

Witold Łojkowski, Prof. dr hab.
Instytut Wysokich Ciśnień PAN
Wydział Zarządzania, Politechnika Białostocka

Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr inż. Justyny Tomaszewskiej

Nanomodyfikacje polimerowych filtrów węglanych do oczyszczania wody i usuwania jonów arsenu

**Promotor: Prof. dr hab. Inż. Krzysztof Kurzydłowski
Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska liczy 115 str. formatu A5, zawiera 62 rysunki i zdjęcia, 10 tabeli i 192 pozycje literatury. Ilustracje są czytelne i doskonale ilustrują zagadnienia poszczególnych rozdziałów pracy. Szczególnie spodobał mi się język pracy. Autorka potrafi zwięzłymi i łatwymi w czytaniu zdaniami jasno przedstawić nawet trudne zagadnienia. Dzięki temu oraz wartościom merytorycznym pracy, jej czytanie było przyjemnością.

Praca dotyczy niezwykle ważnego zagadnienia: oczyszczania wody pitnej z zanieczyszczeń stałych oraz jonów arsenu. Nieorganiczny arsen uważany jest za jeden z najbardziej szkodliwych zanieczyszczeń wody. WHO zaleca, aby jego stężenie w wodzie nie przekraczało 10 µg/litr, a w krajach, w których odpowiednie technologie oczyszczania nie są dostępne, nie przekraczało 50 µg/litr. Tymczasem, jak podaje Autorka pracy, w wielu krajach świata woda podziemna lub ze studni zawiera znacznie wyższe stężenia Arsenu. Długotrwałe korzystanie z wody z nadmierną koncentracją jonów arsenu prowadzi do licznych chorób: skóry, systemu nerwowego, chorób nowotworowych i wielu innych. Mimo tak poważnych zagrożeń jakie stwarza obecność jonów arsenu w wodzie, problem ich usuwania jest nie został jeszcze rozwiązany w zadowalający sposób. Główne bariery na drodze do powszechnego stosowania odpowiednich filtrów to wysokie koszty instalacji i eksploatacji oraz stosowanie skomplikowanych urządzeń. Perspektywicznym sposobem usuwania arsenu z wody jest stosowanie metod opartych o absorpcję jonów arsenu.

Autorka pracy zaproponowała zastosowanie nanomateriałów jako absorbentów. Jest to logiczna decyzja, z racji ogromnych powierzchni właściwych nanomateriałów i ich zdolności absorpcji. Jest to bardzo obiecujący, ale jednocześnie trudny kierunek badań, ze względu na trudności technologiczne w bezpiecznym stosowaniu nanomateriałów i ich charakteryzacji.

Autorka pracy postanowiła sprawdzić potencjał modyfikowania nanomateriałami komercyjnie dostępnych świecowych filtrów wodnych z włókniny polipropylenowej. Oznacza to nanoszenie na powierzchnię filtrów nanocząstek, które powinny zwiększyć zdolność filtracyjną filtrów i ich zdolność do pochłaniania jonów arsenu. Wybrano jako nanomodyfikatory hydroksytlenek żelaza, nanorurki węglowe, tlenek tytanu, oraz połączone działanie tych nanomateriałów. Postawiono nacisk na stosowanie możliwie tanich materiałów i prostych metod. Uważam, że Autorka doskonale wybrała zarówno cel pracy, jaki strategię jego osiągnięcia. Cel pracy jest bardzo ważny dla społeczeństwa, a technologie oparte o wykorzystanie nanomateriałów są wprawdzie ryzykowne, ale stwarzają nowe szanse.

Metodyka pracy obejmowała m.in. opracowanie metod:

- syntezy nanocząstek akaganitu (hydroksytlenku żelaza),
- modyfikowania nanorurek węglowych nanocząstkami akaganitu,
- nanoszenie ww. nanomateriałów i nanotlenku tytanu na filtry,
- opracowanie metod charakteryzacji nanomodyfikowanych filtrów.
- Analiza procesów fizykochemicznych zachodzących w filtrach w czasie absorpcji arsenu i submikronowych cząstek

Był to znaczny wysiłek badawczy i technologiczny. Kluczem do osiągnięcia tego sukcesu było zapewnienie zwilżalności włókniny przez wodę, co Autorka metodą eksperymentalną osiągnęła poprzez zwilżanie acetonem. Dla nanoszenia nanomateriałów na włókniny zastosowano metodę ultradźwiękową. Autorka powołuje się tutaj na pracę Koreańską, gdzie stosowano tą metodę. Jednak jej głównym propagatorem i pionierem w jej stosowaniu jest Prof. Aharon Gedanken, który zainspirował jej stosowanie od lat również w Instytucie Wysokich Ciśnień PAN. Czasem warto wskazać źródła inspiracji za miedzą a niekoniecznie za oceanami. Jako osoba zajmująca się ultradźwiękowymi metodami nanomodyfikacji materiałów uważam, że stworzenie nowego rodzaju filtrów i absorbentów arsenu poprzez pokrycie jednorodną i ściśle przylegającą warstwą nanomateriałów, jest bardzo dużym osiągnięciem w skali światowej.

Pokazane mikro i nanostruktury włókien pokrytych nano-akagenitem, nanorurkami węglowymi połączonymi z nano-akagenitem, oraz nano-akagenitem i ditlenkiem tytanu są niezwykle ciekawe. Autorka stworzyła całkiem nowe nano-materiały, w tym nanomateriały hybrydowe. Wykazała przy tym, ich przewagę w filtracji wody z zatrzymywaniem zanieczyszczeń o rozmiarach, których zwykła włóknina skutecznie nie zatrzymywała. Jest to znaczne osiągnięcie naukowe i technologiczne.

Należy też zwrócić uwagę na pieczołowitość w charakteryzacji strukturalnej nowych nanomateriałów i pokryć. Opracowano nowe metody ilościowej charakteryzacji nowych nanostruktur oraz zawartości nanomateriałów w modyfikowanych włókninach. Było to niezbędne, gdyż zastosowanie nanomateriałów wymaga dostosowania tradycyjnych metod badawczych do ich specyfiki. Można tu wymienić metodę pomiaru powierzchni właściwej lub metodę termograwimetryczną dla oceny stopnia pokrycia włókien nanomateriałami.

Biorąc pod uwagę badania naukowe o charakterze często nazywanym „podstawowym” istotną zasługą pracy jest stworzenie nowego rodzaju nanomodyfikacji włókien, opracowanie metod ich tworzenia i charakteryzacji, stwierdzenie istotnej poprawy właściwości filtracyjnych nanomodyfikowanych włókien polipropylenowych, oraz stwierdzenie skuteczności absorpcji filtrów modyfikowanych nano-akagenitem w absorpcji jonów arsenu.

Praca obejmowała również badania absorpcji arsenu oraz filtracji zanieczyszczeń pokrytych metodą ultradźwiękową filtrów świecowych o realnie stosowanych w praktyce rozmiarach, na stanowisku badawczym służącym do badania skuteczności absorpcji jonów arsenu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Badano zmiany potencjału zeta i inne czynniki fizykochemiczne. Stwierdzono skuteczność nanomodyfikowanych filtrów zarówno w filtrowaniu wody jak i w redukowaniu poziomu zanieczyszczenia wody arsenem do

dopuszczalnych granic. Dotyczy to zarówno wody o zanieczyszczeniu niewielkim, jak i też bardzo dużym, spotykanym np. w Bangladesz.

Jedynym moim zastrzeżeniem dotyczy braku konsekwencji w rozdzieleniu części dotyczącej wyników i części dotyczącej dyskusji: część wyników podana jest w rozdziale formalnie nazywanym dyskusją. Warto też by było dodać kilka zdań o perspektywach rozwoju zaproponowanych technologii.

W niniejszej recenzji omówiłem tylko część wyników przedstawionych przez Autorkę rozprawy. W krótkim tekście przedstawiła ona wyniki aż nadto wystarczające dla spełnienia wymagań pracy doktorskiej. Dotyczy to zakresu pracy, logiki wywodów, jakości metod badawczych i technologicznych, interpretacji wyników oraz odwagi w wytyczaniu nowych kierunków technologii. Część wyników została opublikowana w 2 publikacjach czasopismach z listy filadelfijskiej, w tym jedna publikacja w czasopiśmie o tzw „Impact factor” powyżej 3,5.

Wnoszę z prawdziwą satysfakcją o dopuszczenie Mgr. Inż. Justyny Tomaszewskiej do obrony pracy doktorskiej.



Witold Łojkowski

Warszawa, 17.06.2017