

Dr hab. inż. Myroslav Sprynskyy, prof. UMK

RECENZJA

osiągnięcia naukowego „**Funkcjonalizowane porowate materiały hybrydowe na osnowie krzemianów warstwowych do procesów katalitycznych zrównoważonego rozwoju**”, oraz całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

dr Małgorzaty Zimowskiej

adiunkta Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Informacje ogólne

Pani dr Małgorzata Zimowska zaczęła swoją karierę zawodową od studiów w Instytucie Mikrobiologii i Biologii Molekularnej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie w roku 1994. Pracę licencjacką pt. „*Wstępna ocena aktywności biochemicznej enzymów zewnątrzkomórkowych szczepów z gatunku *Pseudomonas aeruginosa**”, promotorstwa dr hab. Jacka Międzybrodzkiego, obroniła 1997 roku. Studia magisterskie ukończyła w 1999 roku uzyskując tytuł magistra po obronie pracy dyplomowej „*Katalityczne utlenianie metanu do gazu syntezowego na katalizatorze Rh/Al_2O_3 na folii ze stali Cr-Al*” wykonanej pod kierunkiem profesora dr hab. Mieczysława Najbar. Po ukończeniu studiów magisterskich kontynuowała studia doktoranckie na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 2004 roku uzyskała tytuł doktora po obronie z wyróżnieniem pracy doktorskiej „*Niektóre aspekty tworzenia się gazu syntezowego na powierzchni katalizatora $Rh-Al_2O_3$* ”. Promotorem pracy doktorskiej Pani dr Małgorzaty Zimowskiej był profesor dr hab. Mieczysława Najbar. W latach 2004-2022 była zatrudniana w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, na stanowiskach specjalisty i adiunkta. W okresie lat 2019-2022 obejmowała też stanowiska starszego pracownika naukowego i głównego wykonawcy w Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu CBRTP, w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych „Nowoczesne technologie materiałowe” oraz w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Od 2022 roku Pani dr Małgorzata Zimowska jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Ocena całości dorobku naukowego

Zainteresowania naukowe Pani dr Małgorzaty Zimowskiej obejmują teoretyczne i praktyczne aspekty zagadnień związanych z projektowaniem i preparatyką nowych funkcjonalizowanych, hybrydowych kompozytów mineralnych o zadanych właściwościach sorpcyjnych i katalitycznych „*smart materials*” bazując na wykorzystaniu nanostruktur krzemianów warstwowych. W swoich badaniach dr Małgorzata Zimowska posługuje się racjonalnym podejściem metodologicznym polegającym na predykcji właściwości fizykochemicznych syntezowanych kompozytów oraz ich właściwości funkcyjnych opierając się na korelacji właściwości strukturalno-powierzchniowych tworzonych nanostruktur a zjawiskami i procesami zachodzącymi na granicy faz w układach sorpcyjnych czy

katalitycznych. Takie podejście daje możliwość precyzyjnego zaprojektowania pożądanych właściwości fizykochemicznych nowych materiałów, i zwłaszcza możliwość sterowania takimi parametrami jak właściwości kwasowe, zasadowe, czy redoksove, w zależności od wymogów zadanej reakcji katalitycznej oraz prognozowania charakteru przebiegu tych reakcji. Uzyskiwane przez dr Małgorzatę Zimowską materiały o zadanych właściwościach funkcyjnych są zapotrzebowane w innowacyjnych procesach katalitycznych, w szczególności w reakcji reformingu bio-etanolu (metanu czy innych surowców) do produkcji wodoru jako substancji ekologicznie czystej energii, rozkładu toksycznych lotnych związków organicznych oraz w procesach sorpcji dwutlenku węgla w celu zmniejszenia jego emisji do atmosfery jako jednego z głównych gazów cieplarnianych.

Można zauważyć że badania naukowe w tej tematyce Habilitantka rozpoczęła jeszcze (1997-1999) przebywając na studiach magisterskich na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego realizując pracę dyplomową „Katalityczne utlenianie metanu do gazu syntezowego na katalizatorze Rh/Al₂O₃ na folii ze stali Cr-Al” pod kierunkiem prof. dr hab. Mieczysławy Najbar. Badania te dotyczyły katalitycznego utleniania metanu do gazu syntezowego w warunkach dynamicznych. Tematyka badawcza i nadal jest bardzo aktualna, i zwłaszcza w aspekcie opracowania nowych skutecznych metod katalitycznych do produkcji gazu syntezowego z różnych surowców naturalnych (metan, węgiel, biomasa) i uzyskania wodoru jako źródła ekologicznie czystej energii. Uzyskanie czystej energii obecnie jest jednym głównych tematów badań w zakresie zrównoważonego rozwoju energetycznego świata. Swoje zainteresowanie badawcze Habilitantka kontynuowała dalej w okresie realizacji pracy doktorskiej (lata 1999 – 2004) na Wydziale Chemii UJ, w Zakładzie Chemii Nieorganicznej w Krakowie pod kierunkiem prof. dr hab. Mieczysławy Najbar. W pracy doktorskiej zatytułowanej „Niektóre aspekty tworzenia się gazu syntezowego na powierzchni katalizatora Rh/-Al₂O₃„ podjęła się Ona niełatwego zadania wyjaśnienia mechanizmów powstawania gazu syntezowego na syntezowanych katalizatorach proszkowych Rh/-Al₂O₃ oraz katalizatorach monolitycznych (Rh/-Al₂O₃/folia Fe-Cr-Al i Rh/-Al₂O₃/folia tytanowa) opierając przy tym na korelacji właściwości fizykochemicznych katalizatorów z ich aktywnością katalityczną. Ważnym elementem tych badań było przeprowadzenie testów katalitycznych tlenowego reformingu metanu do gazu syntezowego w warunkach dynamicznych z wykorzystaniem technik przepływu ciągłego oraz przepływu impulsowego. Ponadto w trakcie realizacji pracy doktorskiej został skonstruowany oryginalny membranowy, ceramiczno-metaliczny reaktor monolityczny Rh/-Al₂O₃ na folii Fe-Cr-Al-Y oraz opracowana metoda cyklicznej pracy katalitycznej tego reaktora. Charakteryzacja właściwości fizykochemicznych syntezowanych katalizatorów była przeprowadzona na podstawie wyników badań uzyskanych za pomocą właściwie dobranych metod instrumentalnych, zwłaszcza zaawansowane metody analizy strukturalnej: mikroskopię elektronową SEM, TEM i HRTEM, metodę dyfrakcji rentgenowskiej XRD oraz spektroskopii fotoelektronów wzbudzonych promieniowaniem rentgenowskim (XPS). Wysoki poziom przeprowadzonych badań instrumentalnych był też skutkiem nabytego w procesie studiów doktoranckich doświadczenia przez Habilitantkę w rezultacie podjętej współpracy z dr Elżbietą Bielańską i dr hab. Lidią Lityńską-Dobrzyńską, prof. IMIM PAN oraz dr Dangsheng’iem Su z Fritz Haber Institute of the Max Planck Society, w Berlinie, specjalistami w obszarze mikroskopii elektronowej. Uzyskane wyniki badań prezentowane były na konferencjach krajowych i międzynarodowych oraz opublikowane w czasopismach naukowych.

Ogółem, w czasie przed uzyskaniem stopnia doktora, zostało opublikowano cztery prace w profilowych renomowanych czasopismach z bazy *Journal of Citation Report (JCR): Catalysis Today, Studies in Surface Science and Catalysis, Chemical Physics Letters* oraz *Polish Journal of Environmental Studies*. Dwie prace było opublikowano też w materiałach spoza bazy JCR. Za zaangażowanie w realizację badań naukowych i osiągnięcia naukowe w

roku akademickim 2001/2002 oraz 2002/2003 Pani dr Małgorzata Zimowska była wyróżniona Nagrodą zespołową II-go stopnia Rektora UJ. Świadczy to że w okresie realizacji swojej pracy doktorskiej dr Małgorzata Zimowska osiągnęła wysokiego profesjonalnego poziomu (metodologicznego i metodycznego) prowadzenia badań naukowych o wysokiej jakości z uzyskaniem wartościowych i interesujących wyników.

Tematyka prac Habilitantki opublikowanych po uzyskaniu tytułu doktora koncentruje się głównie w kierunku opracowania metod syntezy nowych hybrydowych katalizatorów bazując na wykorzystaniu minerałów ilastych. W opublikowanych pracach znajdują się interesujące wyniki przeprowadzonych badań, zwłaszcza związanych z opracowaniem metod syntezy nowych aktywnych katalizatorów tlenkowych (Cu-Mn-O) na bazie warstwowych materiałów hydrotalkitopodobnych przeznaczonych do katalitycznego spalania lotnych związków organicznych (VOC). W interpretacji uzyskanych wyników badań dużo uwagi przedzielano wyjaśnieniu roli Cu/Mn oraz wpływu dodatków takich jak Al oraz Zr i Ce, na właściwości strukturalne i aktywność katalityczną. Trzeba zaznaczyć, że jedna praca z tego bloku badań opublikowana w czołowym w dziedzinie katalizy czasopiśmie *Catalysis Today* a Habilitantka w tej publikacji jest autorem korespondującym. Interesującym jest też kierunek badań Habilitantki dotyczący opracowania metod otrzymywania nowej generacji sorbentów i katalizatorów o strukturze plastra miodu na osnowie hybrydowych kompozytów mezoporowatych sit molekularnych typu FSM-16 i minerałów ilastych typu kanemit ($\text{NaHSi}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Prowadziła Ona również badania związane z opracowaniem metod syntezy mezoporowatych hierarchicznych porowatych struktur typu SBA-15 stosując technikę „*soft/hard templating*” z wykorzystaniem nanocząstek węgla lub lateksu, jako szablonów strukturalnych. W tych badaniach opracowano i wykorzystano autorską metodę „molekularnego cięcia” ziaren SBA-15 typu „*rodlike*” w celu kontroli formowania się ich morfologii i struktury porowatej.

Opracowanie metod otrzymywania i funkcjonalizacji innowacyjnych porowatych materiałów hybrydowych typu PCH o zaprojektowanych, dostosowanych do potrzeb konkretnego zastosowania („*intelligent material design*”) właściwościach katalitycznych wyróżnia się jako jeden z najważniejszych kierunków badań Habilitantki. Atutem opracowanych metod syntezy hybrydowych kompozytów PCH jest możliwość kontrolowanej dystrybucji centrów kwasowych (Al, Fe), centrów redoksowych (FeOx), oraz generowanie nowych centrów zasadowych, o wysokiej stabilności termicznej. Ponadto, syntezowane kompozyty z powodzeniem zostały wykorzystane do generowania wodoru w reformingu parowym bio-etanolu, w procesach całkowitego spalania lotnych związków organicznych VOC (toluenu), a także w procesach efektywnej sorpcji CO_2 .

Habilitantka prowadziła także badania dotyczące charakteryzacji struktur funkcjonalizowanych kompozytów mineralnych aktywowanych mechano-chemicznie i hydrotermalnie z wykorzystaniem metod spektroskopowych oraz badania w współpracy z Instytutem Chemii Wydziału Technologii Żywności, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, dotyczące właściwości strukturalnych nanokompozytowych filmów biopolimerowych na osnowie polisacharydu - Furcellaranu - otrzymanego z czerwonych alg *Furcellaria lubricalis* mających na celu opracowanie nietoksycznych, biodegradowalnych i biokompatybilnych opakowań biopolimerowych.

Perspektywnym wygląda kierunek badań nad opracowaniem metod syntezy nowych materiałów katodowych na bazie perowskitów do wysokotemperaturowych ogniw paliwowych, do którego ostatnio zaangażowała się Habilitantka w ramach współpracy z zespołem Elektrochemii IKiFP PAN.

Należy stwierdzić, że dorobek naukowy Pani dr Małgorzaty Zimowskiej po uzyskaniu stopnia doktora znacząco wzrósł pod względem ilościowym jak i jakościowym. W tym okresie opublikowano ponad 70 prac naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie

Journal Citation Reports, z których 7 prac zostały włączone do cyklu prac przewodu habilitacyjnego. Łączny dorobek dr Małgorzaty Zimowskiej wynosi 86 publikacji naukowych w czasopiśmie z listy ministerialnej, z których 74 publikacji w czasopiśmie z bazy *Journal Citation Reports* wydawnictw Elsevier, Wiley i American Chemical Society ACS oraz 1 rozdział w książce. Publikowanie prac w profilowych czasopiśmie naukowych takich uznanych wydawnictw naukowych świadczy też o wysokiej wartości naukowej tych prac oraz aktualnych i interesujących wynikach badań. Ponadto, Habilitantka jest również autorem licznych doniesień na konferencjach międzynarodowych i krajowych, zaprezentowanych w formie komunikatów ustnych (55) i komunikatów posterowych (171). Wygłosiła 4 wykłady na zaproszenie, 15 referatów na konferencjach międzynarodowych, 9 na konferencjach krajowych, 16 na seminariach instytutowych IKiFP PAN w Krakowie. Sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania (*Impact Factor*) czasopiśmie, w których okazały się publikacji Habilitantki według listy *Journal Citation Report* wynosi 258,756. Liczba cytowań wszystkich prac wg bazy Scopus wynosi 1069 cytacji (935 bez autocytowań). Indeks Hirscha opublikowanych prac wynosi 19. Wskaźniki te świadczą o wysokiej wartości naukowych publikacji Habilitantki i współautorów oraz zainteresowaniu nimi w międzynarodowym środowisku naukowym. Ponadto jest Ona autorem 2 patentów, co podkreśla aplikacyjną wartość prowadzonych badań.

Pani dr Małgorzata Zimowska w ramach organizacji badań naukowych aktywnie i owocnie współpracuje z innymi ośrodkami naukowymi krajowymi i zagranicznymi. Zwłaszcza takimi jak: Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN w Krakowie, Laboratorium Analitycznej Mikroskopii Elektronowej (TEM/HRTEM); Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN w Krakowie; Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie; Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej; Wydział Chemii, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie; Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, AGH w Krakowie; Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie; Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia; Fritz Haber Institute of the Max Planck Society, Berlin, Germany. Efektem współpracy były wspólne projekty badawcze a uzyskane w ramach współpracy wyniki badań były prezentowane na konferencjach międzynarodowych oraz opublikowane w renomowanych czasopiśmie naukowych z listy JCR. W ramach współpracy odbyła też staży naukowe m.in. w Laboratorium Analitycznej Mikroskopii Elektronowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie po opieką profesor Lidii Lityńskiej-Dobrzyńskiej oraz w Fritz-Haber Institute der Max Planck Gesellschaft, Department of Inorganic Chemistry, w Berlinie. Przebywanie na stażach naukowych umożliwiło Habilitantce pogłębienie Jej wiedzy z przedmiotu badań oraz nowych technik badawczych.

Pani dr Małgorzata Zimowska bierze aktywny udział w poszukiwaniu i realizacji projektów badawczych. Brała udział w realizacji 27 projektów naukowych, w tym 14 projektów finansowanych w drodze konkursów zagranicznych oraz 13 w drodze konkursów krajowych. Pełniła obowiązki kierownika jednego grantu KBN oraz 5 grantów międzynarodowych. Zwłaszcza, była Liderem, koordynatorem oraz głównym wykonawcą merytorycznym w polsko-norweskim projekcie badawczym „*Synthesis and functionality of innovative Porous Clay hybrid nanostructures*” finansowanym przez NCBiR pod kryptonimem „Sgs FUNClay”. Realizacja tego projektu przyczyniła się do zaprojektowania i stworzenia przez Habilitantkę Laboratorium Syntezy. Była koordynatorem czterech projektów bilateralnych, w tym projektu NAWA, współ-koordynatorem pakietu WP5 w 6. Programie Ramowym UE w projekcie EC 6th FP NMP2-011730-2 IDECAT. W roli głównego

wykonawcy uczestniczyła w realizacji projektów w ramach Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych "Nowoczesne technologie materiałowe" - TECHMATSTRATEG oraz w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Wyznaniem profesjonalizmu dr Małgorzaty Zimowskiej jest zapraszanie Jej do recenzowania manuskryptów podawanych do czasopism w bazy *Journal of Citation Report m.in.* Applied Clay Science, Microporous & Mesoporous Materials, Clays and Clay Minerals, Materials Letters, Langmuir, Catalysis Letters, Energy & Fuels, Journal of Catalysis and Mineralogy. Za swoje osiągnięcia naukowe Pani dr Małgorzata Zimowska wielokrotnie (2021, 2020, 2018, 2014, 2013, 2012) była odznaczona Nagrodą naukową przez Dyrektora IKiFP PAN oraz Nagrodą zespołową II-go stopnia Rektora UJ za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2002/2003, 2001/2002 na Wydziale Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Podsumowując całość dorobku naukowego stwierdzam, że jest on wartościowym zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym i świadczy o aktywnej naukowej działalności Pani dr Małgorzaty Zimowskiej. Należy również podkreślić, aktualność, wartościowość oraz innowacyjność prac Habilitantki zarówno w zakresie naukowo-badawczym jak i aplikacyjnym.

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, zgodne z art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 ze zm.), Pani dr Małgorzata Zimowska wskazała cykl 7 spójnych monotematycznych publikacji pt. „Funkcjonalizowane porowate materiały hybrydowe na osnowie krzemianów warstwowych do procesów katalitycznych zrównoważonego rozwoju” opublikowanych latach 2011 – 2022. Publikacje prezentują rezultaty oryginalnych badań eksperymentalnych. Prace opublikowano w dobrych renomowanych czasopismach naukowych z bazy *Journal of Citation Report (JCR): Applied Surface Science* (IF = 7,392), *Applied Clay Science* (IF = 4,605), *Journal of Physical Chemistry C* (IF = 4,309), *Microporous and Mesoporous Materials* (IF = 3,615), *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* (IF = 4,211), *Surface and Interface Analysis* (IF = 1,132), *Journal of Colloid and Interface Science* (IF = 3,223). Dr Małgorzata Zimowska jest pierwszym autorem i autorem korespondującym w sześciu publikacjach z cyklu habilitacyjnego. Wszystkie prace z cyklu są wieloautorskie z wiodącym udziałem Habilitantki co wynika z dołączonych w dokumentacji oświadczeń współautorów. Należy też podkreślić, że akceptowanie prac do druku w tak uznanych profilowych czasopismach naukowych świadczy o wysokim ich poziomie naukowym oraz wartościowych wynikach badań. Sumaryczny IF czasopism w których opublikowane były prace cyklu wynosi 28,487. Na podstawie bazy danych Scopus (na dzień 18.08.2023) sumaryczna liczba cytowań tych prac wnosila 88. Największym zainteresowaniem (największa liczba cytowań) cieszą się dwie prace z cyklu habilitacyjnego. Oryginalna praca „*The continuous conversion of ethanol and water mixtures into hydrogen over Fe₂O₃/MoO₃ catalytic system -XPS and Mössbauer studies*” opublikowana w *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* (24 cytacja) oraz praca „*Alterations of the surface and morphology of tetraalkyl-ammonium modified montmorillonites upon acid treatment*” opublikowana w *Journal of Colloid and Interface Science* (24 cytacji).

Przedstawiony cykl publikacji można określić w całości jako dobrze sformułowane oraz konsekwentnie realizowane zadanie badawcze. Problematyka naukowa przedstawiona w ocenianym wniosku jest bardzo aktualna i znajduje się w trendzie rozwoju metod projektowania i syntezy innowacyjnych katalizatorów o zadanych właściwościach katalitycznych „*smart material design*”. Nadrzędnym celem prowadzonych badań było opracowanie metod syntezy nowych funkcjonalizowanych porowatych heterostruktur kompozytów typu PCH (*Porous Clay Heterostructures*) na osnowie Laponitu (połączenia

właściwości krystalicznego fyllokrzemianu i amorficznej, mezoporowatej krzemionki) o zaprojektowanej specyfikacji właściwości katalitycznych i sorpcyjnych, charakteryzacja ich właściwości fizyko-chemicznych a także zjawisk towarzyszących badanym procesom katalitycznym czy sorpcyjnym. W zakresie zadań badawczych Habilitantki było także wyjaśnienie mechanizmów przekształceń strukturalnych w syntezowanych katalizatorach, określenie roli synergizmu fazy aktywnej katalizatora a mineralnego nośnika oraz możliwości kontrolowanego indukowania w katalizatorach właściwości kwasowych, zasadowych bądź redoksowych pod wpływem różnych stosowanych form aktywacji (chemicznej, mechano-chemicznej, hydrotermalnej oraz promieniowaniem mikrofalowym) podczas ich syntezy. Celem prowadzonych badań było również określenie predyspozycji syntezowanych kompozytów do wykorzystania w środowiskowych procesach katalitycznych, w szczególności do produkcji czystej energii w reakcji reformingu bio-etanolu do wodoru, rozkładu lotnych związków organicznych w reakcji całkowitego spalania toluenu oraz w procesach sorpcji CO₂ w celu zmniejszenia emisji jednego z gazów cieplarnianych. W metodologii badawczej Habilitantki można także wyróżnić komplementarne podejście korelacji właściwości strukturalno-powierzchniowych z właściwościami katalitycznymi heterostruktur otrzymanych kompozytów, ze zjawiskami i procesami zachodzącymi na granicy faz w układach katalitycznych. Do opisu zmian zachodzących w syntezowanych kompozytach wykorzystano szereg właściwie dobranych metod instrumentalnych (metody spektroskopowe, mikroskopowe, dyfrakcyjne, sorpcyjne) oraz metody obliczeniowe (DFT).

W prezentowanym cyklu prac wniosku habilitacyjnego można wyróżnić kilka tematycznie powiązanych wątków badawczych:

1. Badania właściwości strukturalnych i reaktywności katalitycznej porowatych heterostruktur kompozytów minerałów ilastych PCH w zależności od specjacji domieszkowanego Fe oraz określenie czynników wpływających na specjację wprowadzanego żelaza warunkujących reaktywność katalityczną:

- ✧ Opracowanie nowej metody funkcjonalizacji kompozytów mineralnych PCH poprzez inkorporację żelaza na drodze post-syntezy w warunkach hydrotermalnych z wykorzystaniem nieorganicznego i metaloorganicznego prekursora żelaza. Wyniki badań wykazały, że domieszkowanie z formy metaloorganicznej powoduje wbudowanie Fe w sieć tetraedrycznej, amorficznej krzemionki w znacznie większym stopniu niż przy zastosowaniu nieorganicznego prekursora żelaza zwiększając ilość centrów kwasowych, natomiast użycie nieorganicznego prekursora skutkuje generowaniem form tlenkowych, głównie α -Fe₂O₃ na powierzchni kompozytów PCH przy tym warunki hydrotermalne zapewniają lepszą ich dyspersję na powierzchni nośnika.
- ✧ Badanie wpływu warunków domieszkowania na transformacje kompozytów PCH. Wykazano zmiany form krystaliczności oraz dyspersji nanocząstek domieszkowanego żelaza, a także zmiany w strukturze porowatej PCH pod wpływem zmian warunków hydrotermalnych. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że polimorfizm tlenków Fe (α -Fe₂O₃ i Fe₃O₄) powstałych na nośnikach PCH skutkuje wysoką aktywnością katalityczną rozkładu toksycznego toluenu do CO₂ i wody w reżimie niskich temperatur.

2. Badania możliwości zastosowania kompozytów Fe-PCH w reakcji reformingu parowego bio-etanolu do produkcji wodoru.

- ✧ Badania reaktywności syntezowanych kompozytów i zwłaszcza nanostruktur Fe-O w reakcji reformingu bio-etanolu do produkcji wodoru. Uzyskane wyniki wykazały, że selektywność syntezowanych katalizatorów zależy od specjacji żelaza na powierzchni nośników, a nukleacja nanokryształów α -Fe₂O₃ korzystnie wpływała na generowanie wodoru. Wykryto, że wprowadzanie Fe na powierzchnie nośnika PCH z wykorzystaniem

metody hydrotermalnej generuje lekko zasadowy charakter powierzchni kompozytu i wpływa na przesunięcie ścieżki reakcji w kierunku produkcji H_2 .

3. Badania możliwości optymalizacji właściwości zasadowych porowatych kompozytów PCH otrzymanych na osnowie Laponitu do sorpcji CO_2 .

- ✧ Przeprowadzono badania możliwości aktywacji kompozytów PCH pod wpływem promieniowania mikrofalowego w celu generacji nowych centrów zasadowych na powierzchni PCH do sorpcji CO_2 . Wykryto, że zastosowanie mikrofali skutkuje największą intensyfikacją wymywania kationów Mg^{2+} z warstwy oktaedrycznej, ich wymuszoną migracją do powierzchni z formowaniem się nanostruktur MgO o wysokiej dyspersji generujących nowe centra zasadowe o wysokim powinowactwie do CO_2 .

Do najważniejszych osiągnięć Habilitantki można zaliczyć:

- ✧ Opracowanie nowej metody funkcjonalizacji porowatych heterostruktur minerałów ilastych PCH polegającej na inkorporacji żelaza na drodze post-syntezy w warunkach hydrotermalnych i wykazanie, że wybór prekursora żelaza jest kluczowym czynnikiem wpływającym na kontrolowane formowanie się powierzchniowych nanostruktur Fe oraz substytucję Fe w tetraedryczne pozycje amorficznej sieci kompozytu Fe-PCH.
- ✧ Wykrycie, że domieszkowanie PCH z formy metaloorganicznej powoduje wbudowanie Fe do sieci tetraedrycznej amorficznej krzemionki w znacznie większym stopniu niż przy zastosowaniu nieorganicznego prekursora żelaza zwiększając tym samym ilość centrów kwasowych, co wpływa na wzrost aktywności w katalitycznym rozkładzie bio-etanolu.
- ✧ Wykazanie wpływu specjacji Fe i komponenty mineralnej w katalizatorach żelazowych na aktywność w reakcji reformingu bio-etanolu do produkcji wodoru, zwłaszcza, że nukleacja nanokryształów $\alpha-Fe_2O_3$ korzystnie wpływała na generowanie wodoru.
- ✧ Opracowanie nowej metody modyfikacji porowatych heterostruktur mineralnych PCH z zastosowaniem aktywacji pod wpływem promieniowania mikrofalowego skutkującą wygenerowaniem nowych centrów zasadowych na powierzchni PCH do sorpcji CO_2 . Aktywacja PCH z zastosowaniem mikrofali prowadzi do uzyskania materiałów o najbardziej efektywnych właściwościach sorpcyjnych CO_2 spośród badanych sorbentów.
- ✧ Wykazanie, że funkcjonalizacja heterostruktur PCH powoduje auto-transformacji strukturalne w obrębie komponenty mineralnej, i prowadzi do generowania nowych centrów zasadowych, aktywnych w sorpcji CO_2 , wielokrotnie zwiększając pojemność sorpcyjną kompozytu.

Podsumowując, bardzo pozytywnie oceniam osiągnięcie naukowe dr Małgorzaty Zimowskiej. Stwierdzam, że oceniany cykl publikacji zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego ma wielkie znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Podkreślam, że przeprowadzone badania posiadają wymagany aspekt nowości naukowej oraz wnoszą istotny wkład w dziedzinie współczesnych nauk chemicznych w zakresie rozwoju nowatorskich metod racjonalnego projektowania i syntezy innowacyjnych katalizatorów o zadanych właściwościach katalitycznych „*smart material design*”. Takie materiały są zapotrzebowane w innowacyjnych procesach katalitycznych produkcji wodoru jako substancji ekologicznie czystej energii, rozkładu toksycznych lotnych związków organicznych oraz w procesach sorpcji dwutlenku węgla w celu zmniejszenia jego emisji do atmosfery jako jednego z głównych gazów cieplarnianych. Aplikacyjność zaprezentowanych prac Habilitantki potwierdza obecność w dorobku naukowym patentów.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr Małgorzata Zimowska aktywnie uczestniczy w procesie dydaktycznym mimo to, że jest zatrudniona w instytucie badawczym. Prowadzi Ona wykłady oraz praktyczne zajęcia specjalizacyjne nt. „Zastosowania elektronowej mikroskopii skaningowej w badaniach morfologii powierzchni” dla studentów studiów stacjonarnych, II-go stopnia AGHw

Krakowie. Prowadziła też wykłady nt. „Zastosowania elektronowej mikroskopii skaningowej i transmisyjnej (SEM, TEM) w badaniach ciał stałych” dla doktorantów w IKiFP PAN. Ponadto, prowadzi zajęcia dla studentów studiów stacjonarnych II-go stopnia Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, nt. „Zastosowanie elektronowej mikroskopii skaningowej w badaniach morfologii powierzchni” oraz zajęcia nt. „Zastosowania elektronowej mikroskopii skaningowej i transmisyjnej (SEM, TEM) w badaniach ciał stałych” dla doktorantów w IKiFP w ramach studium doktoranckiego. Była naukowym opiekunem pomocniczym dwóch prac magisterskich.

Dr Małgorzata Zimowska aktywnie angażuje się w działalność organizacyjną i popularyzację nauki. Na przestrzeni dziesięciu lat uczestniczyła w pracy Komitetu Organizacyjnego Ogólnopolskiego Kolokwium Katalitycznego. Brała czynny udział w organizowaniu 15 konferencji naukowych. W ramach popularyzacji nauki zajmuje przygotowaniem pokazów laboratoryjnych się w Dniach Otwartych IKiFP PAN, podczas Festiwalu Nauki w Krakowie. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Polskiego Klubu Katalizy, oraz Clay Minerals Society.

Podsumowanie

Po zapoznaniu się z dokumentami postępowania habilitacyjnego stwierdzam, że dr Małgorzata Zimowska posiada niezbędne kompetencje do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej, a Jej wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest w pełni uzasadniony. Uważam, że osiągnięcie naukowe oraz całokształt dorobku dr Małgorzaty Zimowskiej spełnia wymogi ustawowe (art. 219 ust. 1 pkt. 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.)). W związku z powyższym, wnoszę o nadanie dr Małgorzacie Zimowskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Toruń, 2023-09-18

