

Prof. zw. dr hab. inż. Tadeusz Kulik

Warszawa, dn. 10.08.2018

Wydział Inżynierii Materiałowej

Politechniki Warszawskiej

RECENZJA

jednotematycznego cyklu publikacji **dr inż. Agnieszki JASTERZĘBSKIEJ**

pod tytułem

„Nanohybrydowe układy bioaktywne i biosorpcyjne z udziałem grafenu, wytworzone metodą kowalencyjnej modyfikacji powierzchni grafenu nanocząstkami”

oraz

ocena całokształtu osiągnięć naukowo-badawczych, dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, prof. dr hab. Jarosława Mizery z dnia 9 maja 2018 roku w związku z decyzją Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o powołaniu recenzentów nr BCK-VI-L-8490/17 z dnia 13 kwietnia 2018 r.

Informacje ogólne

Dr inż. Agnieszka Jastrzębska jest absolwentką Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. Studia ukończyła w roku 2007 uzyskując stopień magistra inżyniera. W marcu 2008 roku rozpoczęła studia doktoranckie w Zakładzie Materiałów Ceramicznych i Polimerowych Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. W roku 2012 uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych w obszarze inżynierii materiałowej. Od maja 2012 roku jest zatrudniona na stanowisku technologa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW.

Ocena całokształtu dorobku naukowo-badawczego

Zainteresowanie Habilitantki syntezą nanomateriałów i badaniem ich właściwości bioaktywnych rozpoczęło się jeszcze w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych. Jeszcze jako doktorantka WIM PW opracowała nowatorską metodę wytwarzania nanoproszków $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ag}$. Wykorzystała w tym celu rozkład termiczny organicznego prekursora i redukcję produktu pośredniego. Wyniki badań wykazały, że nanoproszki $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ag}$ wytworzone tą metodą odznaczają się mniejszą aglomeracją oraz lepszymi właściwościami bakteriobójczymi i grzybobójczymi niż nanoproszki wytworzone innymi metodami. Wyniki tych badań zostały opublikowane w 10 artykułach, przy czym trzy z nich zostały opublikowane w czasopiśmie z listy JCR. Habilitantka uczestniczyła również w pracach nad modyfikacją nanoproszku Al_2O_3 jonami metali ziem rzadkich oraz badaniach nad elektrolitami litowymi. Rezultaty tych badań zostały opublikowane w kolejnych 9 artykułach naukowych, z których 5 opublikowano w czasopiśmie z listy JCR. Dorobek Habilitantki z okresu przed uzyskaniem stopnia doktora jest wyjątkowo imponujący i obejmuje 19 artykułów naukowych, 20 wystąpień konferencyjnych i 6 zgłoszeń patentowych. Łączny Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania) publikacji z tego okresu wynosi 18,02 a liczba cytowań publikacji wynosi 50 (według bazy danych *Web of Science*).

Obroniona 2 marca 2012 roku praca doktorska pt. „Otrzymywanie i właściwości nanocząstek srebra osadzonych na podłożu w postaci nanoproszku tlenku glinu” stanowiła doskonale przygotowanie warsztatu naukowego i eksperymentalnego do dalszej pracy naukowej w obszarze syntezy i badania właściwości bioaktywnych i biosorpcyjnych nanokompozytów wytwarzanych metodą kowalencyjnej modyfikacji powierzchni grafenu. Wyniki 6-letnich badań w tym obszarze zaowocowały osiągnięciem naukowym zgłoszonym jako podstawa do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Osiągnięcie to zostało scharakteryzowane w dalszej części niniejszej opinii.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka znacząco pomnożyła swój dorobek naukowy publikując kolejne 32 artykuły, z których 13 znajduje się w czasopiśmie z listy JCR o łącznym IF=49,42 (zgodnie z rokiem opublikowania).

Całkowity dorobek publikacyjny Habilitantki obejmuje ponad 130 artykułów naukowych o łącznym IF=67,45 (zgodnie z rokiem opublikowania), z których 35

znajduje się w czasopismach z listy JCR. Artykuły Habilitantki były cytowane łącznie ponad 250 razy (według bazy danych *Web of Science*), co świadczy o ich oryginalności i aktualności tematycznej. Indeks *Hirsha* według bazy *Web of Science* wynosi 7. Habilitantka uczestniczyła również w licznych konferencjach naukowych, prezentując ponad 40-krotnie swoje wyniki na konferencjach zagranicznych i krajowych, często jako *invited speaker*. Ponadto, Habilitantka jest współautorką 10 przyznanych patentów oraz 3 zgłoszeń patentowych (w tym 2 międzynarodowych).

Należy podkreślić, że wybitne osiągnięcia naukowe dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej zyskały uznanie JM Rektora Politechniki Warszawskiej, który uhonorował Ją nagrodą I-stopnia (za działalność naukową w latach 2014-2015) i II stopnia (za działalność naukową w latach 2012-2013).

Całokształt dorobku naukowo-badawczego dr inż. Agnieszki Jastrzębskiej zasługuje na najwyższą ocenę zarówno w kategoriach ilościowych jak i jakościowych.

Ocena zgłoszonego osiągnięcia naukowego

Kandydatka do stopnia naukowego doktora habilitowanego przedstawiła do oceny osiągnięcie naukowe pod wspólnym tytułem „**Nanohybrydowe układy bioaktywne i biosorpcyjne z udziałem grafenu, wytworzone metodą kowalencyjnej modyfikacji powierzchni grafenu nanocząstkami**” w postaci cyklu 11 współautorskich artykułów naukowych opublikowanych w latach 2012-2017 oraz 4 patentów udzielonych przez Urząd Patentowy RP w latach 2016 i 2017. We wszystkich artykułach dr inż. Agnieszka Jastrzębska jest pierwszym autorem a w patentach trzecim autorem. Według oświadczeń współautorów udział Habilitantki w artykułach był dominujący (w 5 artykułach od 43 do 58% a w 6 artykułach od 60 do 95%) i polegał na tworzeniu koncepcji, przeprowadzaniu eksperymentów, analizie i opracowaniu wyników oraz redakcji artykułów. W 3 patentach udział Habilitantki wynosi 25% a w jednym 20%.

Dorobek Habilitantki w dziedzinie wykorzystania grafenu w procesie wytwarzania nanokompozytów o odpowiednich właściwościach biologicznych rozpoczyna się publikacją z roku **2012**, oznaczoną symbolem **H15**, która została wymieniona na ostatnim miejscu w wykazie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego będącego podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Habilitantka przedstawiła w nim obszerny (21-stronicowy) przegląd literatury oraz analizę stanu zagadnienia na temat potencjalnej przydatności grafenu w zastosowaniach biologicznych. Przedstawiła dostępne wówczas dane na temat właściwości toksycznych wybranych przedstawicieli rodziny materiałów grafenowych i ich toksyczny wpływ, zwłaszcza na bakterie, ale również na komórki zwierząt i roślin. Bardzo istotnym, z punktu widzenia dalszych badań Habilitantki, był wątek dotyczący wpływu modyfikacji powierzchni materiałów grafenowych na zmniejszenie efektu toksycznego wobec komórek. O wartości merytorycznej tej publikacji świadczy bardzo duża liczba cytowań (100) przez autorów nie będących jej współautorami. Jest to najczęściej cytowana publikacja Habilitantki.

Efektem dogłębnego zbadania tematyki, wytyczenia programu badań i przeprowadzonych pierwszych badań własnych w tym obszarze jest kolejna pozycja osiągnięcia naukowego oznaczona symbolem **H14**. Jest to zgłoszenie patentowe z roku 2012 zatytułowane „Sposób otrzymywania modyfikowanych płatków grafenu”. Patent został przyznany w roku 2016 i chroni wynalazek obejmujący nanokompozytowe płatki z układu RGO/Al₂O₃ oraz sposób ich wytwarzania, gdzie RGO oznacza zredukowany tlenek grafenu (*Reduced Graphene Oxide*). Habilitantka opisała w tym patencie sposób modyfikowania powierzchni płatków grafenu nanocząstkami Al₂O₃.

Pięć kolejnych pozycji osiągnięcia naukowego (**H9-H13**) pochodzi z roku **2015**. Są to dwie publikacje i trzy zgłoszenia patentowe, po których rozpatrzeniu Urząd Patentowy RP przyznał trzy patenty w roku 2017. Jeden z artykułów (**H13**) przedstawia nową metodę wytwarzania nanokompozytów RGO/Al₂O₃ polegającą na modyfikacji powierzchni grafenu nanocząstkami Al₂O₃ wykorzystując suchy proces zol-żel. Metoda ta zainteresowała innych badaczy o czym świadczy 6 cytowań tej publikacji przez autorów nie będących jej współautorami. Natomiast artykuł **H12** jest kolejnym (21-stronicowym) przeglądem literatury, tym razem na temat ekotoksycznych właściwości rodziny materiałów grafenowych. Habilitantka zidentyfikowała, kompetentnie przeanalizowała i podsumowała dostępne dane literaturowe z zakresu wpływu tych materiałów na środowisko glebowe i wodne. Dokonała również oceny skutków przedostania się nanokompozytów RGO/Al₂O₃ do środowiska naturalnego oraz wskazała na potrzebę prowadzenia dalszych badań w tym zakresie. Analogicznie do pozycji **H15**, również ten artykuł cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem środowiska naukowego. Pomimo krótkiego okresu jaki

upłynął od jego opublikowania był już 19-krotnie cytowany przez autorów nie będących jego współautorami. Pozycje **H9-H11** stanowią pozostałe trzy patenty, w których Habilitantka opisała i zastrzegła sposób otrzymywania modyfikowanych powierzchniowo płatków grafenu. Patent **H11** dotyczy wytwarzania płatków grafenu modyfikowanych powierzchniowo nanocząstkami kompozytowymi Al_2O_3 -metal szlachetny. Patent **H10** chroni sposób wytwarzania płatków grafenu modyfikowanych powierzchniowo nanocząstkami TiO_2 . Natomiast patent **H9**, analogicznie jak **H11**, dotyczy wytwarzania płatków grafenu modyfikowanych powierzchniowo nanocząstkami kompozytowymi, lecz w tym przypadku zastosowano nanocząstki kompozytowe TiO_2 -metal szlachetny.

Z dorobku roku **2016** Habilitantka przedstawiła trzy osiągnięcia w postaci artykułów naukowych (**H6-H8**). W publikacjach **H7** i **H8** przedstawione zostały wyniki badań właściwości elektrostatycznych nanocząstek, odpowiednio TiO_2 i Al_2O_3 , osadzanych na powierzchni zredukowanego tlenku grafenu (RGO). Habilitantka wykazała, że nanoszenie cząstek powyższych tlenków na powierzchnię płatków RGO znacząco modyfikuje ich właściwości elektrostatyczne. Obydwa te artykuły spotkały się z dużym zainteresowaniem środowiska o czym świadczą cytowania przez autorów nie będących ich współautorami: 10 cytowań pozycji **H7** i 5 cytowań pozycji **H8**. W pracy **H6** Habilitantka opisała wpływ obecności zredukowanego tlenku grafenu na właściwości bioaktywne wytworzonych nanokompozytów $\text{RGO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ -metal, stosując trzy metale: srebro, złoto lub pallad. Bardzo ważnym rezultatem badań przedstawionych w tej publikacji jest fakt wykazania, iż tylko w przypadku nanokompozytu zawierającego srebro, czyli w $\text{RGO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Ag, stwierdzono istnienie właściwości antybakteryjnych. Tym samym udowodniono, że obecność srebra w składzie materiału jest niezbędna do uzyskania właściwości biobójczych nanokompozytów grafenowych.

Pierwszych pięć pozycji osiągnięcia naukowego (**H1-H5**) to artykuły naukowe opublikowane w roku **2017**. Publikacja **H2** zawiera wyniki badań aktywności biologicznej i adsorpcyjnej trzech materiałów grafenowych: grafen, tlenek grafenu i zredukowany tlenek grafenu (RGO) w porównaniu do nano- Al_2O_3 . Badania wykazały, że żaden materiał grafenowy nie wykazywał właściwości biobójczych. Dlatego tak istotnym zagadnieniem, szeroko badanym przez Habilitantkę w ostatnich latach, okazała się odpowiednia modyfikacja powierzchni grafenu. Artykuł **H5** ma charakter technologiczny, gdyż opisano w nim wyniki kontrolowanej syntezy nanokompozytów

RGO/Al₂O₃ wykorzystując nową metodę, tj. metodę suchą zol-żel. Metoda ta pozwoliła uzyskać zmniejszenie niepożądaną aglomeracji płatków nanokompozytowych i równomiernie pokryć powierzchnię zredukowanego tlenku grafenu (RGO) nanocząstkami Al₂O₃.

Artykuł **H1** przedstawia wyniki badań tej samej grupy materiałów, które scharakteryzowano w publikacji **H6**, ale w tym przypadku badano właściwości biosorpcyjne w odniesieniu do czterech różnych szczepów bakterii. Wykazano, że wszystkie badane materiały charakteryzowały się dobrymi właściwościami adsorpcyjnymi w stosunku do bakterii *Bacillus sp.* oraz bakterii *Escherichia coli* w zakresie pH bliskim neutralnego. Wynik ten potwierdził przydatność opracowanych przez Habilitantkę nanokompozytów RGO/Al₂O₃-metal do filtracji wody pitnej. Interesującym rezultatem był również fakt, iż najlepszą adsorpcję wykazał nanokompozyt RGO/Al₂O₃-Au. Jednak autorzy tej publikacji słusznie uznali, że najbardziej efektywnym materiałem jest nanokompozyt RGO/Al₂O₃-Ag, który charakteryzuje się zarówno dobrymi właściwościami bioadsorpcyjnymi jak i biobójczymi.

Habilitantka badała również właściwości bioaktywne nanokompozytów RGO/TiO₂-metal (praca **H3**), jednak brak właściwości antybakteryjnych tych materiałów wykluczył ich wykorzystanie do filtracji wody pitnej.

W związku z powyższymi rezultatami, wskazującymi że ważną rolę odgrywa również tlenek metalu, Habilitantka przedstawiła w publikacji **H4** wyniki badań porównawczych nad możliwością uzyskania właściwości biobójczych układu nanokompozytowego RGO/Ag stosując modyfikację powierzchni różnymi tlenkami, głównie metali, i wytwarzając nanokompozyt typu RGO/MeO-Ag. Do modyfikacji wykorzystwała cztery tlenki MeO: Al₂O₃, TiO₂, ZnO₂ i SiO₂. Habilitantka wykazała eksperymentalnie, że właściwości antybakteryjne dla dużej liczby badanych szczepów bakterii wykazywały jedynie układy modyfikowane trójtlenkiem glinu (Al₂O₃) i dwutlenkiem krzemu (SiO₂), przy czym stwierdzono, że nanocząstki SiO₂ osadzały się na powierzchni RGO w sposób niejednorodny i powodowały aglomerację płatków nanokompozytu.

Podsumowując należy stwierdzić, że dr inż. Agnieszka Jastrzębska konsekwentnie zrealizowała kompleksowy program badań w obszarze syntezy efektywnych nanokompozytów na bazie grafenu wykazujących dobre właściwości bioaktywne i biosorpcyjne. Owocem tych badań jest nie tylko kilkanaście artykułów

naukowych opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach zagranicznych ale również cztery patenty przyznane przez Urząd Patentowy RP.

Oceniając zbiór 11 publikacji zaprezentowanych przez dr inż. Agnieszkę Jastrzębską, stanowiący (obok 4 patentów) podstawę wniosku o nadanie Jej stopnia naukowego doktora habilitowanego, należy zwrócić uwagę, że wszystkie one ukazały się w czasopismach z listy JCR a łączny IF (zgodny z rokiem opublikowania) wynosi 19,35. Warto podkreślić, że doczekały się one już 140 cytowań (według bazy danych *Web of Science*), co stanowi bardzo dobry wynik biorąc pod uwagę fakt, iż były one opublikowane niedawno (w latach 2012-2017). Fakt ten niewątpliwie świadczy o oryginalności zamieszczonych w nich wyników badań.

Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

Dr inż. Agnieszka Jastrzębska posiada bogaty dorobek aż w 9 spośród 14 obszarów (kryteriów) oceny wymienionych w paragrafie 5 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku.

1. Habilitantka uczestniczyła w międzynarodowym programie ERA-NET-MicroNanoTechnologies finansowanym ze środków NCBIr i UE. Uczestnictwo to było związane z realizacją projektu badawczo-rozwojowego „Inteligentne funkcje opakowań z dodatkiem materiałów nanostrukturalnych do zastosowań w ochronie żywności” o akronimie SMARTPACK, w którym Dr Jastrzębska pełniła funkcję kierownika czterech zadań. W ramach realizacji projektu Habilitantka nawiązała współpracę z prof. Ancą Peter z Politechniki w Cluj w Rumunii. Owocem tej współpracy są między innymi wspólny artykuł opublikowany w *Chemical Papers*, czyli w czasopiśmie z bazy JCR oraz współautorskie zgłoszenie patentowe do Europejskiego Urzędu Patentowego.

2. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska aktywnie uczestniczyła w licznych międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych prezentując swoje wyniki 30-krotnie w formie plakatu (w tym 17-krotnie po uzyskaniu stopnia doktora), 12-krotnie wygłaszając regularne referaty (w tym 5-krotnie po uzyskaniu stopnia doktora) oraz 5-krotnie wygłaszając referaty zaproszone (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora). Ponadto, Habilitantka brała czynny udział w organizacji i prowadzeniu sesji tematycznych dwóch konferencji zagranicznych.

3. Habilitantka uczestniczyła w grupie badawczo rozwojowej powołanej w ramach współpracy warszawskich jednostek naukowych oraz w międzynarodowym konsorcjum naukowym utworzonym w celu realizacji w/w projektu SMARTPACK w charakterze członka zespołu zarządzającego.

4. Dr inż. Agnieszka Jastrzębska współpracowała naukowo z przedstawicielami trzech polskich firm zlokalizowanych w Warszawie, Krakowie i Tomaszowie Mazowieckim.

5. Habilitantka jest członkiem rady redakcyjnej międzynarodowego czasopisma *Advanced Nanoscience and Technology*.

6. Dr Jastrzębska jest członkiem dwóch zagranicznych stowarzyszeń naukowych: od 2017 roku *International Association of Advanced Materials* (Szwecja) oraz od 2016 roku *BIT Congress Inc.* (Chiny).

7. W ramach aktywności dydaktycznej dr inż. Agnieszka Jastrzębska prowadzi wykład i zajęcia laboratoryjne w formie obieralnego przedmiotu oferowanego studentom II stopnia pt. „Nanomateriały bioaktywne – wytwarzanie, charakteryzacja, zastosowanie w przemyśle” oraz zajęcia laboratoryjne „Materiały ceramiczne”. Habilitantka jest laureatką Zespołowej Nagrody II stopnia JMR PW za osiągnięcia dydaktyczne przyznanej w roku 2015 za współautorski skrypt dla studentów pt. „Tworzywa ceramiczne – Ćwiczenia laboratoryjne”.

8. Habilitantka jest ekspertem trzech podmiotów finansujących badania naukowe: Mazowieckiej Jednostki Wdrażania Programów Unijnych (od lutego 2016), Banku Gospodarstwa Krajowego (od marca 2017) i NCBiR (od maja 2017).

9. Dr Jastrzębska recenzowała ponad 80 projektów dla Mazowieckiej Jednostki Wdrażania Programów Unijnych oraz ponad 20 projektów dla NCBiR w większości przypadków w roli eksperta wiodącego zarówno w trybie konkursowym jak i odwoławczym. Ponadto, recenzowała ponad 20 publikacji dla 7 prestiżowych czasopism zagranicznych.

Chciałbym podkreślić, że scharakteryzowany powyżej dorobek Habilitantki w dziedzinie działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej i współpracy międzynarodowej oceniam bardzo wysoko.

Ocena końcowa i wnioski

Przedłożony mi do oceny jednotematyczny cykl publikacji pod tytułem „**Nanohybrydowe układy bioaktywne i biosorpcyjne z udziałem grafenu, wytworzone metodą kowalencyjnej modyfikacji powierzchni grafenu nanocząstkami**” stanowi niezwykle istotny wkład Habilitantki w dyscyplinę inżynierii materiałowej. Uważam, że dr inż. Agnieszka Jastrzębska jest wysokiej klasy naukowcem specjalizującym się w syntezie oraz badaniu właściwości bioaktywnych i biosorpcyjnych nanokompozytów wytwarzanych metodą kowalencyjnej modyfikacji powierzchni grafenu. **Cały jej dotychczasowy dorobek uznaję za wyróżniający się.**

Na podstawie dokonanej oceny osiągnięcia naukowego przedstawionego w cyklu 11 monotematycznych publikacji i 4 patentów oraz oceny całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej stwierdzam, że dr inż. Agnieszka Jastrzębska wykazała kompetencję i dojrzałość naukową w stopniu uzasadniającym uzyskanie samodzielności naukowej i spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o „Stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” wraz ze zmianami z dnia 18 marca 2011 roku. Z pełnym przekonaniem popieram wnioski o nadanie dr inż. Agnieszce Jastrzębskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

