



Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej
Wydział Chemiczny, Politechnika Rzeszowska



Prof. dr hab. inż. Dorota Antos – kierownik Katedry
Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów
tel. (+48 17) 865 18 53, email:
dorota.antos@prz.edu.pl

Rzeszów 26.06.2025

Opinia

dorobku naukowym i rozprawie habilitacyjnej dr inż. Patrycji Makoś-Chełstowskiej

Sylwetka Habilitantki

Pani dr inż. Patrycja Makoś-Chełstowska studiowała na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej. Studia I stopnia inżynierskie odbyła na kierunku Technologia Chemiczna w ramach specjalności Analityka Techniczna i Przemysłowa i uzyskała tytuł inżyniera w 2013. Studia II stopnia magisterskie odbyła na kierunku Technologia Chemiczna w ramach tej samej specjalności i uzyskała tytuł magistra inżyniera w 2014 r. Kontynuowała naukę na studiach doktoranckich Politechniki Gdańskiej uzyskując tytuł doktora nauk technicznych w 2018 roku w dyscyplinie naukowej technologia chemiczna, na podstawie obronionej rozprawy doktorskiej pt.: „*Nowe metodyki kontroli procesowej oczyszczania silnie zanieczyszczonych, alkalicznych ścieków przemysłowych.*” Promotorem pracy był dr hab. inż. Grzegorz Boczkaj. Od 2019 r. do chwili obecnej jest zatrudniona na stanowisku adiunkta w Katedrze Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej.

Ocena osiągnięcia naukowego

Rozprawa habilitacyjna dr inż. Patrycji Makoś-Chełstowskiej stanowi cykl powiązanych ze sobą tematycznie 17 publikacji [H1 - H17], opublikowanych w krótkim czasie w latach 2020-2024 w czasopismach z listy JCR, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. Cykl ten Habilitantka definiuje jako: „*Projektowanie, charakterystyka i*

zastosowanie cieczy (głęboko) eutektycznych jako nowych mediów sorpcyjnych w oczyszczaniu paliw, biopaliw i surowców do ich produkcji oraz pozostałości"

Habilitantka ukierunkowała swoje zainteresowania naukowe na alternatywne rozpuszczalniki organiczne określane jako "zielone". Aby spełniać standardy tzw. zielonej chemii i zielonej inżynierii, "zielone rozpuszczalniki" cechują się pochodzeniem ze źródeł odnawialnych, prostym i bezodpadowym procesem syntezy, niską toksycznością dla środowiska, wysoką biodegradowalnością, stabilnością struktury, możliwością recyklingu, niską lotnością, skutecznością w zastosowaniach i stosunkowo niską ceną.

Do niedawna za przyszłość zielonych rozpuszczalników uważane były ciecze jonowe (ILs). Jednak ILs nie spełniły wszystkich ww. oczekiwań, takich jak: niska toksyczność, niska biodegradowalność, niskie koszty wytwarzania i kilka innych kryteriów. W ostatnim czasie popularność zaczęły zdobywać alternatywne do ILs ciecze eutektyczne (ES) oraz ciecze głęboko eutektyczne (DES).

Badania opisane przez Habilitantkę w cyklu publikacji dotyczą dwóch kierunków:

1. projektowania, otrzymywania, charakterystyki ES i DES,
2. zastosowania ES i DES jako nowych mediów sorpcyjnych i ekstrakcyjnych w technikach separacyjnych, głównie do separacji składników paliw, biopaliw, oraz surowców do ich otrzymywania oraz pozostałości.

Przedstawione w punkcie 2 osiągnięcia naukowe dotyczyły różnych zastosowań rozpuszczalników DES i mieszanin eutektycznych, w tym:

- jako absorbentów do usuwania lotnych związków organicznych (LZO) z biogazu [H1 – H8],
- jako modyfikatorów adsorbentów do usuwania LZO z biogazu [H9-H10],
- jako rozpuszczalników ekstrakcyjnych do separacji inhibitorów fermentacji z hydrolizatów i brzeczek pofermentacyjnych [H11-H14],
- jako modyfikatorów gąbek do separacji ropy naftowej i wody [H15-H17].

Rezultaty badań zostały opublikowane w dobrych i bardzo dobrych czasopismach naukowych. Po analizie dorobku naukowego Habilitantki mogę stwierdzić, że rezultaty badań zaprezentowane w cyklu publikacji stanowią istotny wkład w rozwój współczesnej chemii rozpuszczalników ES oraz DES, łącząc innowacyjne podejścia w zakresie zastosowania surowców pochodzenia naturalnego z aktualnymi trendami związanymi ze zrównoważonym rozwojem. Proponowane strategie syntezy funkcjonalnych polimerów o dobrze kontrolowanej strukturze nie tylko odpowiadają na potrzeby środowiskowe,

lecz także rozszerzają możliwości ich praktycznego zastosowania w różnych obszarach technologii, takich jak procesy rozdzielania mieszanin służących do ochrony atmosfery i wód gruntowych poprzez efektywne oczyszczanie ścieków, czy też w zakresie ratowania środowiska w przypadku katastrof związanych z wyciekiem produktów ropopochodnych.

Z uwagi na wysoki poziom innowacyjności zarówno opracowanych koncepcji, w zakresie otrzymanych rozpuszczalników, a także na dostarczenie nowych, istotnych informacji dotyczących ich zastosowania, należy stwierdzić, że zaprezentowane osiągnięcia badawcze mają znaczący wpływ na rozwój nauk inżynieryjno-technicznych, w szczególności w obrębie szeroko pojętej dyscypliny inżynierii chemicznej.

Ponieważ publikacje są zespołowe oceniam zatem udział autorski Habilitantki. W przedstawionym do oceny cyklu publikacji jest on istotny, figuruje ona jako autorka korespondencyjna we wszystkich 17 publikacjach. Oświadczenia współautorów opublikowanych pracy publikacji potwierdzają dominujący udział Habilitantki w ich powstawaniu.

Jedyną słabą stroną naukową wniosku jest opis zjawisk transportu masy, szczególnie w przypadku procesów opartych na adsorpcji. Wskazuje on na słabą znajomość podstaw transportu masy i termodynamiki badanych procesów. Poniżej podaję przykłady nieścisłych lub nieprawidłowych sformułowań.

Str. 12, (opis publikacji H1) *"Przeanalizowano wpływ natężenia przepływu gazu oraz objętości absorbentu na efektywność usuwania LZO, wykazując, że optymalne natężenie przepływu wynosi 50 mL/min. Stwierdzono również, że większa objętość cieczy eutektycznej prowadziła do zwiększenia zdolności absorpcyjnych, co wynikało z wydłużonego czasu kontaktu pomiędzy fazą gazową a ciekłą."*

Wartość 50 mL/min może być optymalna tylko dla konkretnych wymiarów kolumny. Optymalna masa cieczy eutektycznej zależy od masy zanieczyszczeń, które ma pochłoniąć, od termodynamiki tego procesu i od warunków hydrodynamicznych.

Na str. 22 Kandydatka pisze: *"Wyższe natężenia przepływu modelowego gazu powodowały skrócenie czasu przebiegu złoza, co wynikało z ograniczonego czasu kontaktu pomiędzy zanieczyszczeniami a powierzchnią adsorbentu, co z kolei utrudniało efektywną dyfuzję w porach adsorbentu. Podobny efekt zaobserwowano przy zwiększeniu stężenia zanieczyszczeń w gazie wlotowym. Wyższe stężenie prowadziło do szybszego zajmowania miejsc aktywnych na powierzchni adsorbentu, co również skutkowało skróceniem czasu przebiegu złoza."*

Prędkość przemieszczania się frontu adsorpcji (krzywej przebiecia) zależy od przebiegu izotermy, czyli ma podłoże termodynamiczne, a nie kinetyczne. Kinetyka transportu masy determinuje jedynie rozmycie krzywej, ale nie wpływa na czas wyjścia jej „środka ciężkości”. W żadnej z prac przedstawionych do oceny nie znalazłam wyników pomiarów izotermy. Dla różnego stężenia substancji adsorbowanej z płynu szybkość frontu sorpcji i wydajność procesu mogą być różne.

Cały fragment opisu wyników badań zawarty na stronie 24 również zawiera nieścisłości i nieprawidłowe określenia.

„Oznacza to, że procesy adsorpcji związków siarkoorganicznych zachodziły głównie poprzez adsorpcję jednowarstwową w procesie wymiany elektronów, a szybkość adsorpcji procesu zależała od pojemności adsorpcyjnej, a nie od stężenia adsorbentu [65,66].”

Adsorpcja jednowarstwową nie wyklucza braku związku pomiędzy stężeniem adsorbentu a szybkością procesu. Stężenie adsorbentu (substancji adsorbowanej) w płynie determinuje równowagę termodynamiczną, która zależy od przebiegu izotermy, oraz siły napędowej procesu, czyli kinetyki transportu masy. Nie wiem co Habilitantka miała na myśli pisząc o wymianie elektronów.

„(...) Na tej podstawie wykazano, że w procesie adsorpcji z użyciem modyfikowanych biosorbentów zachodziły dwa rodzaje dyfuzji: dyfuzja do filmu DES oraz dyfuzja wewnątrzcząsteczkowa. Otrzymana krzywa IPD wykazała trzy różne etapy adsorpcji, które zostały przedstawione schematycznie na Rys. 4. Początkowy etap obejmował interakcje między DES, a lotnymi związkami siarkoorganicznymi. Drugi etap charakteryzował się dyfuzją wewnątrzcząsteczkową, podczas której LZO migrowały do makroporów i większych mezoporów biosorbentu. Końcowy etap równowagi obejmował penetrację LZO do mniejszych mezoporów i mikroporów biosorbentu. Jednak ostatnia faza równowagi zachodziła stosunkowo szybko, wobec czego nie była etapem determinującym szybkość adsorpcji [67,68].”

Dyfuzja w adsorbencie nigdy nie zachodzi szeregowo, tzn. najpierw w makro-, potem mezo-, a potem mikro- porach, a raczej równolegle. Adsorpcja zachodzi głównie na powierzchni adsorbentu, zatem adsorbent musi wnikać do powierzchni zewnętrznej ziarna adsorbentu, następnie dyfundować do wnętrza porów i na powierzchni porów reagować z miejscami aktywnymi powierzchni. Długość drogi dyfuzji (do wnętrza ziarna) determinuje szybkość transportu masy w porach. Mniejsza średnica porów utrudnia a nie przyspiesza dyfuzję ze względu na zawady przestrzenne.

Sformułowanie „*końcowy etap równowagi*” jest całkowicie błędne.

Pojemności adsorpcyjne wymienione na końcu strony 24, to są tylko wartości dynamiczne dla danego stężenia adsorptywu. Przy innym stężeniu będą inne.

Uwagi, które zamieściłam, nie dyskredytują dorobku Kandydatki, który oceniam jako bardzo dobry. Kandydatka jest niewątpliwie specjalistką w swojej dziedzinie, jej dorobek jest rozpoznawalny w świecie. Wskazuję jednak na braki wiedzy z zakresu podstaw transportu masy i termodynamiki procesowej. Kandydatka powinna swoją wiedzę uzupełnić będąc doktorem habilitowanym z dyscypliny inżynierii chemicznej oraz planując kontynuować badania w zakresie adsorpcji. Bez głębszego zrozumienia podstaw tego procesu, badania będą zawsze niepełne.

Ocena całościowa dorobku naukowego

Wskaźnik oddziaływania (IF) czasopism, w których Habilitantka publikuje prace z przedstawionego do oceny cyklu mieści się dla 15 publikacji w przedziale od 3.5-13.6 (dwie prace w czasopiśmie o IF = 0.5 i 1.5) co daje łączny aktualny wysoki IF = 100.1. W wykazie czasopism naukowych MEiN czasopisma te otrzymały wysoką punktację, od 100 pkt. (5 prac), 140 pkt. (8 prac), 200 pkt. (4 prace). Prace zaliczone do cyklu są często cytowane; mimo że zostały niedawno opublikowane osiągnęły już 272 cytowania (bez autocytowań). Na podkreślenie zasługuje fakt, że 4 z nich (H-7, H-8, H-11, H-15) są już cytowane powyżej 30 razy, a wśród nich H-8, 50 razy.

Dr inż. Patrycja Chełstowska jest ponadto współautorką sumarycznie 37 publikacji, nie wchodzących w zakres cyklu osiągnięcia naukowego oraz 4 publikacji w materiałach pokonferencyjnych, co pozwoliło Habilitantce osiągnąć sumaryczny IF = 357, 1988 cytowań (bez autocytowań) oraz indeks Hirscha 28. Brała też czynny udział w licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Nieco mniejszy mój entuzjazm budzi stosunkowo duży udział udział w dorobku artykułów w czasopismach MDP, w których opublikowanie jest zwykle znacznie łatwiejsze niż w czasopismach hybrydowych, takich jak np. Elsevier, ACS czy Wiley.

Habilitantka jest członkinią komitetu redakcyjnego w czasopiśmie *Applied Spectroscopy Review* (Taylor & Francis) od 2020 r. Pełniła także funkcję współredaktora

gościnne w zeszycie specjalnym "Green Technologies in Air Treatment" w czasopiśmie *Sustainability* (MDPI) -2020 - 2021 r.

Od 2021 roku współpracuje z Univ. Koszyce, Słowacja. Wynikiem współpracy jest sześć publikacji z listy JCR.

Dotychczas zrecenzowała 163 artykuły naukowe opublikowane w 45 czasopismach międzynarodowych. Przy czym w: *Journal of Molecular Liquids*, Elsevier (19); *Separation and Purification Technology*, Elsevier (13); *Applied Spectroscopy Reviews*, Taylor & Francis (12); *Sustainability*, MDPI (9); itd. Świadczy to o rozpoznawalności jej prac na arenie międzynarodowej. Potwierdza to również wejście na listę najbardziej wpływowych ludzi nauki na świecie, opracowaną przez Univ. Stanforda za osiągnięcia naukowe w latach 2021-23.

Na podkreślenie zasługuje fakt odbycia przez dr inż. Chełstowską trzech krótkoterminowych staży naukowych w renomowanych ośrodkach badawczych – dwa w Hiszpanii (Univ. de València, Univ. de Valladolid) oraz jeden we Francji (Littoral-Côte-d'Opale w Dunkierce). Efektem zaangażowania naukowego Habilitantki w trakcie staży są trzy publikacje, które stanowią potwierdzenie zasadności odbywania tych staży.

Silnym elementem dorobku Habilitantki jest jej aktywność w pozyskiwaniu finansowania na badania, w tym kierowania projektami naukowymi. W latach 2020-2022 była Kierownikiem dwóch grantów finansowanych z programu Inicjatywa Doskonałości Uczelnia Badawcza (w tym długoterminowy staż naukowy) i jednego (Miniatura) przez Narodowe Centrum Nauki, obecnie jest kierownikiem grantu SONATA 2022-2025 i 3 grantów finansowanych w ramach Inicjatywy Doskonałości. Jako Wykonawczyni Habilitantka brała udział w 6 grantach ogólnopolskich, wojewódzkich czy też uczelnianych.

Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dr inż. P. Chełstowska prowadziła i prowadzi zajęcia dydaktyczne w formie wykładów, laboratoriów i projektów z zakresu przedmiotów podstawowych oraz specjalistycznych, takich jak: Techniki rozdzielania, Metody analizy technicznej, Analityka techniczna i kontrola jakości, Inżynieria Chemiczna, Podstawy technologii chemicznej, Surowce energetyczne i chemiczne, Wzbogacanie minerałów. Jest współautorką 1 skryptu dydaktycznego.

W ramach opieki naukowej nad studentami: była promotorką 5 prac magisterskich i 1 pracy inżynierskiej. Była promotorką pomocniczą jednej pracy doktorskiej. Opiekowała się dwiema studentkami realizującymi Indywidualny Program Studiów Badawczych.

Była członkinią Rady Wydziału, Wydziału Chemicznego w kadencji 2020-2024 r oraz członkinią Komisji do Spraw Umiędzynarodowienia Wydziału. Była również recenzentką doktoratu oraz członkinią komisji obrony tytułu doktora Pedro Villarim'a w University of the Littoral Opal Coast we Francji.

Odbyła też kilka szkoleń w celu podniesienia kwalifikacji dydaktycznych.

Habilitantka została nagrodzona kilkom nagrodami, w tym:

- Nagrodami Rektora dla Młodych Pracowników Nauki w każdym roku pomiędzy 2019-2023,
- Nagrodą Rektora za skrypt 2022,
- Nagrodą dla młodego naukowca za publikację o najwyższym IF w 2022,
- Nagrodą za najlepszą prezentację na Konferencji w Rzymie 2024,
- Wyróżnieniem rozprawy doktorskiej przez RW WCh, PG,
- Uzyskanie stypendium Ministra Nauki dla Młodych naukowców w 2024,

Po analizie przesłanej mi dokumentacji uważam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Patrycji Makoś-Chełstowskiej odpowiadają wymaganiom stawianym osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego określonym w art.219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity DZ.U.z 2023r, poz.742) oraz zwyczajowe kryteria stawiane przez ośrodki akademickie nadające stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno- technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna.