

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Pauliny Teresy Sobierajskiej  
„Otrzymywanie i badania biokompozytów na bazie nanoapatytów przeznaczonych do  
teranostyki”

wykonanej pod kierunkiem Prof. dr hab. Rafała J. Wíglusza,  
przedstawionej jako monotematyczny cykl publikacji wraz z komentarzem

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Pauliny Teresy Sobierajskiej została wykonana w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk. Dysertacja ma formę spóijnego tematycznie zbioru sześciu artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych z Listy Filadelfijskiej, w latach 2016-2019. Każdą publikację poprzedza kilkustronicowy komentarz, napisany w języku polskim. Pani mgr Sobierajska jest pierwszym autorem w pięciu publikacjach i autorem korespondencyjnym jednego artykułu.

Struktura rozprawy doktorskiej mgr Pauliny Sobierajskiej jest typowa dla tego rodzaju opracowań. Jej pierwszą część stanowią cztery rozdziały, w których Autorka przedstawia cele naukowe badań, życiorys naukowy, dorobek naukowy i wstęp teoretyczny wraz z aktualnym stanem wiedzy, związanej z tematyką rozprawy. W rozdziale 5 Doktorantka omówiła metody syntezy materiałów i stosowane metody badawcze.

Cele naukowe, które postawiła Doktorantka, obejmowały:

- (1) opracowanie warunków syntezy wielofunkcyjnych nanoapatytów przeznaczonych do teranostyki;
- (2) wyjaśnienie mechanizmów kompensacji ładunku i powstających na skutek domieszkowania defektów sieci krystalicznej;
- (3) wyjaśnienie procesów relaksacji energii wzbudzenia w otrzymanych materiałach;
- (4) wykazanie potencjału zastosowań materiałów w medycynie.

Tematyka badawcza podjęta przez Doktorantkę jest w pełni uzasadniona, bardzo aktualna i mieszcząca się w nowoczesnym nurcie badań naukowych.

Czytając przewodnik po publikacjach odnosi się wrażenie dobrze przemyślanej strategii badawczej - od wyboru materiałów i metod syntezy, po badania morfologiczne, spektroskopowe i biologiczne. Chciałbym w tym miejscu podkreślić interdyscyplinarny charakter badań, w których wiodący udział ma Doktorantka.

Spośród wielu osiągnięć naukowych Doktorantki, pozwolę sobie wskazać, moim zdaniem, te najważniejsze:

- (1) Opracowanie optymalnych warunków syntezy w środowisku wodnym i wodno-glicerynowym, umożliwiających otrzymanie czystych fazowo nanorozmiarowych

hydroksyapatytów wapniowo-strontowych, fluoroapatytów wapnia i bioaktywnego nanomateriału o kontrolowanej bioresorbowalności, składającego się z fluoroapatytu wapnia i tetraoksofosforanu(V) wapnia. Otrzymane materiały były domieszkowane jonami lantanowców(3+), a wybór konkretnych aktywatorów uwarunkowany był zamiarem uzyskania informacji strukturalnych lub wynikał z konkretnych teranostycznych zastosowań tych materiałów.

- (2) Wyjaśnienie wpływu jonów  $\text{Li}^+$  na właściwości strukturalne i spektroskopowe nanoapatytów, w szczególności proponowanie mechanizmów kompensacji ładunku i powstających na skutek domieszkowania defektów sieci krystalicznej. Umożliwiło to Doktorantce zoptymalizowanie składu badanych przez nią materiałów pod kątem wydajności luminescencji oraz aktywności antybakteryjnej.
- (3) Proponowanie mechanizmów konwersji energii wzbudzenia, zarówno dla emisji stokesowskiej jak i antystokesowskiej.
- (4) Opracowanie receptury syntezy mezoporowatych nanoceramik hydroksyapatytowych i wyjaśnienie zależności między wielkością powierzchni właściwej, a ich działaniem przeciwdrobnoustrojowym.
- (5) Wyjaśnienie zależności między rozmiarem ziaren, stopniem krystaliczności, wielkością powierzchni właściwej, rodzajem domieszek, a cytotoksycznością i aktywnością biologiczną otrzymanych materiałów.
- (6) Wykazanie, że otrzymane na bazie nanoapatytów znaczniki luminescencyjne są biokompatybilne wobec ludzkich komórek progenitorowych.

Postawione cele naukowe badań zostały w pełni zrealizowane. W tym miejscu chciałbym podkreślić, że Doktorantka wykazała się dużą wiedzą z zakresu prowadzenia syntez chemicznych, badań analitycznych, spektroskopowych i biologicznych. Widocznym efektem badań Doktorantki są publikacje naukowe w czasopiśmie o wysokim współczynniku wpływu. Świadczy to o oryginalności i dużej wartości naukowych prowadzonych badań naukowych.

Autoreferat będący składnikiem przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej, pod względem merytorycznym i edytorskim nie budzi moich zastrzeżeń. Analizując całość materiału nasunęły mi się spostrzeżenia, które chciałbym przedyskutować z Doktorantką w trakcie publicznej obrony. Pierwsze z nich dotyczy stosowanego przez Panią mgr Paulinę Sobierajską parametru asymetryczności  $R$ , zdefiniowanego jako stosunek intensywności zintegrowanej przejścia nadczułego  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$  do przejścia o charakterze dipola magnetycznego  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$ . Chciałbym się dowiedzieć czy Autorka jest świadoma niedoskonałości i ograniczeń zastosowanego podejścia w wyznaczaniu symetrii otoczenia jonów domieszek. Drugie spostrzeżenie dotyczy interpretacji różnic w wartościach czasów zaniku luminescencji z poziomu  $^5\text{D}_4$  jonów  $\text{Tb}^{3+}$ , wzbudzanych w zakresie bliskiego nadfioletu (poziom  $^5\text{D}_3$ ,  $\text{Tb}^{3+}$ ) i bliskiej podczerwieni (poziom  $^2\text{F}_{5/2}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ) (rozdział 5.3.2.2.2). Doktorantka obserwowała znacznie krótszy czas życia poziomu  $^5\text{D}_4$  ( $\text{Tb}^{3+}$ ), przy wzbudzeniu promieniowaniem z zakresu NIR. Autorka interpretuje to zjawisko jako dowód, że „transfer energii pomiędzy jonami  $\text{Yb}^{3+}$  i  $\text{Tb}^{3+}$  jest na tyle niewystarczający, że czasy życia poziomów wzbudzonych jonów  $\text{Tb}^{3+}$  (...) są krótsze”. Następnie Doktorantka podaje dwa inne możliwe wyjaśnienia tego zjawiska: (1) migracja energii i (2) transfer wsteczny. W tym miejscu chciałbym zadać pytanie, jakie dodatkowe badania podjęłaby Doktorantka za konieczne do przeprowadzenia, celem wyjaśnienia tego problemu?



Reasumując ocenę pracy doktorskiej chciałbym podkreślić, iż zainteresowania naukowe doktorantki nie ograniczyły się wyłącznie do tematyki rozprawy doktorskiej, o czym świadczy siedem innych publikacji w czasopismach z Listy Filadelfijskiej oraz współautorstwo jednej monografii. O dużej aktywności naukowej Doktorantki świadczą również liczne prezentacje wyników na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Ponadto Pani mgr Paulina Sobierajska była wykonawcą w pięciu projektach NCN. Udowodniła również, że potrafi zdobywać środki na badania naukowe (kierownictwo w projekcie Preludium 14). Imponująca jest również ilość odbytych przez Doktorantkę praktyk, staży i kursów.

Z całą stanowczością stwierdzam, że Pani mgr Paulina Sobierajska jest wszechstronnie wykształconym chemikiem, zdolnym do rozwiązywania problemów naukowych. W mojej opinii rozprawa doktorska mgr Sobierajskiej, przygotowana pod opieką prof. Rafała Wiglusa, zawiera szeroki, dobrze opracowany materiał badawczy oraz stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny praca doktorska spełnia warunki określone w art. 13 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65/03, poz. 595 z późn. zm.) oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30.01.2018 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2018, poz. 261). W związku z powyższym przedkładam wniosek o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie z pełnym przekonaniem wnoszę o wyróżnienie tej rozprawy, gdyż spełnia ona następujące kryteria:

- (1) prezentuje wysoki poziom badań naukowych i wnikliwość Doktorantki w interpretacji wyników szerokiej gamy badań strukturalnych, spektroskopowych i biologicznych;
- (2) posiada szczególne walory poznawcze i aplikacyjne;
- (3) publikacje naukowe, w których udział Doktorantki jest wiodący, potwierdzają Jej doskonały warsztat badawczy.

Marcin Sobczyk