

Dr hab. inż. Anna Dołęga  
Katedra Chemii Nieorganicznej,  
Wydział Chemiczny  
Politechnika Gdańska  
e-mail: [anndoleg@pg.edu.pl](mailto:anndoleg@pg.edu.pl)

Gdańsk, 29.08.2018

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Beaty Bajorowicz pod tytułem  
"Otrzymywanie, charakterystyka i fotoaktywność modyfikowanych perowskitów"**

Praca doktorska mgr inż. Beaty Bajorowicz powstała w zespole i pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Adrianie Zaleskiej-Medyńskiej i jest kontynuacją badań zmierzających do otrzymania nowych materiałów o aktywności fotokatalitycznej. Ostatecznym, aplikacyjnym celem prowadzonych badań jest stworzenie urządzeń służących do unieszkodliwiania zanieczyszczeń organicznych w fazie gazowej lub ciekłej poprzez ich utlenienie na otrzymanych katalizatorach. Główny nacisk położony jest na modyfikację podstawowych związków o właściwościach fotokatalitycznych w celu zmniejszenia przerwy wzbronionej. Początkowo członkowie zespołu zajmowali się syntezą modyfikowanych materiałów półprzewodnikowych na bazie ditlenku tytanu, zaś obecnie spektrum badań jest poszerzane o nowe związki o właściwościach fotokatalitycznych między innymi opisane w doktoracie mgr Beaty Bajorowicz nieorganiczne związki o właściwościach półprzewodnikowych i strukturze perowskitu: niobian(V) i tantal(V) potasu. W badaniach doktorantki pojawiają się również nowe (w stosunku do poprzednich prac zespołu) sposoby modyfikacji podstawowych soli takie jak dekorowanie kropkami kwantowymi, które doktorantka nauczyła się samodzielnie syntetyzować i łączyć chemicznie z materiałem podstawowym. Przedłożony do recenzji doktorat jest dobrym świadectwem stałego rozwoju grupy badawczej działającej w Katedrze Technologii Środowiska, na Wydziale Chemicznym Uniwersytetu Gdańskiego.

Tak jak stwierdzono powyżej przedmiotem recenzowanej pracy doktorskiej jest synteza nowych materiałów kompozytowych o aktywności (foto)katalitycznej w reakcjach utleniania zanieczyszczeń w fazie gazowej i w roztworach wodnych. Uwzględniając najnowsze trendy pojawiające się w literaturze doktorantka postanowiła otrzymać dwu- oraz trójskładnikowe kompozyty bazujące na dwóch nieorganicznych związkach o strukturze perowskitu:  $\text{KTaO}_3$  i  $\text{KNbO}_3$ . Modyfikowanie wyjściowych półprzewodników ma doprowadzić do zmniejszenia ich przerwy wzbronionej, co podniesie ich aktywność katalityczną przy wzbudzeniu światłem widzialnym. Obok opracowania odpowiednich metod syntezy badania obejmowały ustalenie składu i morfologii uzyskanych nanokryształów, wyznaczenie przerwy energetycznej półprzewodników na podstawie badań absorpcji UV-Vis, a przede wszystkim badanie aktywności fotokatalitycznej w reakcjach utleniania modelowych zanieczyszczeń: toluenu w fazie gazowej i fenolu w roztworze wodnym. Doktorantka już we wstępie (rozdział 1) podkreśliła poprawność stosowanych przez nią procedur badania aktywności fotokatalitycznej w odróżnieniu od licznych opisanych w literaturze eksperymentów, w których substratami reakcji fotokatalitycznych są barwniki mogące modyfikować aktywność fotokatalizatora.

Praca doktorska składa się z typowych dla obszernej publikacji naukowej części: wprowadzenia i przeglądu literatury, celu i zakresu pracy, części eksperymentalnej, omówienia wyników badań połączonych z dyskusją

oraz wniosków. Na końcu rozprawy zamieszczono spis literatury (bez numeru rozdziału) spis rysunków i tabel, streszczenie i opis dorobku naukowego doktorantki.

Ponieważ praca doktorska mgr Bajorowicz ma w dużej mierze charakter aplikacyjny to omówienie literatury przedmiotu (rozdział 2 pracy) poświęcone zostało głównie metodom otrzymywania materiałów kompozytowych ze związków o strukturze perowskitu. W rozdziale 2.1 doktorantka bardzo ogólnie omówiła mechanizm fotokatalizy heterogenicznej oraz sposoby modyfikacji fotokatalizatorów w celu uzyskania lub zwiększenia ich aktywności w świetle widzialnym; te sposoby to m.in. domieszkowanie metalami szlachetnymi, niemetalami czy adsorpcja barwników na powierzchni półprzewodnika. W tym krótkim wprowadzeniu wspomina również o możliwości wytwarzania kompozytów, co jest tematem jej badań i będzie omówione bardziej szczegółowo w kolejnych podrozdziałach części literaturowej w odniesieniu do badanych przez nią związków  $\text{KTaO}_3$  i  $\text{KNbO}_3$ .

Zdecydowanie obszerniej doktorantka prześledziła w literaturze metody otrzymywania fotokatalizatorów na bazie  $\text{KTaO}_3$  i  $\text{KNbO}_3$ , kropek kwantowych i zredukowanego tlenku grafenu. Ta część przeglądu literaturowego rozpoczyna się od opisu syntezy i struktury perowskitu (rozdział 2.2) – w idealnej sytuacji związki o strukturze typu perowskitu krystalizują w układzie regularnym. Doktorantka omawia również możliwe zniekształcenia regularnej struktury wspominając o tym, iż w pewnych warunkach zarówno  $\text{KNbO}_3$  jak  $\text{KTaO}_3$  mogą krystalizować w układzie rombowym lub tetragonalnym. W części poświęconej zastosowaniu kropek kwantowych do syntezy fotokatalizatorów (rozdział 2.3) dowiadujemy się, w jaki sposób otrzymać nanokryształy o rozmiarach zdefiniowanych przez tę nazwę (2-10 nm) i jakie metody można zastosować, aby otrzymać ich kompozyty. Doktorantka klasyfikuje opisane w literaturze metody syntezy kompozytów, w skład których wchodzić kropki kwantowe dzieląc je na 5 rodzajów i ilustrując poszczególne metody przykładami z literatury. Dla każdego rodzaju syntezy omówiona została ogólna procedura, a następnie przedstawione zostały konkretne przykłady z prac oryginalnych, dodatkowo dla niektórych metod wyliczono ewentualne wady lub korzyści płynące z ich zastosowania. Z lektury podrozdziału 2.3 dowiadujemy się, w jaki sposób kropki kwantowe modyfikują działanie półprzewodnika. Ponieważ szerokość przerwy wzbronionej i wartość potencjału wzbudzenia kropki kwantowej zależą od jej wielkości (oczywiście również od użytego do syntezy kropki związku) należy szukać optymalnego rozmiaru kropki, która spowoduje zmianę energii wzbudzenia danego półprzewodnika. W części teoretycznej znajdujemy zatem dobre uzasadnienie dla opisanych później badań, którymi zajmowała się doktorantka, a było to m.in. dobranie optymalnego rozmiaru kropek - poprzez syntezę odpowiedniego kompozytu i określenie jego właściwości. Przez optymalny rozmiar kropki kwantowej należy tutaj rozumieć osiągnięcie maksimum aktywności katalitycznej przez kompozyt zawierający te właśnie kropki. Podrozdział 2.4 poświęcony został na podobne rozważania w odniesieniu do zredukowanego tlenku grafenu. Część literaturowa kończy się zwięzłym podsumowaniem. Ogółem w rozdziale 2 doktorantka zacytowała około 165 prac – głównie oryginalnych i na ogół opublikowanych w latach 2011-2018, co niewątpliwie świadczy o aktualności podjętej tematyki.

W rozdziale 3 zdefiniowany został cel pracy, który streściłam w drugim akapicie mojej recenzji przejdę zatem do omówienia części eksperymentalnej (rozdziału 4), w której omówiono metody preparatywne i zastosowane do otrzymanych preparatów metody instrumentalne. Chciałabym podkreślić, że wszystkie składniki materiałów kompozytowych, również wyjściowe związki fotoaktywne tantal(V) i niob(V) potasu doktorantka otrzymywała samodzielnie, opracowując odpowiednie receptury na podstawie danych literaturowych. Procedury zostały opisane bardzo czytelnie, w sposób umożliwiający ich powtórzenie - podano wykonane czynności, ilości użytych substratów oraz czas i temperaturę poszczególnych etapów. Ponad dwudziestokrotny nadmiar molowy wodorotlenku potasu w stosunku do tlenku tantalu(V), czy nawet



pięćdziesięciokrotny nadmiar molowy KOH w stosunku do tlenku niobu(V) użyty podczas syntez  $\text{KTaO}_3$  i  $\text{KNbO}_3$  powinien w istocie zagwarantować otrzymanie czystych soli bez domieszki nierozpuszczalnych w wodzie wyjściowych tlenków metali.

Wiele z pomiarów mających na celu oznaczenie składu, morfologii i innych właściwości otrzymanych kompozytów wykonano we współpracy z partnerem japońskim lub innymi zewnętrznymi współpracownikami. Zwracam jedynie uwagę, iż opis spektroskopii FT-IR powinien obejmować przygotowania próbek – obecnie ta technika ma bardzo różne warianty wykonywania pomiarów dla ciał stałych – pastylki KBr, mikroskop, lub przystawkę ATR. Szczególnie dużo uwagi poświęciła doktorantka dokładnemu opisowi wykonanych pomiarów kinetycznych. Obok stężenia substratów mierzyła również stężenia produktów rozkładu za pomocą HPLC. Część tych eksperymentów autorka pracy miała okazję wykonywać w Instytucie Katalizy, Hokkaido, Japonia podczas stażu finansowanego w ramach uzyskanego przez nią projektu NCN Etiuda.

Wyniki badań zostały przedstawione w rozdziale 5 – oddzielnie dla każdego z przebadanych układów. W przypadku kompozytów składających się z tantalanu potasu i tellurku kadmu w postaci kropek kwantowych doktorantka wypreparowała osiem różnych kompozytów różniących się rozmiarami kropek oraz łącznikiem wiążącym kropki z powierzchnią  $\text{KTaO}_3$ . Dla wszystkich kompozytów oraz referencyjnego  $\text{KTaO}_3$  przeprowadzono analizę składu (FTIR/XPS/XRD), morfologii (SEM/TEM), właściwości absorpcyjnych (widma UV-Vis, które posłużyły m.in. do obliczenia szerokości przerwy energetycznej kropek kwantowych CdTe), zmierzono powierzchnię właściwą za pomocą standardowej metody BET. Wreszcie dla wszystkich kompozytów przebadano ich aktywności katalityczne w modelowej reakcji utleniania toluenu w fazie gazowej (czemu nie fenolu w fazie wodnej?). Zarówno obrazy SEM/TEM jak i rentgenogramy proszkowe potwierdzają niewielkie rozmiary uzyskanych cząstek CdTe – znaczące poszerzenie pików dyfrakcyjnych jest charakterystyczne dla kropek kwantowych. Szkoda, że dla celów porównawczych doktorantka nie próbowała obliczyć rozmiarów kropek kwantowych CdTe z poszerzenia pików w widmie XRD, a posłużyła się w tym celu tylko widmem UV-Vis.

Trochę odważna wydaje się interpretacja widm FT-IR kompozytów natomiast charakterystyczne pasma w widmach organicznych łączników zostały przypisane poprawnie;  $1708$  i  $1712\text{ cm}^{-1}$  odpowiadają drganiom grup karboksylowych łączników, a słabe pasmo drgań rozciągających grupy SH zwykle położone jest pomiędzy  $2590$  a  $2550\text{ cm}^{-1}$ . Natomiast nie ośmieliłabym się precyzyjnie lokować i interpretować słabo widocznych pasm FT-IR kompozytów – niewątpliwie ich obecność w rejonie tzw. „fingerprint” świadczy o obecności organicznych łączników w próbkach kompozytów, a zanik (przesunięcie) pasma grupy karboksylowej towarzyszy jej przejściu w związany z jonem metalu anion karboksylanowy. Co do reszty wniosków to podałabym je w trybie warunkowym. Jeżeli widma były uzyskane dla próbek w formie pastylki KBr to trudno moim zdaniem wnioskować o znaczącej obecności grup hydroksylowych w samych kompozytach.

Badania właściwości katalitycznych udokumentowały celowość użycia kropek kwantowych CdTe do podniesienia aktywności fotokatalitycznej kompozytów na bazie  $\text{KTaO}_3$  w świetle widzialnym. Pozytywnie zweryfikowana została hipoteza, iż aktywność fotokatalizatora będzie zależała od rozmiarów kropek. Autorka rozprawy porównała swoje wyniki do osiągnięć innych badaczy i stwierdziła, iż optymalny dla aktywności kompozytu rozmiar kropki kwantowej nie zawsze jest oczywistą funkcją rozmiaru. W zależności od zastosowanego łącznika kotwiczącego kropki na powierzchni tantalanu, najlepszą aktywność wykazywały kompozyty zawierające kropki kwantowe o pośrednim lub najmniejszym rozmiarze (spośród testowanych).

Wnioski znalazły się, w krótkim podsumowaniu, którym autorka pracy opatrywała opis badań dla poszczególnych rodzajów kompozytów.

Kolejne podrozdziały dyskusji wyników skonstruowane są w podobny sposób, rozdział 5.2 zawiera opis badań przeprowadzonych dla tantalanu(V) potasu modyfikowanego zredukowanym tlenkiem grafenu. Zawiera on opis 6 kompozytów, w których zawartość rGO dochodzi, aż do 30%. Niemal wszystkie kompozyty bardzo silnie absorbują w całym zakresie widzialnym, co moim zdaniem świadczy albo o wzrastającej agregacji warstw węglowych, czego doktorantka nie komentuje, albo o konieczności większego „rozcieńczenia” próbki kompozytu przed pomiarem UV-Vis przy pomocy ucierania jej z BaSO<sub>4</sub>. Tym bardziej, że zdjęcia SEM wskazują zdaniem autorki na obecność ultracienkich płatków grafenowych w kompozytach. Kompozyty KTaO<sub>3</sub>/rGO mają strukturę niejako „odwróconą” w stosunku do kompozytów KTaO<sub>3</sub>/CdTe; nanokryształy tantalanu są tutaj osadzone na warstwie węglowej. Tym razem badania aktywności fotokatalitycznej w świetle widzialnym wskazały na prostą zależność pomiędzy stężeniem grafenu w kompozycie, a jego aktywnością – im więcej grafenu tym lepsza aktywność, przy czym może mieć związek nie tylko z fotosensybilizacją, ale również dużym zwiększeniem powierzchni właściwej próbek zawierających więcej zredukowanego tlenu grafenu (wniosek autorki).

Kolejne wytworzone i opisane przez doktorantkę materiały opisane w rozdziale 5.3 to dwu- oraz trójskładnikowe materiały na bazie KNbO<sub>3</sub> modyfikowane poprzez dodatek siarczku kadmu, siarczku bizmutu lub obu tych soli – zawsze w postaci kropek kwantowych, albo też poprzez dodatek zredukowanego tlenu grafenu. Liczba opisanych kompozytów wynosi 15. W stosunku do rozdziałów poprzednich ta część badań została rozbudowana o analizę składu roztworów fenolu poddanych reakcji fotokatalitycznej. W produktach rozkładu odnaleziono szereg typowych związków, przede wszystkim benzochinon i kwasy karboksylowe. Wykonane eksperymenty przypominają, że o ile spadek stężenia fenolu może być traktowany jako wskaźnik aktywności fotokatalizatora, to nie jest on miernikiem całkowitego oczyszczenia zawierających go roztworów ze szkodliwych substancji.

Najważniejsze wnioski płynące z wykonanych eksperymentów zostały jeszcze raz zebrane w rozdziale 6 zatytułowanym oczywiście Wnioski (brak numeru rozdziału w tytule).

Od strony redakcyjnej w pracy jest bardzo mało błędów i nie będę ich wyliczać. Manuskrypt został przygotowany starannie, a Doktorantka posługuje się ładnym, poprawnym językiem.

Chciałabym zwrócić uwagę na drobne nieścisłości, niedopatrzienia lub też zapytać doktorantkę o zdanie w następujących kwestiach:

Str. 11

Co to znaczy, że promieniowanie z zakresu widzialnego stanowi 46% spektrum promieniowania słonecznego?

Str. 15

Angielskie określenie „orthorhombic system” tłumaczymy na polski, jako „układ rombowy”, a nie „układ ortorombowy”.

Str. 19

Czym różni się nanopręt od nanowieży i nanodrutu – czy jest to gdzieś ściśle zdefiniowane? Odnoszę czasem wrażenie, że autorzy chcąc zainteresować recenzenta swoją pracą wymyślają nadmierną liczbę barwnych określeń, co prowadzi do coraz większego chaosu w opisie badań. Ciekawa jestem opinii doktorantki na ten temat.



### Str. 20

Pojawia się tu po raz pierwszy określenie „mechanizm wzbudzenia kompozytów oparty na schemacie, Z” co zostaje wyjaśnione dopiero na stronie 34.

### Str. 22

Chciałabym zapytać, co doktorantka rozumie pod pojęciem zerowymiarowe kryształy (w odniesieniu do kropek kwantowych), skoro właśnie rozmiar kropek był jedną z wielkości, które kontrolowała podczas procesu ich otrzymywania. Myślę, że w kontekście jej pracy lepsze byłoby określenie *quasi*-zerowymiarowe, tym bardziej, że nie porównujemy ich do innych struktur ograniczonych przestrzennie.

### Strona 29 i inne

Oprócz podawania składu kompozytów przy pomocy wzorów elegancko byłoby, chociaż raz wymienić nazwę podstawowego półprzewodnika w tych kompozytach – np. BiOBr to bromek bizmutylu lub bromek tlenek bizmutu(III). Podobna uwaga: wiem, że w tytułach angielskojęzycznych prac jest to akceptowane jednak mnie razi używanie w tytułach podrozdziałów określenia QDs zamiast kropki kwantowe – pomimo tego, że ten skrót został zdefiniowany w odpowiednim wykazie, gdyż praca jest napisana w języku polskim, a nie w języku angielskim.

### Strona 50

Ani w wyniku lektury rozdziału 3, ani po przeczytaniu dyskusji wyników nie dowiedziałam się, dlaczego akurat kompozyty  $\text{KTaO}_3/\text{CdTe}$  zostały użyte, jako fotokatalizatory dla fazy gazowej, zaś fotokatalizatory  $\text{KTaO}_3/\text{rGO}$  oraz  $\text{KNbO}_3/\text{CdS}/\text{Bi}_2\text{S}_3$  do degradacji fenolu w roztworze wodnym. Czy wynika to z danych literaturowych, morfologii próbek czy też może jest dziełem przypadku?

### Strona 61

Zabrakło informacji o tym, iż używano wodnego roztworu fenolu (nie fenolu).

### Strona 75

Na czym polega wspomniana po raz pierwszy na tej stronie „fotokorozja kropek kwantowych” – nie jest to nigdzie w pracy wyjaśnione. Jak interpretowali to inni naukowcy, których określeniem doktorantka się posługuje?. Czy to utlenienie CdTe czy rozkład fotochemiczny? Co Pani na ten temat wie lub sądzi?

### Strona 78 też inne

Określenie kostki  $\text{KTaO}_3$  kojarzy mi się trochę z daniem dla psa – użyłabym raczej określenia sześciennie nanokryształy lub sześciiany, żeby nie było wątpliwości, o jaki kształt chodzi – szczególnie w aspekcie tego, co pisałam powyżej (uwaga odnosząca się do pojęć wymienionych na str. 19).

### Strona 97

Czy w dyfraktogramach kompozytów składających się z  $\text{KNbO}_3$  i CdS lub  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  doktorantka obserwowała charakterystyczne dla kropek kwantowych poszerzenia pików dyfrakcyjnych? Zamieszczone w pracy rysunki są zbyt małe, żebym mogła to ocenić.

Podsumowując doktorantka zsyntetyzowała około 30 nowych kompozytów o potencjalnej aktywności fotokatalizacyjnej w świetle widzialnym w reakcji utleniania związków organicznych. Dla wszystkich materiałów zbadała: skład, morfologię, powierzchnię właściwą, szerokość przerwy wzbronionej oraz zdolność do katalizowania reakcji utleniania związków organicznych na powierzchni. Kompozyty przygotowała samodzielnie z szeregu syntetyzowanych również samodzielnie materiałów półprzewodnikowych:  $\text{KTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ , CdTe, CdS,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  – wyjątkiem był zredukowany tlenku grafenu, który

otrzymała od innego naukowca. Oprócz podstawowych badań kinetycznych, dla niektórych układów oznaczyła rodzaj powstających aktywnych form tlenu pośredniczących w reakcjach utleniania oraz wydajność kwantową reakcji. Wszystkie opisane fotokatalizatory wykazywały znaczącą aktywność w świetle widzialnym. Z lektury pracy doktorskiej oraz dorobku naukowego doktorantki wywnioskowałam, iż jej osobistym wkładem w rozwój możliwości badawczych zespołu, w którym pracowała jest opracowanie metody syntezy kropek kwantowych siarczków i tellurków metali (też innych) oraz metod wiązania kropek kwantowych na powierzchniach półprzewodników: tantalanu i niobianu potasu. Uważam, że będzie to stanowić cenny wkład w przyszłą działalność każdej grupy badawczej zajmującej się chemią materiałów.

Pracę przeczytałam z dużym zaciekawieniem, ponieważ przedstawia najnowsze trendy w syntezie półprzewodnikowych fotokatalizatorów. Niewątpliwie doktorantka musiała walczyć z czasem, gdyż w tej tematyce nowe materiały opisywane są niemal codziennie, szczególnie przez chińskich autorów. Samym modyfikacjom  $\text{KNbO}_3$  i  $\text{KTaO}_3$  poświęcono w ostatnich trzech latach ponad 300 publikacji, co oznacza, że przynajmniej co trzy dni ukazuje się kolejna. Jednocześnie chemia nie ma jeszcze na tyle ugruntowanych podwalin teoretycznych by można było przewidzieć właściwości materiału ZANIM zostanie on zsyntetyzowany. Nawet niewielkie zmiany warunków syntezy mogą prowadzić do odmiennego rozlokowania składowych kompozytu i zmiany jego właściwości. Nie jest mi znana inna metoda badania nowych materiałów jak tylko ta zastosowana przez doktorantkę; trzeba je wytworzyć, a następnie scharakteryzować, co w obrębie grupy badawczej, w której mgr Bajorowicz pracowała stanowi dobrze ugruntowaną procedurę. Doktorantka sprawnie posługuje się literaturą przedmiotu w celu opracowania odpowiednich metod syntezy i potrafi również systematyzować informacje. Przegląd literaturowy nie jest tylko prostym przytoczeniem danych literaturowych, ale również próbą ich usystematyzowania i stał się podstawą publikacji przeglądowej. Eksperymenty zostały poprawnie opisane, materiały dogłębnie scharakteryzowane. Wyniki uzyskane podczas realizacji doktoratu zostały opublikowane w wiodących czasopismach z dziedziny katalizy. Dorobek naukowy doktorantki jest bardzo duży i obejmuje 8 publikacji, z czego w 4 jest wiodącym autorem i te cztery prace są bezpośrednio związane z tematyką rozprawy. Kolejna publikacja z materiałów przedstawionych w rozprawie znajduje się na etapie recenzji. Wszystkie te publikacje ukazały się w dobrych i bardzo dobrych czasopismach i część z nich uzyskała już znaczną liczbę cytowań. Po 4 latach realizacji badań w ramach doktoratu autorka rozprawy może się pochwalić indeksem Hirscha wynoszącym 4. Doktorantka uczestniczyła w napisaniu dwóch rozdziałów w książkach. W trakcie realizacji badań, mgr Beata Bajorowicz zdobyła dwa granty NCN dedykowane realizacji jej własnych zamierzeń (kierownik projektu) oraz wzięła udział w pracach związanych z innymi projektami realizowanymi w Katedrze Technologii Środowiska (wykonawca). Odbyła również trzymiesięczny staż w Instytucie Katalizy Uniwersytetu w Hokkaido, Japonia. Myślę, że biorąc to wszystko pod uwagę należy uznać, że mgr inż. Beata Bajorowicz jest bardzo dobrze przygotowana do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Stwierdzam, iż przedstawiona mi do oceny praca spełnia wymagania ustawy o tytule i stopniach naukowych i wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Beaty Bajorowicz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Uwzględniając to, co napisałam powyżej, obszerność badań opisanych w pracy doktorskiej oraz ilość i jakość publikacji, które powstały w wyniku prowadzonych przez doktorantkę eksperymentów zwracam się do Rady Wydziału Chemicznego Uniwersytetu Gdańskiego z prośbą o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Beaty Bajorowicz.

Anna Dołęga

