

dr hab. Agnieszka Feliczak-Guzik, prof. UAM

Wydział Chemii UAM

Zakład Chemii Stosowanej

UNIwersytet Szczeciński

RPL/8089/2023 N
Data: 2023-05-11

Poznań, 08.05.2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Weroniki Brzozowskiej

z tytułu

„Outsourcing” okrzemek w syntezie 3D ustrukturyzowanej biokrzemionki funkcjonalizowanej nanocząstkami metali (Ti, V, Nd, Ag)

Podstawa formalna wykonania recenzji rozprawy doktorskiej

Recenzja została opracowana w odpowiedzi na pismo Pana Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Nauk o Morzu i Środowisku, dr hab. inż. Przemysława Śmietany, Prof. US, wraz z informacją, że uchwałą Rady Naukowej Instytutu Nauk o Morzu i Środowisku z dnia 6 kwietnia 2023 r., zostałam powołana na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr Weroniki Brzozowskiej.

Uwagi ogólne wraz z uzasadnieniem podjętej tematyki badań

Przedłożona do recenzji praca doktorska Pani mgr Weroniki Brzozowskiej, zatytułowana ***„Outsourcing” okrzemek w syntezie 3D ustrukturyzowanej biokrzemionki funkcjonalizowanej nanocząstkami metali (Ti, V, Nd, Ag)***, została zrealizowana w Instytucie Nauk o Morzu i Środowisku Uniwersytetu Szczecińskiego pod kierunkiem wysokiej klasy specjalistów: promotora Pana dr hab. inż. Myrosława Spryńskiego, prof. UMK oraz promotora pomocniczego Pana dr Przemysława Dąbka.

Dokonując oceny rozprawy doktorskiej Pani mgr Weroniki Brzozowskiej brałam pod uwagę kilka istotnych elementów, wśród których wymienić można:

- oryginalność badań i ich nowatorski charakter;
- trafność wyboru problemu badawczego;

- metodologię oraz dobór wykorzystanych metod i technik badawczych;
- poprawność interpretacji wyników oraz ich dyskusji z uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy.

Ponadto, dodatkowy aspekt oceny stanowią osiągnięcia naukowe Pani mgr Weroniki Brzozowskiej.

Tematyka recenzowanej pracy mieści się w nurcie zagadnień związanych z otrzymywaniem nowych 3D materiałów krzemionkowych o pożądanych właściwościach użytkowych. Intensywny rozwój badań nad syntezą unikalnych nanostruktur, wykorzystywanych następnie w nowoczesnych technologiach, przyczynił się do zastosowania funkcjonalnych, biologicznych struktur 3D (jednokomórkowych glonów – okrzemek) w opracowywaniu tego typu materiałów. Okrzemki stanowią bowiem przykład naturalnych form o unikalnych właściwościach optycznych, mechanicznych, termicznych i chemicznych wykazujących zdolność do syntezy amorficznej krzemionki o specyficznej strukturze. Spowodowało to, że w warunkach laboratoryjnych, poprzez kontrolowaną biosyntezę, można uzyskać uporządkowane struktury trójwymiarowych materiałów, a tym samym możliwe stało się otrzymanie mikrouządzeń technologicznych na bazie w/w nanostruktur biologicznych. Co warte podkreślenia, właściwości użytkowe uzyskanych kompozytów krzemionkowych na bazie okrzemek można modyfikować np. poprzez ich domieszkowanie innymi pierwiastkami, co Autorka dysertacji przedstawiła. Zaprezentowane przez Panią Brzozowską rozwiązania są nowatorskie, a materiały zsyntetyzowane przez Doktorantkę wykazują duży potencjał aplikacyjny. Uważam, że dobór tematu pracy jest aktualny i wpisuje się on w obecne zainteresowania naukowców.

Ocena formalna i merytoryczna pracy

Rozprawa doktorska Pani mgr Weroniki Brzozowskiej została przygotowana zgodnie z *artykułem 187 pkt 1 i 2 z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. 2018 poz. 1668, z późn.zm.)*. Praca napisana jest w formie monografii naukowej, co moim zdaniem umożliwiło Autorce pracy szersze omówienie przedstawianych zagadnień (co jest zauważalne w trakcie czytania dysertacji) w porównaniu do cyklu tematycznie powiązanych artykułów naukowych.

Tytuł osiągnięcia naukowego w pełni odpowiada zaprezentowanym w rozprawie wynikom, został on zatem zdefiniowany w sposób prawidłowy.

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona na 210 stronach maszynopisu w języku polskim. Dodatkowo zawiera ona 36 rysunków oraz 10 tabel. Dysertację otwiera Spis treści, następnie Autorka kolejno zamieściła: (i) Wstęp, (ii) Część literaturową, (iii) Cel pracy,

(iv) Część eksperymentalną oraz (v) Podsumowanie i wnioski. Rozprawę domykają: Streszczenie pracy, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, Spis dorobku naukowego oraz Cytowana bibliografia (co warto podkreślić, to aż 424 pozycje literaturowe, głównie z ostatnich 20-u lat). Zabrakło mi tylko wykazu stosowanych skrótów i oznaczeń, który ułatwiłby recenzentowi zapoznanie się z ocenianą dysertacją, nie mniej pracę czytało mi się z wielką przyjemnością i zaciekawieniem. Ułożenie rozdziałów poruszanych w opracowaniu jest spójne i logiczne, co świadczy o dużym zaangażowaniu Doktorantki w zgłębienie poruszanej tematyki.

Praca doktorska Pani mgr Weroniki Brzozowskiej rozpoczyna się krótkim rozdziałem zatytułowanym „Wstęp”, w którym to Autorka dysertacji skrótowo przedstawiła zagadnienia stanowiące podłoże ocenianej rozprawy. Do tego fragmentu pracy nie mam żadnych zastrzeżeń.

Z kolei, w rozdziale zatytułowanym „Część literaturowa”, liczącym 63 strony, Doktorantka przedstawiła szczegółową charakterystykę okrzemek z uwzględnieniem charakterystyki parametrów wpływających na ich hodowlę wraz z opisem technik ich hodowli. Końcowe rozważania zawarte w omawianym rozdziale wieńczą informacje przedstawiające aktualny stan wiedzy dotyczący zagadnień prezentowanych w części eksperymentalnej rozprawy doktorskiej, tj. wytwarzanie domieszkowanej metalami biokrzemionki o strukturze 3D.

Ta część pracy została przygotowana na podstawie wnikliwego przeglądu literaturowego – 226 pozycji literaturowych, co świadczy o dojrzałości naukowej Doktorantki i o swobodzie poruszania się w przedstawianej tematyce.

Cel pracy został przez Panią mgr Weronikę Brzozowską sformułowany w sposób jednoznaczny i zrozumiały. Doktorantka wskazała w nim hipotezy oraz podstawowe zadania badawcze, które zostały przez Nią w pełni zrealizowane. Świadczą o tym wyniki badań przedstawione przez Doktorantkę w Części eksperymentalnej dysertacji.

Na kolejnych 67 stronach, Pani Brzozowska, przedstawiła opis metodyki prowadzonych badań (podrozdział 4.1 - 4.4), które odpowiednio obejmowały: (i) hodowlę wybranego gatunku okrzemek bez dodatku do medium hodowlanego pierwiastków modyfikujących; (ii) syntezę kompozytów na bazie okrzemek z gatunku *Pseudostaurosira Trainorii*; (iii) charakterystykę uzyskanych materiałów oraz (iv) badanie właściwości antybakteryjnych. Pozostałe podrozdziały (4.5 – 4.7) zawarte w tej części pracy skupiają się na omówieniu uzyskanych przez Doktorantkę wyników badań. Opisaną przez Autorkę dysertacji metodologię oraz dobór stosowanych metod i technik badawczych uważam za poprawny.

W podrozdziale rozpoczynającym omawianie uzyskanych wyników badań (podrozdział 4.5), Pani mgr Brzozowska przedstawiła rezultaty dotyczące otrzymywania mikro-

nanokompozytów 3D ustrukturyzowanej biokrzemionki okrzemkowej oraz biomasy okrzemek domieszkowanych nanocząstkami tytanu z wykorzystaniem oryginalnej metody metabolicznej insercji tytanem podczas kontrolowanej hodowli okrzemek w warunkach laboratoryjnych. Bardzo podoba mi się konsekwencja Doktorantki w planowaniu serii przeprowadzanych eksperymentów, na podstawie których określono odpowiednie pH roztworów hodowlanych, początkowe stężenie tytanu i krzemu oraz optymalny stosunek stężenia tytanu do krzemu w medium hodowlanym okrzemek, w celu określenia optymalnych warunków metabolicznego wprowadzania tytanu do komórek okrzemek.

W dalszej części pracy, Doktorantka skupiła się na syntezie i charakterystyce innych materiałów, a mianowicie na: (i) hybrydowych kompozytach AgNPs/TiO₂/pirolizowana biomasa okrzemek zawierających nanocząstki ditlenku tytanu pokrytych epitaksjalną warstwą nanocząstek metalicznego srebra oraz (ii) kompozytach krzemionkowych o właściwościach anti-Stokesowskiej luminescencji na bazie pirolizowanej biomasy okrzemek domieszkowanej metabolicznie nanocząstkami wanadanu neodymu (NdVO₄/DBP).

Reasumując, recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska stanowi naukowe opracowanie o dużym znaczeniu dla rozwoju dyscypliny naukowej (Nauki o Ziemi i środowisku), co przejawia się poprzez:

1. opracowanie warunków syntezy nowych mikro-nanokompozytów 3D ustrukturyzowanej biokrzemionki okrzemkowej oraz biomasy okrzemek domieszkowanych nanocząstkami tytanu. Pani mgr Brzozowska, w syntezie w/w materiałów po raz pierwszy zastosowała organiczny prekursor jonów tytanu - tertbutanolan tytanu;
2. opracowanie warunków syntezy nowych hybrydowych kompozytów AgNPs/TiO₂/pirolizowana biomasa okrzemkowa zawierających nanocząstki ditlenku tytanu pokrytych epitaksjalną warstwą nanocząstek metalicznego srebra;
3. opracowanie warunków syntezy nowych 3D mikro-nanoustrukturyzowanych kompozytów krzemionkowych o właściwościach anti-Stokesowskiej luminescencji na bazie pirolizowanej biomasy okrzemek domieszkowanej metabolicznie nanocząstkami wanadanu neodymu;
4. kompleksową charakterystykę uzyskanych układów;
5. wykazanie potencjalnych właściwości aplikacyjnych otrzymanych materiałów w nowoczesnych technologiach, np. produkcja biosensorów, urządzeń optycznych, fotokatalizatorów, ogniw fotowoltaicznych, materiałów bakteriobójczych, czy nośników leków.

Oceniana dysertacja doktorska zawiera niewielką ilość błędów edytorskich i stylistycznych (brak znaków interpunkcyjnych, literówki, *etc.*), które nie umniejszają bardzo wysokiej wartości merytorycznej przedstawianych wyników. Pozwolę sobie przytoczyć drobne błędy/uwagi, które z obowiązku recenzenta muszę wskazać:

- brak słupków skali na rysunku 1 (strona 12), najprawdopodobniej jest to błąd powstały przy formatowaniu pracy;
- zdarzały się błędy związane z zapisem nazw łacińskich, nie zawsze były one zapisane kursywą, np. str. 13, 14;
- brak konsekwencji w zapisie podpisów rysunków, tabel – zdarzały się kropki na końcu podpisu (proszę pamiętać, że w języku polskim na końcu podpisów rysunków i tabel nie stosuje się kropki), np. str. 23, 39;
- w tabeli 4 (strona 63) oraz w tabeli 5 (strona 66), liczby powinny być zapisane do tych samych cyfr znaczących;
- w tabeli 9 (strona 93) zapis prekursora tytanu jest w języku angielskim, zapewne to zupełnie przypadkowe niedopatrzenie.

Wyżej wymienione uwagi/komentarze są jedynie drobnymi sugestiami i proszę, aby Doktorantka nie ustosunkowywała się do nich podczas publicznej obrony. Ponadto, w trakcie lektury rozprawy doktorskiej nasunęły mi się pewne pytania do dyskusji:

1. Na stronie 29 przedstawiła Pani skład chemiczny najpopularniejszego z medium hodowlanego F/2 Guillarda, proszę o przedstawienie składu dwóch pozostałych opisywanych przez Panią, tzn.: Walne oraz Provasoli;
2. Czym był podyktowany dobór gatunku okrzemek (*Pseudostaurosira trainorii*), który był wykorzystywany w trakcie syntezy uzyskanych kompozytów? Czy podobne badania prowadziła Pani z zastosowaniem innych gatunków okrzemek?
3. Jako prekursor jonów tytanu zastosowała Pani tertbutanolan tytanu – czy zamierza Pani w przyszłości zastosować inny prekursor tych jonów?
4. Przedstawione przez Panią wyniki są bardzo interesujące, wykazują duży potencjał aplikacyjny, czy zastanawiała się Pani może nad realizacją badań na skalę przemysłową?

Tak jak wspomniałam powyżej, wszystkie wskazane w recenzji uwagi, wątpliwości i dostrzeżone uchybienia mają charakter całkowicie dyskusyjny, nie pomniejszają wysokiej wartości merytorycznej i nie zmieniają bardzo pozytywnej oceny przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej.

Dorobek naukowy Doktorantki

Po zapoznaniu się z wykazem osiągnięć Doktorantki w pracy nauko-badawczej, stwierdzam, że jest on wyróżniający. Obejmuje on 7 publikacji naukowych z listy A czasopism punktowanych przez MEiN, o łącznym współczynniku wpływu (z roku opublikowania pracy) **IF = 28,512**, co daje średnią wartość na poziomie **4,073** na publikację, 1 pracę w materiałach pokonferencyjnych, 1 pracę popularno-naukową, 11 wystąpień ustnych oraz 6 wystąpień porterowych na konferencjach naukowych. Ponadto, Doktorantka brała czynny udział w organizowaniu konferencji naukowych, odbyła jeden wyjazd zagraniczny, brała udział w realizacji projektu naukowego oraz otrzymała trzy granty badawcze. Działalność naukowa Pani mgr Weroniki Brzozowskiej została trzykrotnie nagrodzona.

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr Weroniki Brzozowskiej spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim określone w *art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r. poz. 1668)*. W związku z tym, wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Morzu i Środowisku Uniwersytetu Szczecińskiego o dopuszczenie Pani mgr Weroniki Brzozowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego i nadanie Jej stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie Nauki o Ziemi i środowisku. Ponadto, biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom naukowy pracy wpływający znacząco na rozwój dyscypliny naukowej oraz wyróżniający dorobek naukowy Doktorantki wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Morzu i Środowisku Uniwersytetu Szczecińskiego o **wyróżnienie rozprawy doktorskiej** Pani mgr Weroniki Brzozowskiej.

Felicja - Gura Agnieszka