



**AGH** AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki**

**Prof. dr hab. Andrzej Bobrowski**

e-mail: abobrow@agh.edu.pl

Kraków, 12.06.2022

## **RECENZJA**

**rozprawy habilitacyjnej zatytułowanej “Modyfikacja oraz badania powierzchni materiałów elektrodowych na potrzeby analityki i bioanalityki” oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr Pawła Niedziałkowskiego**

### *Informacje ogólne*

Dr Paweł Niedziałkowski ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Gdańskiego w 2004 roku, a stopień doktora nauk chemicznych uzyskał w 2010 roku. Promotorem pracy magisterskiej, jak i wyróżnionej w konkursie Oddziału Gdańskiego PTCh pracy doktorskiej, był prof. dr hab. Tadeusz Ossowski. Po obronie doktoratu dr Niedziałkowski został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Chemii Analitycznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego, gdzie kontynuuje owocną działalność naukową i dydaktyczną.

W dniu 24.01.2022 dr Paweł Niedziałkowski wystąpił z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne. Przygotowana dokumentacja, którą otrzymałem w wersji elektronicznej, zawierała osiem załączników, w tym autoreferat w języku polskim i angielskim, kopie 12 publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, oświadczenia współautorów tych prac o ich udziale oraz wykaz innych osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych.

## ***Ocena osiągnięcia badawczego***

Przedłożona do oceny rozprawa habilitacyjna dr Pawła Niedziałkowskiego pt. „Modyfikacja oraz badania powierzchni materiałów elektrodowych na potrzeby analityki i bioanalityki” stanowi cykl 12 powiązanych tematycznie publikacji (oznaczonych jako H1 - H12), które ukazały się drukiem w latach 2013-2020 w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. W autoreferacie Kandydat szczegółowo omówił tematykę tych prac, podkreślając jego istotny udział w badaniach i nowatorskich osiągnięciach.

Publikacje zgłoszone jako osiągnięcie są wieloautorskie i powstały w zespołach składających się od 6 do 12 wykonawców. Jest to jednak w pełni uzasadnione ponieważ są efektem badań interdyscyplinarnych, prowadzonych w dużych zespołach skupiających specjalistów zatrudnionych w różnych ośrodkach badawczych i prezentujących różne dziedziny naukowe. Ponadto, część prezentowanych w publikacjach rezultatów została uzyskana przez zespoły międzyuczelniane w wyniku realizacji wspólnych projektów grantów. W większości prac dr Niedziałkowski był głównym pomysłodawcą badań, w pięciu pierwszym autorem, a w trzech publikacjach był autorem korespondencyjnym. W oparciu o analizę treści prac i oświadczeń współautorów nie mam najmniejszych wątpliwości, że udział Kandydata był wiodący w opracowaniu nowatorskich sposobów otrzymywania nowych sensorów i określeniu ich przydatności analitycznej.

Konstrukcja czujników chemicznych, stanowiących efektywne narzędzie umożliwiające detekcję śladowych zawartości zarówno substancji nieorganicznych jak i organicznych, jest zadaniem, przed którym stają analitycy na całym świecie. Największe praktyczne zastosowania w chemii analitycznej, biologii i diagnostyce medycznej znajdują czujniki elektrochemiczne, generujące sygnały elektryczne. W konsekwencji liczne prace badawcze, podjęte już w latach 70-tych ubiegłego stulecia, koncentrują się na poszukiwaniu nowych materiałów elektrodowych w wyniku celowej immobilizacji różnych substancji na powierzchni przewodzącego lub półprzewodnikowego podłoża. Podłożem stosowanym w modyfikowanych elektrodach są zazwyczaj różne odmiany węgla oraz metale szlachetne, na które nanosi się cienką warstwę materiału specyficznie oddziałującego z analitem. Współcześnie do modyfikacji, najczęściej prowadzonej na drodze chemicznej względnie elektrochemicznej, wykorzystuje się cały szereg substancji nieorganicznych, organicznych, polimerowych, biologicznych i nanokompozytowych. Prace nad modyfikacją elektrod prowadzone są przez liczne zagraniczne i polskie zespoły badawcze, a ich efektem jest otrzymywanie nowych sensorów lub biosensorów elektrochemicznych, umożliwiających

selektywne wykrywanie i oznaczanie jonów metali i ich związków oraz całego szeregu związków organicznych, w tym również markerów biologicznych z dużą czułością i niską granicą detekcji. Tematyka rozprawy mieści się w powyższym aktualnym nurcie badań, a prowadzone przez dr Niedziałkowskiego prace badawcze związane z projektowaniem i otrzymywaniem nowych materiałów elektrodowych uważam za nowatorskie i wartościowe zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia.

Badania Kandydata przedstawione w rozprawie obejmowały:

- opracowanie procedur elektrochemicznej modyfikacji powierzchni podłoża zbudowanego zarówno z tradycyjnych (diament domieszkowany borem (BDD) oraz Au) jak i z nowoczesnych materiałów, stosowanych od niedawna w elektroanalizie (nanościenne rurki węglowe domieszkowane borem (B:CNWs) oraz światłowód pokryty cienką warstwą tlenku cyny domieszkowanego indem (ITO));
- określenie właściwości elektrochemicznych zmodyfikowanych elektrod technikami woltamperometrii cyklicznej (CV) i pulsowej różnicowej (DPV) oraz impedancji faradajowskiej (EIS);
- wyznaczenie parametrów metrologicznych opracowanych metod analitycznych takich, jak wykrywalność, czułość i selektywność;
- prezentacje możliwości wykorzystania otrzymanych nowych elektrod do detekcji biomolekuł i wybranych leków metodami elektrochemicznymi, a w niektórych przypadkach również optycznymi.

Należy jednak podkreślić, że badania Kandydata nie ograniczały się do otrzymywania nowych elektrod modyfikowanych, określenia ich właściwości elektrochemicznych, struktury chemicznej i morfologii oraz podania przykładów ich zastosowania. Dr Niedziałkowski podejmował również udane próby wyjaśnienia charakteru procesów zachodzących podczas generacji filmów elektrodowych oraz zjawisk zachodzących podczas oddziaływania elektrody z analitem. W szczególności na wyróżnienie zasługuje umiejętne zastosowanie techniki EIS w badaniu procesów zachodzących w trakcie modyfikacji i funkcjonalizacji elektrod oraz biegłość w interpretacji widm impedancyjnych.

Lista oryginalnych osiągnięć Kandydata uzyskanych podczas realizacji rozprawy habilitacyjnej jest imponująca, a do najcenniejszych można zaliczyć:

- wykazanie, że z zastosowaniem odpowiednio zmodyfikowanych elektrod typu BDD i B:CNWs można dokonać szybkiej i specyficznej detekcji białka M1 pochodzącego z dwu typów wirusa grypy z ekstremalnie niską granicą wykrywalności na poziomie fg/mL

stosując metodę spektroskopii impedancyjnej (H.6 i H.7). Prace te są doskonałym przykładem nowatorskich osiągnięć Kandydata;

- opracowanie optymalnych procedur otrzymywania elektrod o specyficznych właściwościach elektrochemicznych, umożliwiających detekcję adeniny, guaniny i kofeiny, a także jedno i dwuniciowego DNA w wyniku modyfikacji podłoża typu BDD względnie B:CNWs (H.3 - H.5);
- modyfikację podłoża typu BDD oligonukleotydem pozwalającą na wykrycie genu DEFB1 na poziomie 1 ng/mL i rozróżnienie materiału genetycznego pochodzącego od człowieka oraz od zwierzęcia (H.11);
- poddanie powierzchni światłowodu, pokrytego filmem ITO, modyfikacji skutkującej uzyskaniem elementu czujnika pozwalającego na detekcję awidyny oraz oznaczenie ketoprofenu technikami elektrochemicznymi względnie optycznymi (H.10, H.9);
- otrzymanie elektrody umożliwiającej wykrycie jednego z markerów chorób nowotworowych, liganda białka programowanej śmierci komórkowej (PD-L1) i jego rozróżnienie od białka programowanej śmierci (PD-1) w efekcie modyfikacji podłoża klasycznej elektrody złotej cząsteczkami BMS-8 (H.12).

Pozostałe, nie wymienione powyżej osiągnięcia Kandydata, są również znaczące i zawierają szereg elementów nowości. Dr Niedziałkowski wykazał dużą inwencję zarówno w planowaniu eksperymentów, doborze materiałów do modyfikacji elektrod i sposobów generacji filmów na powierzchni elektrod, a także w doborze technik badawczych. Doskonała znajomość chemii organicznej pozwoliła Kandydatowi na umiejętny dobór związków organicznych wykorzystywanych do modyfikacji i funkcjonalizacji elektrod. Otrzymane przez Kandydata elektrody modyfikowane wykazują dużą stabilność, a opracowane do detekcji kwasów nukleinowych, białek i wirusów metody analityczne cechuje niska granica wykrywalności, krótki czas odpowiedzi, mała ilość interferencji oraz wysoka czułość. Dr Niedziałkowski nie ograniczał się w badaniach do technik elektrochemicznych, lecz umiejętnie wykorzystywał, przy współpracy z innymi badaczami, techniki spektroskopowe (XPS) i mikroskopowe (SEM) do określenia morfologii, struktury i właściwości zmodyfikowanych materiałów. Na podkreślenie zasługuje też jego doskonała umiejętność współpracy w dużych zespołach badawczych.

Publikacje zgłoszone jako osiągnięcie ukazały się w renomowanych czasopismach międzynarodowych o wysokim współczynniku oddziaływania takich, jak np. *Biosensors and Bioelectronics* (IF 10,26), *Applied Materials & Interface Science* (IF 8,1), *Sensors and Actuators B: Chemical* (IF 7,50), *Bioelectrochemistry* (IF 5,4), *Journal of Physical Chemistry*

(IF 4,8), Scientific Reports (IF 4,1), Optics Express (IF 3,9), Sensors (IF 3,0), Journal of Electrochemical Chemistry (IF 2,8) i Electroanalysis (IF 2,8). Sumaryczny IF omawianego cyklu prac Kandydata jest wysoki i wynosi IF = 61,4, co znacznie przekracza wymagania dotyczące wartości tego indeksu stawiane kandydatom przez przodujące krajowe wydziały chemiczne. Liczba niezależnych cytowań tych prac wynosi 275 pomimo stosunkowo krótkiego okresu od momentu ich opublikowania. Wysoka liczba cytowań, w tym w czasopiśmie o dużym prestiżu naukowym (np. w Analytical Chemistry) świadczy o zainteresowaniu światowej społeczności naukowej tematyką prac zgłoszonych jako osiągnięcie i otrzymanymi przez Kandydata rezultatami.

Autoreferat i dołączone do niego materiały są doskonałym udokumentowaniem bogatej działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata, jednak język autoreferatu nie wzbudza entuzjazmu recenzenta. Autoreferat zawiera szereg drobnych usterek językowych i źle sformułowanych zdań, jak np.:

- „Przystępując do realizacji wyżej postawionego celu, proces elektrochemicznego utlenienia przedstawiono jedynie na elektrodach wykonanych z węgla szklanego uwzględniający tylko różnicową voltamperometrię pulsową (DPV)” (str. 10).
- „Właściwości i modyfikacja elektrod tlenkowe (ITO) oraz elektrod złotych” (str. 6).
- „Na bazie zdobytych doświadczeń ...” (str. 17).
- „Udowodniłem, że poprzez zastosowana przeze mnie metoda elektrochemicznej modyfikacji elektrody ...” (str. 27).

Ponadto, na stronie 20 jest odwołanie do rysunku 13, a powinno być do rysunku 12. Przypuszczam, że pracowity i zaangażowany w realizację wielu projektów Kandydat nie miał czasu na dokonanie korekty tekstu.

### ***Ocena pozostałego dorobku naukowego***

Badania Kandydata podczas realizacji pracy doktorskiej koncentrowały się na opracowaniu metod syntezy i oznaczenia związków organicznych, przede wszystkim eterów koronowych, pochodnych aminokwasów i peptydów oraz możliwości ich wykorzystania w rozpoznaniu molekularnym jonów metali. Efektem działalności naukowej przed doktoratem jest współautorstwo siedmiu publikacji ogłoszonych w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej i rozdziały w 11 monografiach wydanych przez krajowe wydawnictwo Betagraf z Poznania oraz ukraińskie wydawnictwo z Doniecka.

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydat znacznie poszerzył i rozwinął tematykę naukową. Skupił się na syntezie pochodnych 9,10-antrachinonu i ich modyfikacji w celu otrzymania molekuł o wysokiej aktywności biologicznej. Podczas realizacji tych prac aktywnie współpracował z prof. Grzegorzem Schrederem, cenionym specjalistą w zakresie chemii supramolekularnej z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu i prof. Joanną Wietrzyk z Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN. W wyniku tej współpracy powstało kilka wartościowych prac naukowych oraz 8 patentów. Doświadczenie zdobyte podczas preparatyki związków makrocyclicznych Kandydat umiejętnie wykorzystał do modyfikacji powierzchni sensorów elektrochemicznych i optycznych.

Drugim podstawowym nurtem badań dr Niedziałkowskiego były prace nad modyfikacją powierzchni elektrod, przede wszystkim typu BDD. Rezultatem tych studiów, prowadzonych we współpracy z prof. Robertem Bogdanowiczem z Politechniki Gdańskiej oraz badaczami z wielu innych ośrodków akademickich i instytutu PAN, było opracowanie sensorów, w których wykorzystano zmodyfikowane przez Kandydata elektrody typu BDD, B:CNWs i światłowody pokryte warstwą ITO. Te ostatnie umożliwiały jednoczesne wykrywanie analitów technikami optycznymi i elektrochemicznymi.

W ilościowym ujęciu udokumentowany dorobek naukowy dr Niedziałkowskiego, bez uwzględnienia publikacji przedstawionych w rozprawie, jest znaczny i obejmuje:

- 49 artykułów opublikowanych w czasopismach z bazy JCR, w tym 42 po doktoracie;
- 19 rozdziałów w monografiach książkowych, wydanych przez krajowe i ukraińskie wydawnictwa;
- 62 referaty, komunikaty i plakaty prezentowane na konferencjach międzynarodowych;
- 102 referaty i doniesienia prezentowane na konferencjach krajowych;
- 1 patent europejski i 11 patentów krajowych.

Prace dr Niedziałkowskiego w przeważającej większości ukazały się w bardzo dobrych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku cytowań. Łączny IF prac Kandydata z roku opublikowania z włączeniem publikacji wchodzących w skład rozprawy wynosi  $IF = 211,94$ . Opublikowane prace zaowocowały 554 niezależnymi cytowaniami w literaturze światowej. Powyższe dane naukometryczne są doskonałe a wartość indeksu Hirscha wynosząca 14 według bazy Web of Science również spełnia zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk chemicznych. Chciałbym w tym miejscu podkreślić, że w większości prac zespołowych, nie wchodzących w skład rozprawy, wkład Kandydata często polegał na opracowaniu koncepcji badań, syntezie względnie elektrosyntezie związków organicznych i materiałów elektrodowych, wykonaniu

badan elektrochemicznych oraz współdziałanie w interpretacji wyników i opracowaniu manuskryptów. O ugruntowanej pozycji dr Niedziałkowskiego w środowisku naukowym świadczy również powierzenie mu wykonania 26 recenzji artykułów naukowych, w przeważającej większości przez redakcję czasopisma *Biosensors&Bioelectronic*, a także wygłoszenie dwu referatów plenarnych na konferencji międzynarodowej i krajowej. Naukowe osiągnięcia Kandydata były kilkakrotnie nagradzane przez Rektora Uniwersytetu Gdańskiego. Był także beneficjentem uczelnianych nagród dla młodych naukowców.

Dr Niedziałkowski aktywnie współpracuje z wieloma zespołami naukowców, co również potwierdza atrakcyjność i nowatorstwo jego tematyki badawczej. Współautorami jego publikacji są wybitni krajowi badacze, prezentujący dyscypliny chemiczne, biologiczne, medyczne i farmaceutyczne. Tak rozległej współpracy naukowej nie powstydziłby się niejeden profesor tytularny.

Kandydat wykazuje również aktywność w pozyskiwaniu grantów badawczych. Był kierownikiem trzech projektów badawczych ze strony Uniwersytetu Gdańskiego oraz współrealizatorem kolejnych trzech projektów, finansowanych przez NCN i MNiSzW. Był również kierownikiem czterech grantów subsydiowanych przez macierzystą Uczelnię.

W przeciwieństwie do owocnej współpracy z krajowymi ośrodkami naukowymi, udział Kandydata w stażach zagranicznych jest raczej skromny i ogranicza się do dwóch krótkich pobytów w Instytucie Nauki i Technologii Plazmy im. Leibniza w Greifswaldzie. Przypuszczam, że liczne obowiązki dydaktyczne oraz kierowanie projektami badawczymi, stanęły mu na przeszkodzie w realizacji dłuższych wyjazdów zagranicznych.

### ***Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego***

Z załączonej dokumentacji wynika, że dr Niedziałkowski może wykazać się pokaźnym dorobkiem dydaktycznym. Jeszcze jako doktorant prowadził wspólnie z promotorem, prof. Tadeuszem Ossowskim cykl wykładów zatytułowanych „Fizykochemiczne metody badań w kryminalistyce” oraz zajęcia laboratoryjne z tego przedmiotu, które nadal rozwija. Po obronie pracy doktorskiej opracował i samodzielnie prowadzi kolejne cykle wykładów: „Rozpoznanie molekularne” i „Naukowe sposoby badania śladów przestępstw metodami chemicznymi”. Ponadto, współprowadzi szereg innych wykładów dla studentów Wydziału Chemii oraz Wydziału Praw i Administracji. Działalność dydaktyczna Kandydata obejmuje również rozliczne zajęcia laboratoryjne i seminaria z chemii analitycznej, analizy

instrumentalnej oraz zastosowania fizykochemicznych metod w kryminalistyce. Dr Niedziałkowski był promotorem względnie opiekunem 16 prac magisterskich, 7 licencjackich, a także promotorem pomocniczym dwu prac doktorskich. Był też opiekunem naukowym studentki Natalii Malinowskiej, która otrzymała nagrodę im. Prof. Leszka Łankiewicza za najlepszą pracę magisterską obronioną na Wydziale Chemii UG w 2017 r. To wyróżnienie przyznawane wybitnym studentom za badania naukowe daje dużą satysfakcję opiekunowi, który z pewnością był pomysłodawcą tematyki tej pracy.

Doceniam również działalność popularyzatorską Kandydata. Z okazji Dni Otwartych Wydziału Chemii UG dr Niedziałkowski miał szereg wystąpień o charakterze popularyzatorskim, na których przedstawił interesujące zagadnienia związane z zastosowaniem metod analitycznych w kryminalistyce.

W zakresie działalności organizacyjnej dr Niedziałkowskiego na uwagę zasługuje udział w realizacji projektów badawczych, w tym w 3 w charakterze kierownika. Uczestniczył również w organizacji Bałtyckich Festiwali Nauki na Wydziale Chemii UG.

### ***Wniosek końcowy***

W podsumowaniu uważam, że rozprawa habilitacyjna dr Pawła Niedziałkowskiego wyróżnia się bardzo wysokim poziomem naukowym, a przedstawione badania stanowią istotny wkład w rozwój nauki światowej związanej z otrzymywaniem nowych materiałów elektrodowych i ich wykorzystaniem w czujnikach elektrochemicznych. Pozostały opublikowany dorobek Kandydata oraz jego aktywność naukowa, działalność dydaktyczna i organizatorska, a także umiejętność pracy zespołowej też zasługują na wysoką ocenę. Analiza dorobku naukowego i dydaktycznego dr Niedziałkowskiego jednoznacznie wskazuje, że jest już ukształtowanym badaczem potrafiącym stawiać oryginalne zadania badawcze i realizować wartościowe projekty oraz kierować zespołami badawczymi.

Uważam, że przedłożone osiągnięcia habilitacyjne oraz dorobek naukowy, dydaktyczny, popularyzatorski i organizacyjny Kandydata spełniają z nawiązką wymagania określone w ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 20 lipca 2018 roku i z pełnym przekonaniem wnioskuję o dopuszczenie dr Pawła Niedziałkowskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Andrzej Bobrowski