterogenicznego katalizatora redukcji 4-nitrofenolu do 4-aminofenolu. Wyniki opisane w publikacji **[6]** przedstawiają dane kinetyczne tej reakcji wskazując na znaczną jej szybkość początkową i skuteczną stabilizację nanoczastek złota w hydrożelu oraz brak niekorzystnej ich agregacji a przy tym łatwą separację katalizatora kompozytowego (filtracja), co umożliwia jego wielokrotne wykorzystanie.

Dodatkowo, Habilitant potwierdził w swoich badaniach, opisanych w publikacji **[5]**, możliwość wykorzystania opracowanego nanokompozytu Au/VBTAC-co-MBA w procesach wymiany ciepła. Okazało się, że po ogrzaniu tego materiału ulega on schłodzeniu ponad dwukrotnie szybciej w porównaniu do szybkości chłodzenia samego hydrożelu. Czyni to perspektywicznym wykorzystanie tego nanokompozytu w różnych układach mikroelektronicznych, gdzie pożądane jest wydajne i szybkie chłodzenie.

Należy w końcu zauważyć, że poza publikacją **[10]** o charakterze przeglądu literaturowego, z pozostałych dziewięciu publikacji prezentujących wyniki badań eksperymentalnych, publikacja **[1]** to efekt udziału Habilitanta, w charakterze wykonawcy, w realizacji projektu NCBiR (POLTUR, 2016) realizowanego w partnerstwie z naukowcami z Turcji, natomiast reszta publikacji oznaczonych od **[2]** do **[9]** stanowi wynik realizacji projektu NCN (Miniatura, 2017) pt. *Anionity polimerowe do kontrolowanej syntezy nano– i mikrocząstek metali szlachetnych*, opracowanego i kierowanego przez Wnioskodawcę.

Podsumowując stwierdzam, że **cykl publikacji wykazany przez dr inż. Piotra Cyganowskiego, jako osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym, stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie syntezy oraz kierunków zastosowania nowych materiałów o właściwościach chelatujących i anionowymiennych.** Za najważniejsze osiągnięcia Habilitanta uważam opracowanie nowych i skutecznych metod otrzymywania takich materiałów, w tym wspomaganej mikrofalami metody syntezy kopolimerów VBC-co-DVB oraz dwóch metod syntezy kompozytów z nanocząstkami metali: 1) podczas redukcyjnej sorpcji prekursora na grupach funkcyjnych usieciowanych kopolimerów suspensyjnych (*in-situ*) oraz 2) przez wytwarzanie nanocząstek poza siecią polimerową (*ex-situ*) z następczym ich zdyspergowaniem w polimerowym hydrożelu. Opisane badania, poza elementami nowości naukowej w zakresie syntezy nowych materiałów, zawierają wyraźne nakreślone i zweryfikowane badawczo, cele utylitarne. Habilitant potwierdził bowiem, że opracowane materiały są atrakcyjne w zastosowaniach do separacji metali szlachetnych oraz w procesie uzdatniania wód geotermalnych, ponadto jako efektywne katalizatory, w szczególności do redukcji 4-nitrofenolu zapobiegając zanieczyszczeniu środowiska tym

toksycznym i kancerogennym związkiem a w końcu także w procesach skutecznej wymiany ciepła w układach mikroelektronicznych.

Ocena aktywności i efektywności naukowej

Jak już wyżej wspomniałam, badania Habilitanta w zakresie syntezy, modyfikacji i charakterystyki funkcjonalnych żywic polimerowych oraz nanomateriałów mają charakter naukowy a przy tym uwzględniają cel praktyczny poprzez określenie potencjalnych kierunków zastosowania otrzymanych, nowych materiałów.

Szereg badań Wnioskodawca realizował i realizuje w ramach projektów, w tym sam jest kierownikiem dwóch, finansowanych ze środków NCN: jednego ukończonego (Miniatura 1) i drugiego będącego w toku realizacji (Sonata 16). Ponadto, jako wykonawca, uczestniczył w badaniach kolejnego projektu finansowanego ze źródeł NCN oraz projektu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

Jak wynika ze składu autorskiego większości publikacji, dr inż. Piotr Cyganowski skutecznie współpracuje z naukowcami innych jednostek, w tym głównie z zespołem Katedry Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej własnej uczelni. Prace Habilitanta mają charakter interdyscyplinarny, co potwierdza udział we wspólnie realizowanych projektach dotyczących inżynierii środowiska oraz biomedycyny, współdziała z naukowcami innych uczelni (Uniwersytet Gdański) czy medycznych jednostek badawczych (Gdański Uniwersytet Medyczny oraz wrocławski Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. L. Hirszfelda PAN).

Habilitant wykazał się także międzynarodową współpracą badawczą, w tym z zespołem naukowym tureckiego Uniwersytetu w Izmirze, przy realizacji wspólnego projektu dotyczącego oczyszczania wód geotermalnych. Odbył też krótką wizytę studyjną na Uniwersytecie w Helsinkach oraz trzymiesięczny staż naukowy na University of Concepction w Chile, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora.

Wyniki prac badawczych dr. inż. Piotra Cyganowskiego, realizowanych zwykle w wieloosobowych zespołach, są bieżąco publikowane i prezentowane podczas spotkań naukowych a niektóre z nich także stanowią podstawę patentów. Dotychczasowy, całkowity dorobek naukowy dr. inż. Piotra Cyganowskeigo, wykazany w załączniku 4 do wniosku, obejmuje (dane w nawisie dotyczą okresu po uzyskaniu stopnia doktora) w sumie **40** publikacji naukowych (**27** w tym 10 zaliczonych do cyklu habilitacyjnego) stanowiących w większości efekt interdyscyplinarnej współpracy badawczej. Tematyka tych artykułów dotyczy uzdatniania wód ze źródeł geotermalnych (3 prace), zastosowania zimnych plazm atmosferycznych w chemii żywności (2 prace), syntezy anionitów polimerowych do separacji Re(VII) (2 prace) oraz syntezy nanomateriałów do zastosowań w katalizie, medycynie i rolnictwie (13 prac), a także opracowania technik analitycznych dotyczących ekstrakcji rozpuszczalnikowej analitów (2 prace), opracowania adsorbentów substancji szkodliwych (3 prace) zaś pozostałe dwie prace mają charakter przeglądowy. Prawie wszystkie publikacje wykazane w dorobku naukowym Habilitanta (poza jedną z okresu przed doktoratem) ukazały się w czasopismach indeksowanych w bazie JCR dotyczących tematyki chemii i technologii polimerów, procesów separacyjnych bądź oddziaływań międzyfazowych. Łączna wartość współczynnika oddziaływania (zgodnie z rokiem opublikowania) omawianych artykułów opracowanych z udziałem Kandydata wynosi **IF=119,290 (96,637)**. Prace te są znane w kręgach specjalistów, bowiem wg *Web of Science* były **cytowane 251 (120) razy** a **indeks Hirscha** wynosi **10**.

Efekty badań współtworzonych przez Habilitanta były przedstawione podczas konferencji naukowych, krajowych i międzynarodowych (27 prezentacji) oraz są również zamieszczone w rozdziale zagranicznej monografii i publikacjach pokonferencyjnych.

Formą uznania pozycji Kandydata w świecie naukowy.m było zaproszenie do wygłoszenia referatów podczas konferencji zagranicznych (Melbourne i San Francisco) oraz seminarium naukowego w pozauczelnianej instytucji naukowej oraz nagroda za wystąpienie w czasie Międzynarodowych Warsztatów Naukowych (Czechy). Ponadto edytorzy szeregu specjalistycznych, międzynarodowych czasopism naukowych, powierzyli mu opracowanie **recenzji,** w sumie **58 publikacji naukowych**, a także pełnienie **funkcji edytora** specjalistycznego numeru czasopisma *Polymers* na temat funkcjonalnych kompozytów polimerowych w ochronie środowiska.

Potwierdzeniem praktycznego charakteru jego badań jest współautorstwo trzech patentów i dwóch zgłoszeń patentowych oraz współpraca z jednostkami gospodarczymi nad technologiami stosującymi żywice jonowymienne, w tym udział w pracach nad optymalizacją parametrów procesowych instalacji oczyszczania wód zbiornika retencyjnego w Turawie czy wykonanych badaniach eksperckich na zamówienie, co znalazło potwierdzenie w listach referencyjnych dołączonych do materiałów wniosku.

Za swoją aktywność badawczą Wnioskodawca był wielokrotnie nagradzany nagrodą lub stypendium Rektora macierzystej Uczelni.

Podsumowując **działalność naukową** dr. inż. Piotra Cyganowskiego **oceniam bardzo pozytywnie**. Spełnia ona praktycznie wszystkie kryteria, zwyczajowo przyjęte w stosunku do osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Jest aktywnym pracownikiem naukowym; jego dorobek publikacyjny z okresu 10 lat od ukończenia studiów obejmuje 40 pozycji. Należy też podkreślić, że efektywność publikacyjna Habilitanta wyraźnie wzrosła po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, czyli w okresie ostatnich czterech lat, kiedy jego dorobek wzbogacił się aż o 27 publikacji. Wzrosła także jakość opublikowanych wtedy prac, bowiem sumaryczna wartość tych z ostatniego okresu wynosi IF=96,64, co daje wartość średnią na publikację $IF_{śr}$=3,58, podczas gdy odpowiednie dane z czasu przed doktoratem są kilka razy niższe i wynoszą odpowiednio IF=22,63 oraz $IF_{śr}$=1,74. Jego badania mają charakter Interdyscyplinarny, także o znaczeniu aplikacyjnym, a prowadzi je we współpracy z naukowcami innych jednostek w kraju i zagranicą, czego efektem są wspólne publikacje. Uczestniczył w realizacji kilku projektów badawczych i sam skutecznie zabiegał o finansowanie prowadzonych przez siebie badań. Wnioskodawca jest cenionym w swojej uczelni i uznanym badaczem w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym a o znaczącej jego pozycji w tym gremium świadczy powierzenie mu roli edytora oraz opiniodawcy licznych publikacji skierowanych do czasopism o obiegu międzynarodowym.

Ocena pracy dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę

Z danych zawartych we wniosku wynika, że Habilitant, od dziesięciu lat, prowadzi na swoim Wydziale różnorodne kursy: laboratoryjne, projektowe i obliczeniowe, zarówno w języku polskim jak i angielskim. Jest autorem specjalistycznego kursu dydaktycznego *Modelowanie 3D w Technologii Chemicznej* oraz kilku nowych ćwiczeń laboratoryjnych, które wdrożył do prowadzonych przez siebie zajęć ze studentami.

Habilitant wykazuje także zaangażowanie w pracy badawczej ze studentami. Pod jego opieką zrealizowanych zostało 15 prac dyplomowych na studiach I stopnia oraz 10 na studiach II stopnia. Był ponadto zaangażowany w organizację i przeprowadził zajęcia dla studentów zagranicznych przebywających na uczelni w ramach programu *ERASMUS+* i sprawował nad nimi opiekę naukową.

Ważnym elementem pracy dydaktycznej był udział Habilitanta w przygotowaniu programu międzynarodowych studiów III stopnia, w ramach wspólnego projektu z partnerami z Uniwersytetu w Helsinkach.

Odnośnie do działalności organizacyjnej Kandydata należy przede wszystkim wymienić jego udział w organizacji międzynarodowej konferencji *15th Polish Membrane Society Summer School*, która miała miejsce we Wrocławiu w 2019 r. Ponadto aktywnie bierze udział w działaniach popularyzujących naukę wśród studentów, w tym zagranicznych oraz uczniów szkół średnich Dolnego Śląska.

W sumie pozytywnie oceniam działalność dydaktyczną, organizacyjną oraz w zakresie popularyzacji nauki dr. inż. Piotra Cyganowskiego.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując, po dokonanej wnikliwej ocenie zarówno osiągnięcia naukowego, jak i całościowego dorobku naukowego na tle aktualnego stanu wiedzy uważam, że dr inż. Piotr Cyganowski udowodnił swoje duże doświadczenie badawcze w zakresie otrzymywania i charakterystyki żywic jonowymiennych oraz nanokompozytów polimerowych łącząc równocześnie aspekty badań podstawowych z aplikacyjnymi. Habilitant wykazał się przy tym wiedzą i kompetencjami niezbędnymi do zaplanowania, przeprowadzenia oraz interpretacji i opracowania wyników prowadzonych badań a przy tym zdolnością pracy zespołowej. Podkreślenia wymaga duża efektywność badawcza Habilitanta, którego dorobek naukowy został znacznie wzbogacony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora i to, w stosunkowo krótkim okresie ostatnich czterech lat. Ponadto pozytywnie oceniam jego działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzującą naukę.

Uwzględniając ustawowe i zwyczajowe wymagania w stosunku do osób wnioskujących o nadanie stopnia doktora habilitowanego **pozytywnie oceniam przedstawiony do zaopiniowania wniosek** oraz **wnoszę do Rady Naukowej Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej o przeprowadzenie, zgodnie z obowiązującymi przepisami, dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania dr. inż. Piotrowi Cyganowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplinie inżynieria chemiczna.**

Opole, 2022-01-21