

Prof. dr hab. Halina Kaczmarek
Katedra Chemii Biomedycznej i Polimerów
Wydział Chemii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
87-100 Toruń, ul. Gagarina 7
E-mail: halina@umk.pl, tel. (56) 611 4312

Toruń, 23.05.2022.

**Ocena dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego dr inż. Ireny Jacukowicz-Sobali z Katedry Technologii Chemicznej Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne**

Sylwetka Kandydatki

Dr inż. Irena Jacukowicz-Sobala ukończyła studia magisterskie na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej w 2001 r. broniąc pracy magisterskiej pt.: „Badanie skuteczności oczyszczania ścieków przez adsorbenty otrzymane z odpadów organicznych”. W 2010 r. uzyskała stopień doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej, na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach na podstawie rozprawy: „Badania nad usuwaniem Cr(VI) z wód za pomocą materiałów hybrydowych zawierających tlenki żelaza otrzymanych na bazie reaktywnych polimerów”, której promotorem była prof. dr hab. inż. Elżbieta Kociołek-Balawejder.

W r. 2002 została zatrudniona jako asystent w Katedrze Technologii Chemicznej Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, gdzie w 2012 r. awansowała na stanowisko adiunkta i gdzie pracuje do dzisiaj.

Zarówno tytuły rozpraw jak i publikacji naukowych przedstawionych jako osiągnięcie habilitacyjne, a także tych spoza habilitacji wskazują na konsekwentne zainteresowania naukowe Autorki, związane z pozyskiwaniem nowych materiałów przeznaczonych do skutecznego oczyszczania wody i badaniem procesów adsorpcji. Jej prace są interdyscyplinarne i wpisują się w aktualne trendy związane z chemią materiałów (w tym polimerów), chemią nieorganiczną, fizyczną, technologią wody i ochrony środowiska.

Za swoje osiągnięcia naukowo-badawcze Habilitantka była trzykrotnie uhonorowana nagrodami Rektora I i II stopnia (w 2016, 2020, 2021 r.) oraz nagrodą Rektora za osiągnięcia w kształceniu kadr (2020 r.).

W grudniu 2021 złożyła wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego wraz z wymaganymi załącznikami. Autoreferat jest napisany jasno i treściwie, zawiera wszystkie najważniejsze osiągnięcia. Do dokumentacji załączone zostały dodatkowo potwierdzenia o współpracy z innymi jednostkami, o wykonaniu ekspertyz, wygłoszeniu referatów oraz wnioski projektów Sonata i Sheng-2.

Ocena habilitacyjnego osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zatytułowane „Wielofunkcyjne kompozyty zawierające tlenki miedzi i żelaza otrzymywane na bazie wymienniczy anionowych, jako reagenty w procesach oczyszczania wody” składa się z 10 oryginalnych, spójnych tematycznie artykułów naukowych [H1-H10]. Oświadczenia współautorów o udziale wkładu pracy w publikacjach habilitacyjnych H1-H10

dowodzą dominującej roli dr inż. Ireny Jacukowicz-Sobali, polegającej na opracowaniu koncepcji badań, otrzymywaniu i charakteryzowaniu materiałów, badaniach adsorpcji, wyjaśnieniu mechanizmu obserwowanych procesów, interpretacji wyników badań, przygotowaniu manuskryptów oraz korekcie tekstów po recenzjach. W czterech pracach jest pierwszym autorem, a w ośmiu - autorem korespondencyjnym.

Tematyka podjętych badań jest związana ze skutecznym oczyszczaniem wody pitnej z zanieczyszczeń toksycznymi związkami, które nawet śladowych ilościach stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzi. Chociaż wykorzystanie jonitów w procesach uzdatniania i demineralizacji wody jest znane od wielu lat, wciąż poszukuje się nowych selektywnych lub uniwersalnych wymienniczy jonowych i adsorbentów, które oprócz wysokiej efektywności działania byłyby łatwe do regeneracji i jednocześnie nie obciążały środowiska naturalnego. Zaprojektowanie takich innowacyjnych materiałów musi się opierać na gruntownej wiedzy mechanizmów zachodzących procesów. Dlatego podjęcie tej tematyki naukowej jest istotne zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia.

Celem badań dr inż. Ireny Jacukowicz-Sobali było otrzymywanie hybrydowych wymienniczy jonowych na bazie anionitów polimerowych z dodatkiem tlenków miedzi i żelaza oraz badanie procesów adsorpcji związków arsenu w procesach dezynfekcji wody. Matrycą polimerową do osadzania tlenków metali wybrany został usieciowany poli(styren-co-diwinylbenzen), (S/DWB), zawierający jonowe grupy funkcyjne. Formułując cel swojej pracy, Autorka opierała się na wcześniejszych doświadczeniach związanych z otrzymywaniem i działaniem reaktywnych materiałów organiczno-nieorganicznych oraz doniesieniach literaturowych. Realizacja tego celu obejmowała kilka etapów, począwszy od syntezy hybrydowych jonitów, poprzez określenie wpływu warunków reakcji na strukturę i właściwości układów, badanie procesów adsorpcji i/lub utleniania arsenianów(III) (a więc skuteczności oczyszczania wody) i ocenę aktywności biologicznej uzyskanych materiałów.

W pracy H1 zastosowano metodę wytrącania wodorotlenku żelaza, przekształconego następnie do tlenku żelaza w kopolimerze S/DWB modyfikowanym grupami N-halogenosulfonamidowymi. Zbadano strukturę otrzymanych układów, wyznaczono wpływ obcych jonów i optymalny zakres pH na efektywność usuwania arsenianów (III) i (V), opracowano model kinetyczny oraz sposób regeneracji jonitu. Ograniczenie dobrych właściwości sorpcyjnych obserwowano w obecności jonów fosforanowych(V).

Modyfikacja ww. układu polegała na otrzymaniu utleniającej formy anionitu S/DWB zawierającego czwartorzędowe grupy amoniowe i jony chlorkowe, które zostały wymienione na jony manganianu(VII) [H2]. Dzięki takiemu podejściu, w wyniku reakcji redoks, układ został wzbogacony w tlenki żelaza(III) i manganu(IV). Zniwelowało to niekorzystny wpływ jonów siarczanowych(VI) podczas usuwania związków arsenu(V) ale wystąpiła destrukcja mechaniczna i pogorszenie właściwości hydraulicznych, co skłoniło Habilitantkę do dalszych poszukiwań.

W kolejnej pracy [H3] opisano jonit z osadzonym tlenkiem miedzi(II), który otrzymano oryginalną metodą polegającą na wprowadzaniu w pierwszym etapie jonów CuCl_4^{2-} . Następnie, w procesie wymiany jonowej w odpowiednich warunkach, uzyskano CuO zdeponowany w dużej ilości głównie na powierzchni ziaren polimeru. Ten materiał charakteryzował się korzystnymi właściwościami adsorpcyjnymi wobec związków arsenu, badanymi w systemie kolumnowym, w dodatku zachodziło utlenianie As(III) do As(V) [H4]. Jednak niezadowolająca była zdolność sorpcyjna w badaniach równowagowych.

Następnym zrealizowanym pomysłem było otrzymanie i scharakteryzowanie jonitu S/DWB z dwoma zdeponowanymi tlenkami: Fe(III) i Cu(II) [H5]. Korzystną metodą otrzymywania było ich jednoczesne współstrącanie z wprowadzonych do polimeru CuCl_4^{2-}

i FeCl_4^{2-} . Wykazano efekt synergiczny obu tlenków metali zlokalizowanych głównie w warstwach powierzchniowych granulek. Stwierdzono też, że pełniły one funkcję katalityczną w utlenianiu arsenianów(III).

Dwie spośród przedstawionych publikacji [H6, H7] poświęcone zostały opracowaniu układów o dodatkowych właściwościach antybakteryjnych dzięki obecności związków miedzi. Metodyka otrzymywania polegała na zastosowaniu różnych wariantów syntezy i odpowiednich warunków (temperatura, pH, czas reakcji, kolejność dodawania odczynników). Uzyskane materiały zostały scharakteryzowane pod kątem struktury chemicznej, porowatości i dystrybucji depozytów miedziowych w granulkach kopolimeru S/DWB.

Badania mikrobiologiczne, potwierdzające właściwości antybakteryjne tych jonitów, zostały przedstawione w pracy H8. Działanie przeciwdrobnoustrojowe było efektem synergicznym obu składników – związków miedzi i matrycy polimerowej zawierającej czwartorzędowe grupy amoniowe. Ważnym wnioskiem było stwierdzenie dużego wpływu porowatości polimeru hybrydowego na aktywność biologiczną.

Dwie ostatnie prace [H9 i H10] koncentrują się na otrzymywaniu anionitów z osadzonym tlenkiem miedzi(I). W tym celu przeprowadzono redukcję wprowadzonego do polimeru $\text{Cu}(\text{OH})_2$ [H9] lub CuCl_4^{2-} [H10] stosując bezpieczne dla środowiska reduktory: kwas askorbinowy i glukozę w roztworach o różnym pH. W przypadku użycia $\text{Cu}(\text{OH})_2$ jako prekursora, oprócz Cu_2O , zaobserwowano też powstawanie niewielkich ilości CuO oraz Cu^0 , co wyjaśniono zachodzeniem reakcji ubocznych lub dysproporcjonowania. Takie materiały hybrydowe mogą mieć właściwości (foto)katalityczne w reakcjach rozkładu substancji zanieczyszczających wodę. Natomiast zastosowanie CuCl_4^{2-} prowadzi jedynie do Cu_2O , który przyjmuje różne formy w zależności od warunków procesu.

Reasumując, przedstawione prace stanowią logiczny ciąg badań nad jonitami modyfikowanymi za pomocą tlenków metali w celu oczyszczania wody. Świadczy to o umiejętności formułowania i rozwiązywania problemów badawczych przez Autorkę. Otrzymane materiały zostały scharakteryzowane różnorodnymi metodami takimi jak spektroskopia FTIR, Ramana, Mössbauera, XRD, XPS, SEM i EDS. Określono porowatość – wyznaczano izotermy adsorpcji azotu, wykonano badania adsorpcji jonów arsenu (również w obecności innych jonów), w tym badania kinetyczne, a także mikrobiologiczne. Zwrócono również uwagę na możliwość regeneracji eksploatowanych materiałów. Metodyka stosowana w realizacji prac wskazuje na dobre opanowanie warsztatu badawczego i nowoczesnych metod instrumentalnych przez Habilitantkę. Na podstawie wykonanych badań przeprowadzono wnikliwą analizę i prawidłową interpretację wyników, co zaowocowało publikacjami w bardzo dobrych czasopismach z listy JCR. Szczególnie wyróżniają się tu 2 prace [H4, H5] w czasopiśmie o wysokim współczynniku oddziaływania - *J. Hazard. Mater.* ($\text{IF} \cong 10$; 200 pkt MEN).

Za najważniejsze osiągnięcia wnoszące istotny wkład do wiedzy o jonitach uznaję otrzymanie i scharakteryzowanie innowacyjnych materiałów na bazie kopolimeru S/DWB z dodatkiem różnych tlenków metali, w szczególności opracowanie szczegółowych warunków ich syntezy, określenie struktury i zdolności sorpcyjnych w zależności od składu materiału hybrydowego, wyjaśnienie mechanizmów procesów zachodzących w jonitach oraz ocenę działania antybakteryjnego w układach zawierających związki miedzi.

Ocena pozostałych osiągnięć naukowych

Oprócz publikacji H1-H10, dr inż. Irena Jacukowicz-Sobala jest współautorką 17 prac naukowych (w tym 14 po doktoracie) w czasopismach o zróżnicowanym współczynniku oddziaływania. Jedną z tych prac jest monoautorska (*Przemysł Chemiczny*, 2009).

Wspólnie z prof. E. Kociołek-Balawejder, Habilitantka opracowała rozdział *Metody spektroskopowe w badaniach struktury polimerów hybrydowych zawierających tlenki żelaza* w monografii: *Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości*, red. Zbigniew Hubicki, wyd. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 2011.

Uczestniczyła też czynnie w konferencjach naukowych prezentując wyniki badań własnych w postaci komunikatów, posterów i referatów na zaproszenie (2). Przedstawiona lista obejmuje 9 konferencji (w tym 3 przed doktoratem). Cztery spośród nich to konferencje międzynarodowe.

Dr inż. Irena Jacukowicz-Sobala może się poszczycić współpracą naukową z kilkoma innymi jednostkami naukowymi, a mianowicie z:

- Wydziałem Chemicznym Uniwersytetu Wrocławskiego,
- Instytutem Fizyki Doświadczalnej i Laboratorium Gruntoznawczym i Hydrochemicznym Uniwersytetu Wrocławskiego,
- Katedrą i Zakładem Mikrobiologii Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu,
- Katedrą Mechaniki i Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej Politechniki Wrocławskiej,
- Tianjin University of Technology (Chiny).

Tematyka badań z ww. jednostkami była różnorodna ale związana z głównym nurtem badawczym Habilitantki i zawsze udokumentowana kilkoma publikacjami. Interesująca i ważna, również z praktycznego punktu widzenia, była realizacja zagadnień dotyczących syntezy materiałów fotoaktywnych, fotokatalitycznych, a także bakteriobójczych.

W ramach współpracy międzynarodowej z Tianjin University of Technology przygotowano wnioski o grant NCN i NCFC (National Natural Science Foundation of China) w ramach polsko-chińskiego programu Sheng 2, który jednak nie uzyskał finansowania.

Kandydatka nie odbyła stażu zagranicznego, co stanowi pewien mankament w karierze młodego naukowca. Jednak trzeba stwierdzić, że o Jej rozpoznawalności na naukowej arenie światowej świadczą zaproszenia do wygłaszania referatów na konferencjach międzynarodowych (*International Caparica Conference on Pollutant Toxic Ions & Molecules*, Caparica, Portugalia w roku 2017 i 2021) oraz do recenzowania artykułów wysyłanych do renomowanych czasopism takich jak *React. Funct. Polym.* (Elsevier), *Desalination* (Elsevier), *Appl. Polym. Sci.* (Wiley & Sons), *Sci. Total Environ.* (Elsevier), *J. Environ. Chem. Eng.* (Elsevier), *J. Hazard. Mater.* (Elsevier), *Acc. Chem. Res.* (ACS), *Environ. Sci. Technol.* (ACS), *Chem. Eng. J.* (Elsevier), *Environ. Pollut.* (Elsevier), *Appl. Organomet. Chem.* (Wiley & Sons), czy *Sep. Sci. Technol.* (Taylor and Francis). W sumie wykonała 31 takich recenzji.

Dane bibliometryczne

Z przedstawionych danych wynika, że dr inż. Irena Jacukowicz-Sobala jest (współ)autorem 27 prac indeksowanych oraz 1 rozdziału monograficznego. Sumaryczny wskaźnik oddziaływania tych prac IF = 76,793.

Całkowita liczba cytowań wynosi wg Scopus - 389, wg Web of Science – 331 (bez autocytowań odpowiednio 306 i 274). Liczba punktów MEN do roku 2018 – 432, a od roku 2019 – 1050.

Indeks Hirscha wynosi wg Scopus – 9, wg Web of Science – 10.

Moim zdaniem ilościowy dorobek naukowy jest przeciętny ale w zupełności wystarczający do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Ocena pracy dydaktycznej i kształcenia kadr

Dr inż. Irena Jacukowicz-Sobala prowadziła różnorodne zajęcia ze studentami. Były to wykłady: Zielona chemia, Podstawy wiedzy o kosmetykach; zajęcia projektowe i seminaryjne - Projektowanie Inżynierskie i Technologiczne, Badania w obszarze zarządzania i inżynierii; zajęcia laboratoryjne: Wybrane zagadnienia z technologii przemysłu chemicznego, Wybrane zagadnienia z ochrony środowiska, Chemia środowiska, Fizykochemiczne metody w ochronie środowiska, Ekologia i zarządzanie środowiskiem, Technologia nieorganiczna; seminaria dyplomowe. Wskazuje to na Jej duże doświadczenie dydaktyczne.

Ponadto była promotorem 10 prac inżynierskich (7 prac teoretycznych i 3 prac doświadczalnych).

Jest też autorem dwóch rozdziałów w skryptach przeznaczonych dla studentów:

- „Elektrochemia” w: „Technologia chemiczna nieorganiczna – wybrane zagadnienia”, red. Elżbieta Kociołek-Balawejder, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław 2013;
- „Właściwości tworzyw sztucznych” w: „Technologia chemiczna organiczna – wybrane zagadnienia”, red. Elżbieta Kociołek-Balawejder, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław 2013.

W latach 2012-2016 Habilitantka sprawowała funkcję opiekuna specjalności Zarządzanie i inżynieria ochrony środowiska i była członkiem Wydziałowej Komisji Dydaktycznej.

Podczas Dolnośląskiego Festiwalu Nauki (w 2005r.) prowadziła zajęcia laboratoryjne dla uczniów szkół podstawowych i średnich pt. „Czym gasić pragnienie?”, ma więc też zasługi w popularyzowaniu nauki.

Ten aspekt aktywności Habilitantki oceniam bardzo pozytywnie.

Ocena pracy organizacyjnej i współpracy z otoczeniem gospodarczym

W latach 2012-2016 oraz od 2020 r. Habilitantka uczestniczyła w pracach Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

Była też wykonawcą grantu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego *Usuwanie mikroilości arsenu z wód z wykorzystaniem reaktywnych polimerów* (w latach 2009 – 2012).

W 2011 roku brała udział w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (Priorytet 1 „Badania i rozwój nowoczesnych technologii”). Efektem prac była monografia „Identyfikacja potencjału i zasobów Dolnego Śląska w obszarze Nauka i Technologie na rzecz poprawy jakości życia oraz wytyczne przyszłych kierunków rozwoju”.

W latach 2014-2016 współpracowała z Zakładem Uzdatniania Wody „Na Grobli” we Wrocławiu badając możliwość wykorzystania osadów z procesów uzdatniania wody pitnej do otrzymywania adsorbentów związków toksycznych (zawierających arsen i chrom).

Do osiągnięć organizacyjnych Habilitantki należy zaliczyć członkostwo w Komitecie Organizacyjnym konferencji EkoChemTech'03 Zielona Chemia we Wrocławiu w r. 2003 oraz przygotowanie i wydanie materiałów konferencyjnych oraz pokonferencyjnych (monografia „*Zielona Chemia*” pod redakcją Romualda Bogoczka).

Podsumowanie

Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcia naukowe i pozostały dorobek dr inż. Ireny Jacukowicz-Sobali spełniają wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie

wyższym i nauce”. Tematyka naukowa stanowiąca podstawę wniosku jest bardzo istotna z poznawczego punktu widzenia i ma wpływ na rozwój nauk chemicznych, w szczególności dostarcza wiedzy o strukturze i działaniu nowych hybrydowych jonitów, a także obejmuje ważne praktyczne aspekty związane z uzdatnianiem wody.

Kandydatka jest doświadczonym nauczycielem akademickim, angażuje się we współpracę z otoczeniem gospodarczym, podejmuje wysiłki związane z aplikowaniem o granty zewnętrzne.

W celu rozwinięcia tematyki badawczej sugerowałabym nawiązanie szerszej współpracy międzynarodowej w przyszłości, co zwykle inspirowało do podejmowania nowych wyzwań naukowych.

Podsumowując, moja ocena dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego dr inż. Ireny Jacukowicz-Sobali jest pozytywna, zatem składam wniosek do Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o dopuszczenie Jej do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

H. Kaczmarski