



Poznań, 15.01.2025 r.

Dr hab. inż. Michał Niemczak, prof. PP
Politechnika Poznańska
Wydział Technologii Chemicznej
Ul. Berdychowo 4, Poznań

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr. inż. Bartłomieja Gaidy

zatytułowanej

„Bio-derived ionic liquids as precursors for sustainable functional materials”

Podstawa formalna:

Podstawą wykonania oceny rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Bartłomieja Gaidy była Uchwała 84/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej z dnia 20.11.2024 r. oraz stosowne pismo (RDICH.512.14.2024 z dn. 20.11.2024 r.) Pani dr. hab. inż. Agaty Jakóbiak-Kolon, prof. PŚ, przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej, o powołanie mojej osoby na recenzenta w postępowaniu o nadaniu stopnia doktora w dyscyplinie inżynierii chemicznej.

Podstawa prawna:

Zgodność z elementami uwzględnionymi w art. 190 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571) oraz 24 pkt 1 Statutu Politechniki Śląskiej (Monitor Prawny PŚ z 2020 r. poz. 339, z późn. zm.), w związku z 9 ust. 1 Regulaminu w zakresie nadania stopnia doktora stanowiącego załącznik do uchwały nr 43/2023 Senatu Politechniki Śląskiej z dnia 25 września 2023 r. (Monitor Prawny PS z 2023 r. poz. 1095).



Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Bartłomieja Gaidy została zrealizowana w Katedrze Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Pracę wykonano pod kierunkiem Pani prof. dr. hab. inż. Anny Chrobok, która w środowisku naukowym uznawana jest za ekspertkę w tematyce związanej z nowatorskimi metodami syntezy i analizy związków organicznych, wliczając ciecze jonowe otrzymane z surowców pochodzenia naturalnego.

W otrzymanej do oceny rozprawie doktorskiej dokładnie przeanalizowałem takie elementy jak zasadność wyboru problemu badawczego podjętego przez Doktoranta, a także oryginalność i nowatorski charakter badań w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Poszukiwanie nowych rozwiązań w obrębie syntezy jak i zastosowania cieczy jonowych jest zadaniem niewątpliwie ambitnym i nierzadko wymienia się je jako jedno z wyzwań naszych czasów, gdyż po mimo wielu lat intensywnych badań wiele pozostało jeszcze do odkrycia. Wspomniane wyżej kluczowe zagadnienia stanowią przedmiot recenzowanej dysertacji Pan mgr. inż. Bartłomieja Gaidy, który skupił się na modyfikowaniu struktury znanych cukrów, takich jak glukoza czy mannitol, które w formie cieczy jonowych charakteryzowałyby się polepszoną efektywnością jako materiały zmiennofazowe do magazynowania energii cieplnej, materiały węglowe domieszkowane azotem czy związki powierzchniowo czynne do oczyszczania jednościennych nanorurek węglowych. Niewielka liczba prac naukowych w tej dziedzinie jednoznacznie wskazuje na aktualność wybranego problemu badawczego, a uzyskane wyniki mogą znacząco wzbogacić obecny stan wiedzy i w przyszłości być także kontynuowane w ramach badań aplikacyjnych.

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona na 176 stronach maszynopisu w języku angielskim. Tytuł rozprawy został sformułowany prawidłowo i odpowiada przedstawionym w ramach pracy rezultatom badań, a cała dysertacja nie budzi żadnych zastrzeżeń względem poprawności struktury. Rozprawę doktorską rozpoczyna spis treści (3 strony), wykaz użytych skrótów (2 strony) oraz wprowadzenie do tematyki przedmiotu (2 strony). W dalszej części, Doktorant przedstawił przegląd literatury (36 stron) oraz wyniki badań i dyskusję (64 strony), po których jest podsumowanie (2 strony). Część doświadczalną rozpoczyna następny rozdział, w którym Doktorant umieścił informacje dotyczące metodologii prowadzonych syntez wraz z analizą magnetycznego rezonansu jądrowego oraz spektrometrii mas uzyskanych



produktów, procedury badawcze dotyczące analizy produktów oraz zestawienie użytych reagentów (32 strony). Następnie Doktorant zestawiał wykorzystaną literaturę liczącą w sumie 312 pozycji (24 strony), spis rysunków (3 strony), spis tabel (1 strona) oraz listę osiągnięć naukowych (5 stron). W pracy znajduje się rozdział zawierający informacje utajone, który także został przeze mnie dokładnie przeanalizowany. Zgodnie z wymogami prawnymi i obowiązującymi procedurami, recenzję tego fragmentu przygotowałem i wysłałem jako odrębną, niejawną część niniejszej recenzji. W otrzymanej dysertacji zdziwił mnie brak krótkiego, ogólnego streszczenia pracy, który przybliżyłby jej tematykę jak i zakres badań. Niemniej jednak jego brak nie okazał się zbyt problematyczny ze względu na obecność bardzo dobrze opracowanego rozdziału wprowadzającego „*Introduction and the research goal*”.

Zakres pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Bartłomieja Gaidy jest bardzo ambitny i ma charakter interdyscyplinarny z pogranicza chemii i fizyki, a wykorzystanie surowców naturalnych wymaga od niego także szerokiej wiedzy z zakresu biologii. W efekcie Doktorant musiał wykazać się nie tylko umiejętnościami związanymi z syntezą związków organicznych o skomplikowanej strukturze, ale również posiadać obszerną wiedzę na temat analizy wielu parametrów fizycznych. Powyższy obszar badań jest bezpośrednio powiązany z tematyką badań prowadzonych przez promotorkę Doktoranta, Panią prof. dr. hab. inż. Annę Chrobok, która jest uznawana za jedną ze światowych liderów w syntezie pochodnych cukrów jak i poszukiwaniu dla nich innowacyjnych zastosowań. Recenzowana praca doktorska zawiera wiele elementów nowości naukowej i oryginalności, czego efektem jest współautorstwo Pana Bartłomieja Gaidy w 4 artykułach o tematyce bezpośrednio powiązanej z dysertacją w czasopismach z listy JCR (*ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, *Separation and Purification Technology*, *International Journal of Molecular Sciences* oraz *Molecules*) oraz dwóch monografiach naukowych. Ponadto Doktorant jest także współautorem artykułu wykraczającego poza tematykę rozprawy opublikowanego w czasopiśmie *Scientific Reports*, co sumarycznie przekłada się na aż 700 punktów ministerialnych oraz IF równy 30. Doktorant także czynnie uczestniczył w konferencjach krajowych jak i międzynarodowych, co przełożyło się na siedem wystąpień ustnych oraz dwie prezentacje posterów. Wśród nich znajdują bardzo prestiżowe wydarzenia, jak np. 9th *Congress on Ionic Liquids*, na którym prezentacja ustna jest nie tylko wielkim



wyróżnieniem dla młodego naukowca, ale też jednoznacznym dowodem jego bardzo wysokiej jakości pracy naukowej. Należy również podkreślić, że Doktorant był kierownikiem w dwóch projektach naukowo-badawczych tj. w subwencji dla Młodych Naukowców na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego oraz w programie „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” (IDUB). W ramach programu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” Doktorant także uzyskał trzy nagrody, wśród których dwa wyróżnienia dotyczą opublikowanych z jego udziałem artykułów naukowych. Uczestniczył on także jako wykonawca w trzech projektach naukowo-badawczych z Narodowego Centrum Nauki (OPUS), Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (LIDER) oraz Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA). O wysokiej aktywności Pana Gaidy na arenie międzynarodowej świadczy fakt, że Doktorant w trakcie realizacji badań naukowych odbył trzy staże w renomowanych zagranicznych ośrodkach badawczych:

- Pierwszy trwający ponad dwa miesiące w Queen's University Ionic Liquid Laboratories w Irlandii Północnej.
- Drugi trwający ponad dwa miesiące w Monash University w Australii.
- Trzeci trwający niecałe dwa tygodnie w Institute Charles Gerhardt we Francji.

Motywację do podjęcia tematyki Autor opisuje we wprowadzeniu, gdzie słusznie zauważa, że ukazujące się w ostatnich latach zastrzeżenia związane z potencjalną ekotoksycznością czy bioakumulacją znanych obecnie cieczy jonowych zachęcają do prac nad otrzymaniem tych związków wychodząc z surowców pochodzenia naturalnego, np. z biomasy. Mając na uwadze wysokie zainteresowanie przemysłu nowymi technologiami o minimalnym wpływie na środowisko, wszelkie działania mające na celu wprowadzenie zasad „zielonej chemii” do produkcji nowych substancji czy materiałów są w pełni uzasadnione. Wstęp teoretyczny został podzielony przez Doktoranta na siedem głównych sekcji, które są w pełni komplementarne z częścią eksperymentalną. Literatura jest bardzo dobrze dobrana i dominują dobrze cytowane pozycje anglojęzyczne z ostatnich lat. Nie brakuje też kluczowych prac z początku milenium czyli od 2001 do 2010, takich jak praca Robina Rogersa i Kennetha Seddona w *Science* z 2003, która cytowana jest już ponad 4000 razy i do dziś inspiruje naukowców do kontynuowania i zgłębiania badań w tematyce cieczy jonowych. Na podstawie aktualnego stanu wiedzy Pan



Bartłomiej Gaida dokładnie opisał podstawowe informacje na temat cieczy jonowych, wliczając ich historię i główne podziały. Na stronie 11 znalazło się nawiązanie do funkcjonalizowanych struktur – *Task Specific Ionic Liquids* (TSILs). W tej części chciałem tylko dodać sprostowanie, że zawierają one grupy funkcyjne wbudowane w kation lub anion, co nadaje im określone właściwości fizyczne czy chemiczne, a nie tylko biologiczne (np. kwasowość, zasadowość, hydrofilowość, lipofilowość). Jeśli chodzi o samą definicję cieczy jonowych jak i przez wielu badaczy dość niezrozumiały limit temperatury topnienia równy 100°C opisany także przez Doktoranta zachęcam zapoznania się pracą prof. Weltona pt. *Ionic liquids: a brief history*, opublikowanej w czasopiśmie *Biophysical Reviews* w 2018 roku, gdzie szczegółowo wyjaśnia okoliczności powstania powyższej definicji.

Bardzo dobrym rozwiązaniem w części literaturowej było także szczegółowe scharakteryzowanie przez Doktoranta aktualnego stanu wiedzy na temat cieczy jonowych otrzymanych z węglowodanów. Na pochwałę zasługuje rysunek 6, który w czytelny i zrozumiały sposób zestawia wszystkie otrzymane dotychczas tzw. „cukrowe ciecze jonowe”. Podsumowując, w rozdziale 3.5. w moim odczuciu zabrakło opisu jakie najczęstsze zanieczyszczenia zawierają ciecze jonowe otrzymywane z węglowodanów czy ich prostych pochodnych. Dla większości znanych struktur są to najczęściej woda oraz jony chloru, bromu, sodu lub potasu pochodzące od użytych substratów. Jak jest w tym przypadku?

Na stronie 25 rozpoczyna się bardzo ciekawy i zarazem ważny rozdział, w którym Doktorant opisuje wyniki dotychczasowych badań na temat biodegradacji oraz toksyczności cieczy jonowych otrzymanych z węglowodanów. Opis ten w korzystnym świetle stawia tego typu układy i stanowi także rzeczowe uzasadnienie trafności obranej tematyki naukowej. Z własnego doświadczenia wiem, że dla syntetyka zrozumienie natury badań na organizmach żywych i idąca za tym konieczność przyswojenia dużej wiedzy z zakresu biologii jest wielkim wyzwaniem. Dlatego też skomentuję opisaną na stronie 26 metodę *OECD 301D: respirometry dissolved oxygen*. Niestety, nie wszystkie metody nadają się do śledzenia biodegradacji cieczy jonowych gdyż nie śledzą biotransformacji czy mineralizacji każdego z jonów osobno. Zatem w efekcie nie wiemy który z jonów i w jakim stopniu jest niepodatny na rozkład przez mikroorganizmy. Wspomniany kation tetrabutylamoniowy wg pracy Andrew Jordana and Nicholasa Gathergooda



(*Chem. Soc. Rev.*, **2015**, 44, 8200-8237) w zasadzie nie ulega biodegradacji. Dlatego też testy 301 D lub F mogą być efektywne w przypadku cukrowych cieczy jonowych z anionem halogenku. Jednak w przypadku kiedy jest konieczność niezależnego śledzenia każdego z jonów osobno, najprawdopodobniej lepiej sprawdzi się inna metoda.

Rozpoczynający się od strony 29 opis stabilności termicznej oraz przemian fazowych opisanych dotąd cieczy jonowych otrzymanych z węglowodanów świadczy o świetnej znajomości Pana mgr. inż. Bartłomieja Gaidy powyższych zagadnień, których stopień skomplikowania jest obecnie często bagatelizowany. Ich zrozumienie przez Pana Bartłomieja uważam za szczególnie istotne z punktu widzenia dwóch głównych zastosowań, które badał w trakcie swojej pracy naukowej, czyli prac nad materiałami zmiennofazowymi oraz materiałami węglowymi domieszkowanymi azotem. Jednak w tej części dysertacji Doktorant nie ustrzegł się pewnych niespójności czy generalizacji i nie zdefiniował w sposób jasny czym jest T_d (*decomposition temperature*) w przytoczonych pracach. Czy był to 1% lub może 5% ubytek masy? A może wynik ekstrapolacji z pierwszej lub drugiej pochodnej ubytku masy. Niestety brak unifikacji metody analizy w tym zakresie może znacząco utrudniać analizę zależności w szerszej perspektywie. Ponadto na stronie 32 Doktorant pisze: "Pentose derived ILs also had higher T_d values" – ciekawym aspektem badań stabilności termicznej jest jednoczesna analiza potencjalnych efektów energetycznych w trakcie ogrzewania próbek. Zdarza się, że rozkład pewnych grup funkcyjnych niekoniecznie skutkuje ubytkiem masy i pomimo pozornie wysokiej stabilności związku jego struktura już jest odmienna od początkowej.

Każdą z trzech głównych sekcji rozdziału „*Results and Discussion*” rozpoczyna krótkie, ale rzeczowe wprowadzenie opisujące najważniejsze i aktualne osiągnięcia naukowe w ramach konkretnej aplikacji, a po nich jest odpowiednio sformułowany i jasny cel badań Doktoranta. Z tych rozdziałów można w prosty sposób wydedukować jakie przesłanki naukowe oraz oczekiwania miał Doktorant przed przystąpieniem do badań. Jednak w tym miejscu zachęcam też do sformułowania przez niego, już podczas obrony, konkretnych hipotez badawczych. Będą one świetnie się łączyć z obranym bardzo ambitnym, wielowątkowym podejściem do obranej problematyki, która wymagała biegłości nierzadko wykraczające poza zagadnienia związane z chemią organiczną.



Ponadto, pracę jako całość wzbogaciłoby dokładniejsze uzasadnienie doboru konkretnych anionów pod kątem obranego zastosowania. Rozjaśniłoby to, który parametr był kluczowy w momencie projektowania par kation-anion przedstawionych na stronie 51. Natomiast wspomnienie na stronie 90, że aniony te działają jako źródło węgla i czynnik azotujący jest trafne jednak pozostawia pewien niedosyt. Co prawda, na stronie 93 jednak jest bardzo ciekawy opis obrazujący, co się generalnie dzieje z cieczami jonowymi z anionem dicyjanoimidkowym i wysoka temperatura prowadzi m.in. do ich oligomeryzacji. Jednak hipotetycznie podwyższone temperatury mogą indukować termiczny rozkład tego typu związków, prowadząc do uwolnienia lotnych produktów, w tym HCN. Stałoby to w znacznej sprzeczności z koncepcją *zielonej chemii*, dlatego warto byłoby poruszyć kwestię bezpieczeństwa procesu pozyskiwania tych materiałów.

Opracowane przez Doktoranta opisy analizy DSC oraz TG są logiczne i poprawnie zredagowane. Jednak na rysunku 11 dla [Glu]Br oraz [Glu][OMs] można zauważyć w pierwszym cyklu dwa sygnały pochodzące najprawdopodobniej od topnienia, co niestety w pracy nie zostało w żaden sposób skomentowane ani wyjaśnione. Ponadto świetnym dodatkiem do opisu na stronie 54 byłoby termogram dla [Glu][NO₃] także po 11 cyklach grzania-chłodzenia celem ukazania realnej cykliczności zaprojektowanego układu. Komentując problemy Doktoranta z krystalizacją niektórych związków chciałem zasugerować zmniejszenie prędkości spadku temperatury podczas chłodzenia do 5 czy nawet 2°C/min. Wolniejsze chłodzenie układu daje cząsteczkom więcej czasu na zorganizowanie się w uporządkowaną strukturę krystaliczną, co sprzyja tworzeniu zarodków krystalizacji i ich wzrostowi. Warto rozważyć ten argument w planowaniu przyszłych badań.

Na stronie 60 Doktorant słusznie stwierdził, że dla [Glu][BF₄] niższe ciepło topnienia najprawdopodobniej wynika z istnienia słabszej sieci wiązań wodorowych. Wniosek bardzo ciekawy i dowodzi, że im więcej wiązań wodorowych tym wyższe ciepło topnienia, jednak zbyt duża liczba tych wiązań tworzy trudności z utworzeniem uporządkowanej struktury, a tym samym utrudnia krystalizację. Zatem w kontekście tej aplikacji Doktorant jasno udowodnił, że powstaje konieczność poszukiwania optimum. Natomiast wyższe wartości ciepła topnienia dla metoksyłowych pochodnych glukozy zostały wytłumaczone mniejszym dystansem między kationem i anionem, jednak niestety nie zostało to jasno przedstawione w postaci umożliwiającej poparcie tej tezy. Przykładowo, pewne oszacowania w formie tabeli czy wykresu mocno



wzbogaciłyby te rozważania i stanowiły jednoznaczny dowód ją potwierdzający. Część otrzymanych związków okazała się silnie higroskopijna co zaprezentowano na rysunku 14. Jestem przekonany, że w przypadku tak dużej wagi zawartości wody na analizowany parametr, Doktorant mógłby w przyszłości zaadaptować metodę z literatury do ilościowego określenia stopnia higroskopijności badanych substancji. Analizując jonowe pochodne mannitolu Pan Gaida słusznie zauważył, że zbyt wysokie temperatury topnienia zsyntezowanych pochodnych mannitolu (zbliżone do temperatur rozkładu) mogą być głównym powodem braku cykliczności przemian fazowych topnienie-krystalizacja. Inny ciekawy wniosek wynikający z jego badań dotyczy związku [Man][OMs], którego zdolność do łatwej krystalizacji Doktorant wytłumaczył największą ilością wiązań wodorowych pomiędzy kationem i anionem. Wnioski wynikające z przeprowadzonych w tej sekcji badań są trafne i generalnie dobrze sformułowane, jednak zabrakło w nich informacji o użyteczności nowych pochodnych. Przykładowo czy udało się osiągnąć założony cel i uzyskać ciekawe alternatywy dla związków stosowanych obecnie? Wyniki badań opublikowano w renomowanym czasopiśmie *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, co zasługuje na wyróżnienie i podkreśla wysoką jakość przeprowadzonych i opisanych powyżej badań.

W drugiej sekcji Doktorant w sposób zwięzły nawiązał do wszechstronności cieczy jonowych do otrzymywania materiałów węglowych, poczynając od roli jako rozpuszczalniki czy stabilizatory po zastosowanie jako prekursor samych materiałów węglowych, w które się finalnie przekształcają. W ciekawy sposób został także opisany wpływ obecności różnych heteroatomów, w tym azotu, na szereg właściwości fizykochemicznych powstałych materiałów węglowych. Uzyskane termogramy dla wybranych i przebadanych związków jednoznacznie pokazują wpływ nawet drobnej modyfikacji strukturalnej na stabilność termiczną cieczy jonowej. Pan Gaida zauważył, że wzrost temperatury karbonizacji powyżej 500-600°C powoduje spadek zawartości azotu. Złożoność syntezy takich materiałów uwypukla sporządzona dyskusja wyników, jednoznacznie wskazująca, że konieczne jest szukanie optimum pomiędzy osiągnięciem pożądanej zawartości azotu, przy jednoczesnym utrzymaniu dobrze rozwiniętej powierzchni właściwej. Niespotykane i odmienne od literatury okazało się zachowanie [Glu][TCM] podczas ogrzewania,



gdzie całkowicie się rozłożył, kiedy to analog z kationem imidazoliowym dał aż 26% pozostałości. Czy można to w jakiś sposób wytłumaczyć?

Trzecia sekcja dotyczyła syntezy jonowych pochodnych cukrów, które będą wykazywały aktywność powierzchniowo czynną. Trudności w wydzieleniu produktów reakcji wymiany anionu pomiędzy [ATAGlu]Br i soli sodowych kwasu cholowego i deoksycholowego są jednoznacznym dowodem, że syntezy przeprowadzone przez Doktoranta były znacznym wyzwaniem i musiał on się wykazać godną pochwały inwencją twórczą w poszukiwaniu alternatywnych metod prowadzących do osiągnięcia założonego celu. Zastosowanie reakcji zobojętniania kwas-zasada jest bardzo ciekawym sposobem syntezy pożądaných produktów, która eliminuje problem obecności soli nieorganicznych, gdyż w tym przypadku produktem ubocznym jest woda. Jednak w tym rozdziale zabrakło mi zestawienia otrzymanych związków z podanymi parametrami fizykochemicznymi, jak np. temperatury przemian fazowych czy stabilność termiczną. Dane te pozwoliłyby też na określenie wpływu obecności dużego anionu organicznego na te parametry w porównaniu do wcześniej opisanych par jonowych. Doktorant bardzo czytelnie przedstawił wartości napięcia powierzchniowego na rysunkach 36-39. Wyniki jednoznacznie wskazują na aktywność powierzchniową zsyntezowanych produktów. Otrzymane związki zawierające anion kwasu cholowego i deoksycholowego charakteryzują się widocznie gorszą zdolnością do obniżania napięcia powierzchniowego - powyżej CMC napięcie powierzchniowe ich roztworów wynosi ok. 50 mN/m, podczas gdy komercyjne surfaktanty obniżają tę wartość nawet do ok. 25-30 mN/m. Jest to spowodowane faktem, że struktura użytych kwasów odbiega od klasycznego układu, gdzie za część hydrofobową odpowiada prosty podstawnik alkilowy. Zaprojektowane struktury wykazały potencjał do oczyszczania nanorurek węglowych, co opublikowano w prestiżowym czasopiśmie *Separation and Purification Technology*.

Dokładna analiza rozdziału 6 (*Experimental part*) utwierdziła mnie w przekonaniu, że Pan mgr inż. Bartłomiej Gaida dobrał odpowiednie metody empiryczne, które umożliwiły mu przeprowadzanie założonych eksperymentów i uzyskanie wartościowych naukowo danych doświadczalnych. Metody syntezy produktów reakcji zostały opracowane w sposób poprawny i świadczą jego bardzo o wysokich umiejętnościach z zakresu technik laboratoryjnych dotyczących syntezy jak i oczyszczania związków organicznych. Doktorant wykazał się także



bardzo wysokimi umiejętnościami w zakresie analizy struktury związków organicznych oraz analizy ich właściwości fizykochemicznych. Niemniej jednak zaprezentowanie analizy strukturalnej wraz z numeracją poszczególnych atomów znacznie ułatwiłoby zweryfikowanie tej części pracy. Ponadto podczas czytania procedur syntetycznych nasuwają mi się poniższe pytania:

1. Jaki był cel dodania imidazolu do syntezy pochodnej glukozy z atomem jodu na stronie 113 i ile go użyto?
2. Dlaczego do syntezy tetrafluoroboranu doktorant użył ekonomicznie droższej metody bazującej na użyciu związków srebra zamiast dostępnego komercyjnie tetrafluoroboranu sodu?
3. Czy sygnał od węgla anionu tricyjanometanu, powinien wystąpić przy wartości 4,64 ppm? Literatura wskazuje, że wartość ta powinna być wyższa.
4. W metodologii brakuje szczegółów dotyczących chromatografii kolumnowej do odtworzenia procedury, np. co było fazą stacjonarną i jaka była jej ilość? Na ile frakcji dzielono eluat? Jak dobierano fazę ruchomą?
5. Czy struktury nowych związków lub nowatorskie metody ich syntezy zostały opatentowane?

Rozprawa doktorska Pana Bartłomieja Gaidy została napisana bardzo czytelnym językiem z zachowaniem poprawnej składni i stylistyki. Można zauważyć duży wkład w opracowanie każdego rozdziału w sposób estetyczny i przystępny dla czytelnika. Jest to warte podkreślenia, szczególnie, że dysertacja nie została napisana w ojczystym języku Doktoranta. Praca zawiera bardzo niewielką ilość błędów edytorskich czy stylistycznych (np. str 28 – EC₅₀ – 50 powinno być w indeksie dolnym; Str 29 – T_d – d powinno być w indeksie dolnym, literówki: str. 54 – „flesh” column czy str. 132 – „ammine”), których uważam, że nie sposób uniknąć przy opracowywaniu dokumentu składającego się z blisko 200 stron maszynopisu. Nadmienię jednak, że w moim odczuciu są to drobne uchybienia, które mają marginalny wpływ na całość pracy i w żaden sposób nie umniejszają jej wartości naukowej. Podsumowując, chciałbym wyraźnie zaznaczyć widoczny wkład Pana Bartłomieja Gaidy w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej, w szczególności w projektowanie i zastosowanie nieznanych dotąd cieczy jonowych. Sposób planowania eksperymentów, realizacji badań, jak i dyskusja uzyskanych wyników, świadczą o wysokich kompetencjach naukowo-badawczych Doktoranta i są dowodem Jego odpowiedniego poziomu przygotowania do prowadzenia badań naukowych.



Na podstawie oceny pracy doktorskiej Pana Mgr. inż. Bartłomieja Gaidy zatytułowanej „*Bio-derived ionic liquids as precursors for sustainable functional materials*” stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania formalne i zwyczajowe w świetle istniejącego prawa. Wnoszę zatem do Wysockiej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką wartość naukową przedłożonej do oceny dysertacji, w szczególności jakość wykonanych badań, ich interdyscyplinarny charakter jak i współpracę międzynarodową z renomowanymi ośrodkami badawczymi, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Podpisano odręcznie przez autora