

Szczecin, 29 września, 2022 r.

Jacek Przepiórski  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
w Szczecinie

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Lisowskiego, pt.:

*“Synthesis, characterization and photocatalytic properties of  
composite materials: TiO<sub>2</sub>/carbon materials derived from biomass”*

(w j. polskim: „*Synteza, charakterystyka oraz fotokatalityczne właściwości kompozytowych materiałów: TiO<sub>2</sub>/materiał węglowy pochodzący z biomasy*”)

Promotor: *dr hab. Juan Carlos Colmenares Quintero, prof. IChF PAN w Warszawie*

Recenzję wykonałem w związku z otrzymanym pismem z dnia 19 sierpnia 2022 r. od Pana Profesora Marcina Hoffmanna, Prodziekana ds. Naukowych Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W piśmie zawarto informację o zobowiązaniu Rady Naukowej Dyscypliny Nauk Chemicznych UAM do powtórznego rozpatrzenia sprawy nadania stopnia doktora w przewodzie doktorskim mgr. Pawła Lisowskiego, wskazano podstawę prawną oraz skierowano do mnie prośbę o ocenę złożonej przez Kandydata uzupełnionej / poprawionej rozprawy doktorskiej. Wraz z pismem, na nośniku elektronicznym otrzymałem zaktualizowaną wersję pracy, a także odpowiedzi Kandydata na uwagi recenzentów (Prof. Anna Trzeciak, Prof. Jacek Przepiórski), odnoszące się do wcześniejszej wersji rozprawy.

Rozprawę doktorską mgr inż. Pawła Lisowskiego, wykonaną w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, w uaktualnionej wersji, stanowi 168 stronicowa monografia, przygotowana w języku angielskim. Moje pierwsze wrażenie - na podstawie pobieżnego obejrzenia szaty graficznej, proporcji treści stanowiących przegląd literatury do tych obejmujących efekty pracy własnej Doktoranta, tabel, rysunków, wykresów, fotografii i innych, jest ogólnie pozytywne. W rozprawie wyodrębniono część literaturową, stanowiącą ok. 15% jej treści oraz doświadczalną, stanowiącą około 50% całości, a obejmującą treści związane z działalnością laboratoryjną Doktoranta oraz uzyskane wyniki badań wraz z ich dyskusją. W części doświadczalnej zawarta jest informacja o praktycznych działaniach Autora rozprawy, ukierunkowanych na osiągnięcie jej celów, w tym między innymi o metodach otrzymywania badanych materiałów i prowadzenia eksperymentów oraz o stosowanych w pracy metodach instrumentalnych na potrzeby oceny właściwości i prowadzenie testów z użyciem tych materiałów. Pozostałe ok. 25% treści rozprawy stanowią rekomendacje Autora dotyczące przyszłych prac w temacie rozprawy, spisy tabel, rysunków, załączniki z opisami niektórych metod badawczych użytych na potrzeby prowadzonych badań, streszczenia w językach polskim i angielskim, a także życiorys Pana mgr. inż. Pawła Lisowskiego.

Procesy fotokatalityczne, a co się z tym wiąże materiały wykazujące aktywność fotokatalityczną, to w ostatnich dekadach bardzo intensywnie rozpoznawana i rozwijana tematyka badań, potwierdzeniem czego jest między innymi ogromna liczba publikacji, patentów i innych opracowań. Po zapoznaniu się z treścią rozprawy, w tym z przeglądem literatury z ostatnich lat, nie mam wątpliwości, że przedstawione w niej treści dotyczące otrzymywania, charakteryzowania i badań materiałów kompozytowych, łączących popularny związek chemiczny o aktywności fotokatalitycznej  $\text{TiO}_2$  oraz węgiel, są aktualne i wpisują się w intensywnie badany obszar szeroko rozumianej fotokatalizy. Autor rozprawy cytuje w niej 302 pozycje źródłowe, wymieniane głównie w części literaturowej, przy czym wiele odwołań do literatury znaleźć można w części doświadczalnej. Cytowane prace to głównie publikacje naukowe z czasopism o obiegu międzynarodowym, dominujące z lat 2010-2018, ale także takie, które ukazały się w kilku ostatnich latach oraz nieliczne starsze, istotne dla przedmiotowej rozprawy. W przeglądzie literatury zawarto kluczowe informacje tematycznie związane z fotokatalizą, materiałami, w tym bezpośrednio i pośrednio związane z tematyką pracy. Liczne rysunki, zestawienia w formie tabel, schematy, wykresy przygotowano od starannie. W efekcie, wymienione stanowią o przyjaznej czytelnikowi formie części literaturowej rozprawy. Bezpośrednio po przeglądzie literatury, Autor przedstawił hipotezy badawcze, cele oraz zakres przeprowadzonych prac. Z treści wynika, że:

- praca dotyczy opracowania i badań nowych, przyjaznych środowisku materiałów typu  $\text{TiO}_2$ /węgiel, z użyciem biomasy jako źródła węgla, z wykorzystaniem zarówno metod znanych jak i opracowanych przez Doktoranta,

- badane były możliwości stosowania otrzymanych nanostrukturalnych fotokatalizatorów do oczyszczania wody i powietrza, z wykorzystaniem zarówno promieniowania UV jak i światła widzialnego, a także w syntezie mrówczanu metylu z metanolu.

Wskazane przez Autora cel i zakres pracy, a także 6 hipotez, nie budzą wątpliwości - są określone konkretnie i jasno, dając czytelnikowi jednoznaczny ogólny pogląd na tematykę i zakres rozprawy.

Treść części eksperymentalnej rozprawy potwierdza, że główny nacisk Autor skierował na syntezę i badania nowych dwuskładnikowych materiałów kompozytowych typu  $TiO_2$ /węgiel, z zastosowaniem znanych i stosowanych w laboratoriach metod ich otrzymywania, w tym metody zol-żel, mokrej impregnacji wspomaganą ultradźwiękami, a także pirolizy mieszanin prekursorów układu hybrydowego. W dużej mierze praca zawiera także elementy w postaci badań podstawowych. W kolejnych rozdziałach rozprawy przedstawiono:

- stosowane materiały oraz szczegóły metodyki otrzymywania kompozytów, co zilustrowano czytelnymi rysunkami, wykresami, fotografiami, schematami oraz zestawieniami tabelarycznymi, ułatwiającymi odbiór treści,

- wyniki badań wraz z ich dyskusją i wnioskami, zilustrowane licznymi wykresami i innymi formami (fotografie, tabele) prezentacji wyników uzyskanych z użyciem szerokiego spektrum metod instrumentalnych (SEM, XRD, TEM, FTIR, XPS, inne). Powyższe wykonano dla każdego z badanych materiałów z osobna.

Istotna część rozprawy dotyczy badań aktywności i stabilności otrzymanych materiałów w procesach usuwania zanieczyszczeń z wody i powietrza, a także fotokatalitycznej syntezy mrówczanu metylu z metanolu. Podsumowanie działań doktoranta stanowią rozdziały 7, 8 i 9 rozprawy, w których zawarto główne wnioski wynikające z przeprowadzonych prac, wnioski w doniesieniu do hipotez postawionych we wcześniejszych częściach rozprawy, a także rekomendacje Autora, co do przyszłych prac badawczych w tematyce rozprawy.

Niektóre informacje dotyczące stosowanych metod badawczych oraz przeprowadzonych pomiarów i analiz, do których Autor nawiązuje w doświadczalnej części rozprawy, zawarto w załączniku, który stanowi integralną część rozprawy. Taki układ jest szczególny i odróżnia ją od rozpraw najczęściej przygotowywanych. Uważam przy tym, że to dość oryginalne podejście nie spowodowało negatywnego efektu dla rozprawy jako całości, a dla czytelnika zaznajomionego z tematyką rozprawy i stosowanymi metodami ułatwiło jej analizę. W końcowej części rozprawy zawarto spisy tabel, rysunków, streszczenia w językach polskim i angielskim, a także życiorys doktoranta, w wydzieloną część dotyczącą Jego dorobku naukowego.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Lisowskiego ma typowy charakter doświadczalny, czego potwierdzeniem jest szeroki zakres działań prac laboratoryjnych i zastosowanych metod analitycznych - typowych dla badań eksperymentalnych. Na potrzeby przygotowania pracy doktorskiej Autor korzystał z szerokiej gamy metod instrumentalnych, w tym zarówno z mniej

(UV/VIS, FTIR, XRD, TG, XRF, TOC) jak i z bardziej zaawansowanych (SEM, HR TEM, TEM, XPS) technik, umożliwiających prowadzenie badań i analiz różnych właściwości otrzymanych materiałów. Zarówno te wymienione w niniejszej recenzji jak i inne wykorzystywane w pracy, dobrano ogólnie prawidłowo, ale w niektórych przypadkach stosowano w sposób i w zakresie budzącymi zastrzeżenia, o czym wspomnę w dalszej części opinii. W mojej opinii przedstawiona mi do recenzji praca jest bardzo samodzielna, co traktuję jako element bardzo pozytywny. Innym pozytywnym elementem rozprawy zasługującym na szczególną uwagę jest wprowadzenie do niej elementu czysto naukowego. Dla przykładu, na podstawie wyników licznych pomiarów i analiz (np. FTIR, HR XPS) jednego z materiałów otrzymanych przez Autora, podjął On próbę dyskusję wyników, z efektem końcowym w postaci propozycji mechanizmów reakcji w fazach ciekłej i gazowej. Za niewątpliwy walor rozprawy uważam także zaproponowanie mechanizmu krystalizacji  $\text{TiO}_2$  na powierzchniach materiałów węglowych. Wymienione istotnie podnoszą wartość naukową rozprawy i stanowią potwierdzenie dojrzałości naukowej Autora.

W pierwotnie dostarczonej mi do recenzji wersji rozprawy stwierdziłem, że wysoki stopień samodzielności Autora rozprawy nie zawsze jednak szedł w parze z oczekiwanym akceptowalnym poziomem naukowym, co w szczególności należy wziąć pod uwagę w procesie oceniania, w tym na potrzeby wydania opinii, czy praca spełnia wymogi ustawy czy nie. Wymieniłem wtedy szereg niedoskonałości, o skomentowanie których prosiłem Autora w trakcie obrony pracy doktorskiej. Ponieważ rozprawa poddana została aktualizacji do tego nie doszło, a na potrzeby wykonania powtórnej recenzji, oprócz uaktualnionej wersji uzyskałem przygotowaną przez Autora informację na temat zmian wprowadzonych do rozprawy doktorskiej, z nawiązaniem do uwag wymienionych we wcześniejszej recenzji. Pan mgr. inż. Lisowski poinformował o:

- dokonaniu aktualizacji spisu literatury,
- usunięciu z treści rozprawy zbędnych fragmentów dotyczących współtwórców i źródeł pochodzenia niektórych materiałów wykorzystywanych w pracy,
- uzupełnieniu rozprawy o treści nawiązujące do materiału będącego przedmiotem rozprawy,
- dokonaniu oczekiwanych zmian we fragmentach dotyczących warunków prowadzenia kalcynacji,
- wprowadzeniu uzupełnień w spisie literatury oraz do treści dotyczących obserwacji SEM pod kątem analiz rozproszenia  $\text{TiO}_2$  w materiałach kompozytowych  $\text{TiO}_2/\text{C}$ , a także w zakresie obecności  $\text{CO}_2$  w niektórych materiałach badanych przez Autora,
- wprowadzenie zmian w zakresie innych mankamentów wymienionych dla wcześniejszej wersji rozprawy.

Wykonanie powyższych znajduje potwierdzenie w aktualnej wersji rozprawy. Jednakże, ponieważ nadal odczuwam pewien niedosyt w wyjaśnieniach Autora do moich uwag, proszę o rozwinięcie podczas obrony kwestii dotyczących:

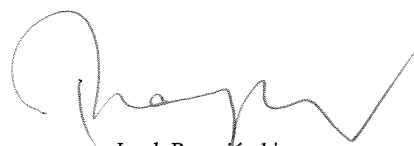
- aktywności  $\text{TiO}_2$  jak fotokatalizatora; Autor wskazał podstawę stwierdzenia „*outstanding photocatalytic activity*”, posiłkując się zaktualizowanym spisem literatury, powołując się jedynie na informacje zaczerpnięte z publikacji autora niniejszej recenzji. Proszę Doktoranta o rozwinięcie tego wątku w trakcie obrony rozprawy doktorskiej, z uwzględnieniem także innych, w tym odmiennych doniesień literaturowych i wyrażenie własnej opinii w tym zakresie,

- przyczyn oznaczanej na poziomie 4% konwersji metanolu w warunkach beztlenowych (uwaga nr 11).

Jednym z najistotniejszych elementów prac naukowych są wnioski. Niektóre z nich (np. rozdział 7) zawiera dużą porcję informacji w postaci liczb, w tym w postaci tabelaryzowanej, a w treści tego rozdziału prowadzona jest obfitująca w dane liczbowe dyskusja wyników pracy. Trudno uznać taki sposób przedstawienia wniosków za łatwy do interpretacji i czytelny. Jednakże, pozytywnie odbieram treść rozdziału 8 (*Main conclusions of the PhD thesis*), w którym po aktualizacji rozprawy Autor nawiązał do ważnego i niezbędnego elementu rozprawy, tj. postawionych głównych hipotez oraz zawarł informację odnośnie ich potwierdzenia.

Mając na uwadze bogaty materiał doświadczalny zawarty w pracy uważam, że poszerza on wiedzę w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych – w dyscyplinie nauki chemiczne, ale także w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych – w dyscyplinach inżynieria materiałowa oraz inżynieria chemiczna. Uważam także, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Lisowskiego pt. „*Synthesis, characterization and photocatalytic properties of composite materials:  $\text{TiO}_2$ /carbon materials derived from biomass*”, stanowi potwierdzenie rozwiązania przez Niego oryginalnego problemu naukowego oraz, że pomimo niedoskonałości w wystarczającym stopniu spełnia wymagania ustawowe, tj. potwierdza ogólną, teoretyczną i praktyczną wiedzę Doktoranta w dyscyplinie naukowej nauki chemiczne, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Niego pracy naukowej. W mojej ocenie, powierzona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, z późniejszymi zmianami. Wobec powyższych rekomenduję Radzie Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UAM dopuszczenie mgra inż. Pawła Lisowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Szczecin, dn. 29 września, 2022 roku.



Jacek Przepiórski