

Prof. dr hab. inż. M. Łapkowski  
Katedra Fizykochemii i Technologii  
Polimerów  
Wydział Chemiczny  
Politechnika Śląska

Gliwice, 22.03.2019

Ocena rozprawy habilitacyjnej  
*„Elektrochemia, spektroskopia oraz ekstrakcja jonowych form technetu”*  
oraz całokształtu dorobku naukowego  
dr. Macieja Chotkowskiego

Pan dr Maciej Chotkowski ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego w 2004 roku, gdzie obronił pracę magisterską pod tytułem „Spektroelektrochemiczne badanie wybranych związków manganu” pod opieką prof. dr. hab. Andrzeja Czerwińskiego. Nie jest to jedyny dyplom magistra, który on posiada, gdyż w roku następnym obronił pracę z psychologii pt.: „Modyfikowanie jawnych i utajonych postaw wobec alkoholu poprzez generowanie i dostarczanie argumentów przeciwko picciu alkoholu” na Wydziale Psychologii Uniwersytetu Warszawskiego, pod kierunkiem dr. hab. Dominika Maisona. Po studiach został zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Elektrochemii i Podstaw Technologii macierzystej Uczelni, gdzie wykonał pracę doktorską pod tytułem: „Elektrochemiczne oraz spektroskopowe badanie „in situ” reakcji elektrodowych związków manganu i renu w środowisku kwaśnym”, obronioną w 2008 roku. Promotorem jej był prof. dr hab. Andrzej Czerwiński. W tym czasie był też zatrudniony w Instytucie Chemii Przemysłowej im. Prof. I. Mościckiego. W roku następnym został awansowany na Adiunkta na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie pracuje do dzisiaj.

Główną tematyką badawczą dr. Macieja Chotkowskiego jest rozpoznanie procesu elektroredukcji jonów  $TcO_4^-$  na elektrodach stałych w celu usprawnienia metody bezodpadowego otrzymywania pożądaných form tego pierwiastka. W tym celu zajął się badaniami spektroelektrochemicznymi tego procesu gdyż do tej pory wiele aspektów, szczególnie związanych z trwałością jego jonowych form w środowisku wodnym, nie zostało szczegółowo poznanych. Habilitant postawił sobie szereg zadań badawczych, które uznał za ważne dla rozwiązania postawionego problemu. Na początku

przeprowadził charakteryzację powstających produktów reakcji redukcji jonów technetianowych(VII) w zależności od środowiska, w którym omawiany proces był prowadzony, po czym starał się poznać sposób tworzenia się polimerowych form Tc(IV). Następnie wyznaczył potencjały standardowe reakcji utleniania-redukcji pomiędzy zredukowanymi formami Technetu, oraz przeprowadził charakterystykę spektroskopową nietrwałych form technetu.

Poznanie tych procesów umożliwiło opracowanie lepszej metody bezpośrednio zagospodarowania odpadów promieniotwórczych, powstających w stosunkowo dużych ilościach w paliwie jądrowym, podczas normalnej pracy lekkowodnego reaktora jądrowego, gdzie Technet stanowi ok. 6% produktów rozszczepienia jąder  $^{235}\text{U}$ . W procesie ekstrakcyjnego rozdzielania niebezpiecznych produktów rozszczepienia Technet, w postaci jonów technetianowych(VII) ( $\text{TcO}_4^-$ ), ulega procesowi współekstrakcji z jonami uranowymi(VI) do fazy organicznej, co stanowi poważny problem z punktu widzenia oczyszczania Uranu i Plutonu. Proces ten nie zachodzi z dużą wydajnością, co powoduje, że Technet jest obecny zarówno w fazie wodnej jak i organicznej. W celu obniżenia stopnia utlenienia jonów Plutonu z jonów  $\text{Pu}^{4+}$  do  $\text{Pu}^{3+}$  stosuje się różnego typu reduktory, które reagują również z jonami technetianowymi(VII) redukując je do tlenku technetu(IV). Poza tym proces redukcji Tc(VII) przechodzi przez niestabilne formy Technetu: Tc(V) i Tc(IV). Poznanie i scharakteryzowanie wszystkich możliwych form jonowych Technetu w środowisku kwaśnym i zasadowym jest szczególnie ważne z punktu widzenia bezpiecznego magazynowania ciekłych odpadów promieniotwórczych składowanych w zbiornikach ze stali nierdzewnej.

Habilitant w pracach [H1-H5] przedstawił badania procesu tworzenia i trwałości związków technetu na różnym stopniu utlenienia w środowisku wodnym. Na początku scharakteryzował proces elektrochemicznej redukcji jonów technetianowych(VII) w środowisku kwasowym oraz określił sposoby interakcji jonowych form Technetu z Neptunem, po czym omówił proces redukcji jonów technetianowych(VII) w środowisku zasadowym. Do określenia obecności związków Technetu na różnych stopniach utlenienia dr Maciej Chotkowski zastosował metody elektrochemiczne i spektroechemiczne analizując zachodzące procesy metodą woltamperometrii cyklicznej próbując dopasować otrzymane wyniki do opisanych w literaturze modeli reakcji elektrochemicznych i następczych. Okazało się, że dotychczas proponowane

mechanizmy reakcji są niezgodne z wynikami elektrochemicznymi, a znaczący wpływ na proces przebiegający w środowisku kwaśnym ma rodzaj materiału elektrody, gdyż tylko w przypadku podłoża złotego obserwowane są dobrze wykształcone prądy graniczne charakteryzujące proces redukcji jonów Technetu. W publikacji [H3] Habilitant twórczo zastosował pomiary spektroelektrochemiczne do identyfikacji jonowych form Technetu udowadniając, że Tc(IV) związany jest z pikiem o maksimum przy 320 nm, Tc(III), którą można opisać pikiem o maksimum przy ok. 440 nm, a polimerowa forma Tc(IV lub III,IV) charakteryzowana jest przez pik o maksimum przy 500 nm. Te pomiary pozwoliły zidentyfikować pojawiającą się w stężonym roztworze H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> formę Tc(V), co zostało opublikowane w pracy [H4] i potwierdzone pomiarami spektroelektrochemicznymi Ramana (SERS).

W procesach utylizacji odpadów poreaktorowych obok Technetu występuje także Neptun w postaci jonowych form na III, IV oraz VI stopniach utlenienia wpływając na reakcje utleniania-redukcji jonowych form Technetu. Przeprowadzone przez dr. Macieja Chotkowskiego pomiary elektrochemiczne w środowisku silnie kwasowym wykazały, że obecność jonów Np(IV) nie wpływa na proces elektrochemicznej redukcji jonów technetianowych(VII) oraz utleniania zredukowanych form Tc, podczas gdy Np(VI) powoduje bardzo szybkie utlenianie Tc(V) a jony Np(III) powodują redukcję TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> i wytworzenie polimerowych form Tc(IV). Zagadnieniu te zostały opisane w pracy [H5].

Kolejnym zagadnieniem, którym zajął się dr Maciej Chotkowski, było określenie właściwości elektrochemicznych i spektroelektrochemicznych procesów utleniania i redukcji nieorganicznych form Technetu w szerokim zakresie stężeń alkalicznych. Przeprowadzone pomiary wykazały, że w roztworach słabo alkalicznych redukcja jonów TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> prowadzi do otrzymania dwóch produktów, z których głównym jest uwodniony TcO<sub>2</sub> a kolejnym jonowa forma Tc(V). Z kolei w silnie stężonych roztworach NaOH dominującymi, zredukowanymi formami są polimerowe struktury Tc(IV). Habilitant przeprowadził Modelowanie procesu utleniania zredukowanych form Technetu, wyznaczając stałe szybkości reakcji heterogenicznej Tc(IV) do Tc(V). Wyniki te zostały opublikowane w pracy H[6] i są jedynymi dostępnymi w literaturze opisującymi proces utleniania Tc(IV) w środowisku zasadowym.

W pracach H[7] i H[8] opisał zastosowanie metod elektrochemicznych do badania stopnia ekstrakcji zredukowanych form technetu w układach (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HNO<sub>3</sub>)

/30% fosforan tributylu (TBP) w kerozynie, wykorzystując pomiary chronowoltamperometryczne redukcji jonów  $TcO_4^-$  w układzie cienkowarstwowym. Udało mu się wykazać, że ekstrakcja zredukowanych form Technetu w badanych układach zachodzi zdecydowanie słabiej, niż w przypadku jonów technetianowych(VII). W ostatniej pracy z cyklu habilitacyjnego, H[8], opisał wyniki badań nad zmienionym układem ekstrakcyjnym gdzie fazą organiczną były ciecze jonowe o kationach imidazoliowych, sulfoniowym, fosfoniowym, pirydyniowym oraz alkiloamoniowych oraz anionach imidkowych i heksafluorofosforanowym(V). Z badań tych wynika, że jony technetianowe(VII) mogą być wydajnie ekstrahowane z fazy wodnej do organicznej z wykorzystaniem tylko takich cieczy, które zawierają kationy alkiloamoniowe z podstawionymi długimi łańcuchami alifatycznymi a proces ekstrakcji jest tym wydajniejszy im mniejsze stężenie kwasu w fazie wodnej.

Podsumowując merytoryczny dorobek dr. Macieja Chotkowskiego mogę stwierdzić, że obejmuje on szeroki wachlarz zagadnień związanych z problemami zagospodarowania i wykorzystania Technetu. Badania zostały przeprowadzone zarówno w środowiskach kwaśnych jak i zasadowych, gdzie rozpoznano poszczególne formy Technetu w postaciach jonowych i polimerowych. Habilitant podał również analizę spektralną tych form przeprowadzając pomiary spektroelektrochemiczne UV-Vis i Ramana oraz wyznaczając parametry kinetyczne.

Na dorobek naukowy dr. Macieja Chotkowskiego składa się 24 publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Report (JCR), z których 8 stanowią podstawę rozprawy habilitacyjnej, oraz 7 prac w czasopismach niecytowanych. Wszystkie publikacje zostały ogłoszone w specjalistycznych czasopismach, a sumaryczny współczynnik wpływu (Impact Factor) wynosi 99,87 czyli na jeden artykuł  $IF = 4,16$ . W mojej ocenie jest to wynik bardzo dobry. Jeżeli przyjrzeć się natomiast artykułom, które Habilitant wybrał jako podstawę swojej rozprawy, to sumaryczny IF wynosi 19,429. Na jeden artykuł przypada wartość  $IF = 2,43$ . Jest to wynik nieco gorszy, ale moim zdaniem związany jest z faktem, że większość prac poświęconych elektrochemii Technetu ukazuje się w specjalistycznych czasopismach o niezbyt dużych wartościach współczynnika wpływu. We wszystkich publikacjach Habilitant figuruje jako pierwszy autor i tylko w pierwszej nie jest autorem korespondencyjnym, co jednoznacznie świadczy, że jego udział w ich powstaniu jest dominujący.

Poza dorobkiem naukowym, przedstawionym jako rozprawa habilitacyjna, Kandydat opublikował 16 artykułów w czasopismach z Listy Filadelfijskiej, 1 artykuł w monografii oraz wygłosił 16 referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych. Większość dorobku, stanowiącego dorobek pozahabilitacyjny, została opublikowana w czasopismach o znaczącym współczynniku wpływu (IF), jak Chemical Communication, którego IF wynosi 6,29 oraz Chemistry A European Journal, IF = 5,16. Pozostałe czasopisma, chociaż nie posiadają wysokiego współczynnika wpływu, należą do grupy, w której publikuje się artykuły z dziedziny elektrochemii lub nowoczesnych materiałów. Według bazy danych ISI Web of Science suma cytowań na dzień 22.03.2019 (bez autocytowań) wynosi 128, oraz H-indeks = 8. Nie są to wyniki znaczące, gdyż są nieco niższe od średniej dla kandydata do stopnia doktora habilitowanego, jednak moim zdaniem należy uznać go za dobrego, gdyż z racji promieniotwórczości, badania chemii tego pierwiastka mogą być prowadzone tylko w specjalistycznych laboratoriach radiochemicznych, co sprawia, że prace poświęconych elektrochemii technetu ukazują się niewiele.

Kandydat nie stronił od działalności pozanaukowej wykazując się znaczną aktywnością organizacyjną i popularyzatorską. Brał udział w organizowaniu konferencji naukowych, oraz letnich szkół dla młodzieży, a także prowadził eksperymentalne zajęcia z chemii dla uczniów niewidomych i niedowidzących.

Działalność dydaktyczna była bardzo szeroka, gdyż prowadził szereg zajęć z chemii fizycznej, chemii jądrowej, ochrony radiologicznej, oraz psychologii. Opracował również nowe ćwiczenia studenckie z chemii fizycznej i jądrowej oraz ochrony radiologicznej. Poza normalnym programem studiów na Wydziale Chemii prowadził też zajęcia ze słuchaczami Podyplomowego Studium dla Nauczycieli Chemii. Opiekował się również młodszymi pracownikami naukowymi i dyplomantami.

Zgodnie z Ustawą O Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym Oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki, która w Art. 16. P.1 jednoznacznie stwierdza, że Kandydat do stopnia naukowego dr. habilitowanego powinien posiadać „osiągnięcia naukowe lub artystyczne, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej”, obowiązkiem recenzenta jest stwierdzenie czy ten fakt ma miejsce. Można to wykazać obserwując ilość cytowań prac, które są postawą rozprawy habilitacyjnej. Liczba cytowań tych prac nie jest wysoka, jednak, jak zaznaczyłem wyżej, ze względu na charakter tematyki badawczej, znacząca. Mogę tylko

podać, że w bazie Web of Science jest indeksowanych tylko około ponad 1000 artykułów od 1936 roku (kiedy rozpoczęto badania nad Technetem), gdzie w tytule pojawia się termin „technate lub pertechnate”. Natomiast prac elektrochemicznych jest około 2% tej liczby. Na podstawie tego kryterium można więc uznać, że dorobek habilitacyjny Kandydata spełnienia warunków stawiany przez Ustawodawcę.

Drugim kryterium, którym recenzent może się kierować w ocenie spełnienia warunku stawianego w Ustawie jest ranga czasopism, w których zostało ogłoszone osiągnięcie Kandydata. W tym przypadku ten warunek jest moim również zdaniem spełniony, gdyż zdecydowana większość artykułów została umieszczona w czasopismach o wysokim rankingu i uznanych w branży, do której są adresowane badania dr. Macieja Chotkowskiego. W takich czasopismach dba się o poziom merytoryczny zamieszczanych artykułów. Można więc oczekiwać, że najnowsze prace znajdą uznanie w najbliższym czasie, a ich oddźwięk w środowisku naukowym będzie coraz większy.

Podsumowując całość przesłanego materiału uważam, że dr Maciej Chotkowski jest zdolny do podejmowania poważnych wyzwań naukowych i potrafi je realizować w większych zespołach. Dorobek naukowy jest znaczący i ogłoszony w czasopismach o wysokim rankingu. Habilitant wyjaśnił kilka ważnych wątpliwości związanych z mechanizmami utleniania i redukcji Technetu. Rozprawa spełnia, zatem w stopniu wystarczającym warunki stawiane w Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, w związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej do dalszego procedowania.

M. Łapkowski

