



Gdańsk, 09.09.2025

dr hab. inż. Donata Konopacka-Łyskawa
Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej
Wydział Chemiczny
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Szymona Ordy
pt. „Badania krystalizacji renianu(VII) amonu w celu poprawy wydajności procesu
oraz właściwości końcowych produktu”**

wykonanej na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej,
której promotorem jest dr hab. inż. Marcin Lemanowicz, prof. PŚ,
a opiekunem pomocniczym dr inż. Michał Drzazga

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Podstawą przygotowania niniejszej recenzji jest pismo przewodnie Pani dr hab. inż. Agaty Jakóbiak-Kolon, prof. PŚ, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna w Politechnice Śląskiej z dnia 9 lipca 2025 roku informujące o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora Panu mgr. inż. Szymonowi Orda. Recenzja została wykonana z uwzględnieniem kryteriów zawartych w art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (z późn. zm.; tekst jednolity Dz.U. z 24.10.2024 poz. 1571,).

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Szymona Ordy stanowi praca zatytułowana „Badania krystalizacji renianu(VII) amonu w celu poprawy wydajności procesu oraz właściwości końcowych produktu”. Praca doktorska została zrealizowana w ramach V edycji Programu „Doktorat Wdrożeniowy” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jej promotorem jest dr hab. inż. Marcin Lemanowicz, prof. PŚ, a opiekunem pomocniczym dr inż. Michał Drzazga. Recenzowana praca doktorska spełnia formalne kryteria zawarte w ustawie przytoczonej w punkcie 1, zgodnie z którymi rozprawa doktorska może mieć formę „pracy pisemnej, w tym monografii naukowej, zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, pracy projektowej, konstrukcyjnej, technologicznej, wdrożeniowej lub artystycznej, a także samodzielnej i wyodrębnionej części pracy zbiorowej”

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje 157 stron i jest podzielona na 12 rozdziałów. Zawiera wykaz symboli i oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim, przegląd literatury, cel i zakres pracy, metodykę badawczą, omówienie wyników, założenia do wdrożenia, podsumowanie i wnioski, wykaz cytowanej literatury, spis rysunków i tabel oraz dorobek naukowy Doktoranta. Układ pracy jest poprawny i typowy dla prac doktorskich.

3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy oczyszczania renianu(VII) amonu metodą rekrytalizacji. Związek ten jest wykorzystywany do otrzymywania renu o wysokiej czystości w procesie wysokotemperaturowej redukcji gazowym wodorem. Ren jest pierwiastkiem rzadkim, którego stężenie w skorupie ziemskiej jest szacowane na 0,001 ppm. Właściwości renu takie jak bardzo wysoka temperatura topnienia, odporność na korozję, wysoki moduł Younga, dobra wytrzymałość na rozciąganie i pełzanie w wysokich temperaturach decydują o jego wykorzystaniu w stopach, które charakteryzują się bardzo dobrą wytrzymałością mechaniczną i termiczną. Ren jest przede wszystkim składnikiem stopów na bazie niklu, wolframu i molibdenu. Obecnie, największa ilość tego pierwiastka jest zużywana do produkcji superstopów stosowanych do wytwarzania łopatek silników turbinowych. Inne zastosowania materiałów produkowanych z dodatkiem renu to elementy aparatów do analizy rentgenowskiej, włókna lamp, termopary do pomiarów temperatury powyżej 2000°C, czy katalizatory renowo-platynowe do produkcji wysokooktanowych węglowodorów podczas przerobu ropy naftowej. Renian(VII) amonu otrzymywany jest z surowców pierwotnych oraz przez recykling materiałów zawierających ren, przede wszystkim superstopów i katalizatorów. Obie te ścieżki wytwarzania renianu amonu wymagają oczyszczenia produktu, aby uzyskać zawartość zanieczyszczeń spełniającą wymagania do dalszego przetwarzania w procesach produkcji materiałów zawierających ren. Dlatego uważam, że tematyka pracy dotycząca rekrytalizacji renianu(VII) amonu, wpisuje się w nurt badań nad rozwojem metod jego oczyszczania. Etap ten jest niezbędny w technologiach wytwarzania tego strategicznego produktu.

Doktorant jako cel rozprawy doktorskiej postawił sobie opracowanie metody jednostopniowej rekrytalizacji renianu(VII) amonu, aby otrzymać kryształy spełniające przemysłowe standardy czystości. Ze względu na to, że jednym z zanieczyszczeń, które pogarszają właściwości metalicznego renu otrzymywanego przez wysokotemperaturową redukcję wodorem jest potas, Doktorant skupił się w swojej pracy na eliminacji tego zanieczyszczenia. Hipoteza badawcza, którą sformułował dotyczy możliwości oczyszczania renianu(VII) amonu z soli potasu i brzmi: „dodatek wytypowanej soli amonowej w procesie rekrytalizacji zanieczyszczonego potasem renianu(VII) amonu zmienia równowagę w układzie powodując retencję potasu w układzie a tym samym umożliwia otrzymanie produktu wysokiej czystości”. Zarówno cel pracy jak i hipoteza badawcza są określone poprawnie, a opisane w rozprawie doktorskiej badania prowadzą do ich logicznego uzasadnienia i potwierdzenia.

Wprowadzenie do tematyki pracy przedstawione zostało w rozdziale 4, zatytułowanym „Przegląd literatury”, obejmującym strony 6-55. W części tej Doktorant zawarł najbardziej istotne informacje dotyczące występowania i właściwości renu. Omówił szczegółowo jego zastosowania oraz znaczenie materiałów produkowanych z dodatkiem renu. Interesujące jest przygotowane zestawienie przedstawiające rynek tego metalu. Głównymi zagadnieniami omówionymi w tej części rozprawy doktorskiej są metody

wytwarzania i oczyszczania renu. W związku z tym, że ren otrzymuje się wykorzystując odpadowe strumienie z przetwarzania rud metali, przede wszystkim rud molibdenowych oraz odzyskuje się w procesach recyklingu odpadów zawierających ren, w tym superstopów, wyróżnia się dwie główne ścieżki otrzymywania renu, tj. ze źródeł pierwotnych i ze źródeł wtórnych. Metody te różnią się przygotowaniem produktu surowego. Ren w stosowanych technologiach przerobu rud molibdenowych zawarty jest w kwaśnych ściekach powstałych po absorpcji gazów z prażenia w wodzie. Natomiast w procesach recyklingu odpadów zawierających ren, odzysk renu wymaga wykorzystania procesów pirometalurgicznych oraz hydrometalurgicznych lub metod elektrochemicznych. W rozdziałach 4.1. oraz 4.2., Doktorant przedstawił szczegółowo metody stosowane do odzysku renu ze źródeł pierwotnych i wtórnych. Informacje te zostały zaczerpnięte z artykułów naukowych opublikowanych w przeważającej części w ostatnich 15 latach. Aby uzyskać produkt o wymaganej czystości w każdej z tych metod konieczny jest etap oczyszczania. Następnie Doktorant przedstawił w rozdziale 4.3. „Zanieczyszczenia w renianie(VII)amonu” zestawienie stężeń pierwiastków, dopuszczane w renianie(VII) amonu (i) produkowanym zgodnie z normą rosyjską GOST, (ii) zawarte w specyfikacji produktu polskiego producenta renu KGHM Metraco oraz (iii) zgodnie z normami czystości dla trzech klas tego związku podawanymi przez organizację Minor Metal Trade Association. W kolejnej części wprowadzenia teoretycznego (rozdział 4.4.) Doktorant opisał najczęściej wykorzystywane metody oczyszczania renianu(VII) amonu, tj. wymianę jonową, elektrodializę membranową oraz rekrytalizację. Zawarte w tej części informacje, przytaczają szczegółowo warunki oczyszczania zanieczyszczonej soli. Na końcu przeglądu literatury, Doktorant zamieścił podsumowanie, w którym przeprowadził dyskusję wskaźników mających wpływ na wybór danej metody oczyszczania renianu(VII) amonu. Analizowane wskaźniki to: czas procesu, zaawansowanie budowy aparatury, koszty aparatury, eksploatacja aparatury, zużycie energii, koszty odczynników oraz wpływ na środowisko. Doktorant przedstawił też zalety i wady stosowanych technik.

Uważam, że rozdział „Przegląd literatury” dobrze wprowadza czytelnika w tematykę rozprawy doktorskiej. Informacje w nim zawarte stanowią logiczne uzasadnienie postawionego celu pracy. W tej części pracy Doktorant opisując metody przetwarzania źródeł pierwotnych zawierających ren (rud molibdenowych) skupił się na technologiach, w których głównym etapem jest otrzymywanie tlenku renu (VII). W związku z tym, że metody oczyszczania renianu(VII) amonu zostały opisane bardzo szczegółowo, warto byłoby przygotować zestawienie, które ułatwiłoby porównanie poszczególnych warunków prowadzenia omawianych procesów. Podsumowanie w formie krótkiego opisu przygotowano omawiając metodę elektrodializy membranowej.

W rozdziale 6 Doktorant przedstawił metodykę badawczą. Zawarto w niej wykaz stosowanych odczynników chemicznych, opis metody otrzymywania zanieczyszczonego potasem renianu(VII) amonu, wykorzystywanych metod analitycznych, opis aparatury i metodyki stosowanej podczas rekrytalizacji zanieczyszczonej soli, pomiarów rozpuszczalności soli i gęstości roztworów soli oraz metodykę pomiarów wzajemnej rozpuszczalności renianu(VII) amonu i wytypowanych do doświadczeń soli amonowej. Przedstawiono również w tej części zakres parametrów stosowanych podczas badania wpływu szybkości chłodzenia oraz częstości obrotów mieszadła na morfologię kryształów renianu(VII) amonu oraz ich rozkład wielkości. Ponadto, rozdział ten zawiera ramowy plan badań oraz metodykę obliczania parametrów charakteryzujących efektywności i wydajność rekrytalizacji i obliczenia pozwalające wyznaczyć masę soli w roztworach eutonicznych na

podstawie zmierzonych stężeń renu i anionów soli amonowych dodawanych procesie rekrytalizacji.

Informacje przedstawiające opis materiałów w metodyki eksperymentów są opisane szczegółowo i klarownie. Natomiast nie jest dla mnie zrozumiałe, dlaczego Doktorant zamieścił podrozdział 6.4. „Ramowy plan badań” w jako część rozdziału 6. „Metodyka badawcza”. Moim zdaniem, te informacje albo powinny być częścią rozdziału 5. „ Cel i zakres pracy” albo zostać wydzielone jako osobny rozdział w pracy.

Otrzymane wyniki badań oraz ich dyskusję przedstawiono w rozdziale 7. „Omówienie wyników”. Doktorant określił zależność rozpuszczalności renianu(VII) amonu i renianu(VII) potasu od temperatury. Wyznaczył również zależność gęstości roztworów badanych soli renu od temperatury. Podczas wstępnych prób rekrytalizacji wykonał eksperymenty krystalizacji z dodatkiem azotanu amonu, siarczanu amonu, chlorku amonu, węglanu amonu, tiosiarczanu amonu oraz octanu amonu. Badania te obejmowały wyznaczenie wpływu masy dodawanej soli amonowej na efektywności oczyszczania renianu(VII) amonu z soli potasu oraz analizę wydajności rekrytalizacji prowadzonej w metodą chłodzenia roztworu wyjściowego w zakresie od 60 do 20°C. Na tej podstawie Doktorant wykazał, że w każdym z badanych układów zawartość potasu w produkcie końcowym zmniejszała się wraz ze wzrostem masy dodawanej soli amonowej. Również wzrost udziału masy dodawanej soli skutkowało polepszeniem wydajności rekrytalizacji. Wytypowanymi w tym etapie badań solami do dalszych prac były: azotan amonu, chlorek amonu i siarczan amonu

Najbardziej pracochłonnym, ale też najbardziej wartościowym etapem badań było wyznaczenie przez Doktoranta równowag krystalizacyjnych dla układu renian(VII) amonu – badana sól amonowa (azotan amonu, chlorek amonu lub siarczan amonu) – woda w temperaturze 20°C. Równowagi te pozwalają na dobór stężeń roztworów, dla których możliwa jest krystalizacja pojedynczej soli, w tych badaniach - renianu(VII) amonu. W kolejnych doświadczeniach wyznaczono efektywność oczyszczania soli renianu(VII) amonu z potasu z zastosowaniem dodatku soli amonowych w roztworze pierwotnym w zakresie 0,1-0,175 mola dla każdej soli, tak dobranych, aby uzyskać pożądany produkt bez jej współstrącania. Zaplanowanie tych badań, pozwoliło na porównanie wpływu dodatku na efektywność oczyszczania renianu(VII) amonu z potasu i wydajność rekrytalizacji. Wykazano, że najlepszym dodatkiem w celu uzyskania produktu o mniejszej zawartości potasu jest azotan amonu, a dodatkiem pozwalającym na uzyskanie najwyższej wydajności był siarczan amonu. Jednak zastosowane warunki prowadzenia rekrytalizacji nie pozwoliły w żadnym z doświadczeń na uzyskanie zanieczyszczenia potasem produktu (NH_4ReO_4) poniżej wymaganego poziomu 10 ppm. Dlatego zdecydowano się na zmniejszenie stężenie renianu amonu w roztworze wyjściowym oraz zwiększenie dodatku soli amonowej do 0,5 mola. W przypadku użycia azotanu amonu uzyskano zawartość potasu w produkcie końcowym 6 ppm, a wydajność rekrytalizacji wynosiła 73%. Pozostałe badane dodatki nie pozwoliły na obniżenie zawartości potasu poniżej zakładanego stężenia, chociaż wydajność procesu była wyższa.

Ostatnia część przeprowadzonych badań jest próbą określenia wpływu dwóch wybranych parametrów krystalizacji tj. szybkości chłodzenia oraz częstości obrotów mieszadła na morfologię oraz rozkład wielkości cząstek renianu(VII) amonu podczas krystalizacji prowadzonej przez chłodzenie roztworu wyjściowego w zakresie do 60 do 20°C. Doktorant wykazał, że dla zakładanego składu początkowego roztworu i stałej częstości obrotowej mieszadła 400 obr./min, kryształy charakteryzujące się najmniej

zdeformowaną morfologią oraz największą jednorodnością otrzymano, gdy szybkość chłodzenia wynosiła 0,5°C/min. Dla pozostałych badanych szybkości chłodzenia, tj. 0,25, 0,75 i 1,00°C/min, pokrój i wielkość kryształów były bardziej zróżnicowane. Natomiast wpływ częstości obrotów mieszadła badany w zakresie 100-400 obr./min dla szybkości chłodzenia 0,5°C/min, potwierdził, że wzrost intensywności mieszania skutkuje otrzymaniem mniejszych i bardziej jednorodnych kryształów. Dodatkowo wykazano, że wzrost częstości obrotów mieszadła powoduje wzrost stężenia potasu w produkcie końcowym, ale jego zawartość jest poniżej 10 ppm.

Uważam, że w części przedstawiającej wyniki badań i ich omówienie, zawarto wartościowe informacje, które są podstawą projektowania procesu rekrytalizacji renianu(VII) amonu. Na podkreślenie zasługuje wyznaczenie przez Doktoranta równowag krystalizacyjnych w temperaturze 20°C w układach renian amonu – sól amonowa – woda, co pozwala na określenie składu roztworów wyjściowych używanych do krystalizacji tak, aby otrzymywać kryształy NH_4ReO_4 , bez współstrącania dodawanej soli amonu. Dodatek soli amonowej, pozwala (i) na zmniejszenie rozpuszczalności renianu amonu, co jest korzystne w punktu widzenia wydajności procesu oraz (ii) na zwiększenie rozpuszczalności renianu potasu, dzięki czemu możliwe jest otrzymanie produktu o zawartości tego pierwiastka poniżej 10 ppm. Analizując zaznaczone strzałki na wykresach równowagi przedstawiające przebieg zmian składu roztworu nasyconego podczas krystalizacji (rysunki 52-54) uważam, że nie są narysowane właściwie, gdyż podczas krystalizacji pojedynczej soli nie otrzymuje się roztworu eutonicznego. W wielu miejscach tego rozdziału Doktorant pisze o przesyce, jednak zabrakło obliczeń wartości tego parametru dla prowadzonych rekrytalizacji. Moim zdaniem badania wpływu parametrów procesowych na charakterystykę krystalizowanego produktu są badaniami wstępnymi wymagającymi rozszerzenia. Największy wpływ na przebieg krystalizacji ma przesycaenie, od niego zależy zarówno szybkość zarodkowania jak i szybkość krystalizacji, więc warto byłoby takie badania wykonać. Zabrakło też w pracy określenia wpływu temperatury na krystalizację. Temperatura procesu będzie rzutowała na wartość przesycaenia oraz na kinetykę procesu krystalizacji, jak również na zawartości potasu w produkcie końcowym.

W rozdziale 8 „Założenia do wdrożenia” wykonano wstępną analizę kosztów procesu oczyszczania renianu(VII) amonu w procesie jednostopniowej rekrytalizacji z dodatkiem azotanu amonu. Uwzględniono w niej zużycie odczynników (woda dejonizowana, azotan amonu, izopropanol) oraz koszty energii związanej z podgrzewaniem roztworu, chłodzeniem, mieszaniem, suszeniem produktu oraz filtracją próżniową. Na podstawie analizy stwierdzono, że największy udział w przedstawionych kosztach ma suszenie oczyszczonego renianu(VII) amonu.

Nie jestem ekspertem w dziedzinie ekonomii, jednak w mojej ocenie, zabrakło w analizie kosztów wskazania i uzasadnienia istotnych założeń: (i) zakładana masa przerabianego surowca do oczyszczania oraz (ii) sposób prowadzenia procesu – ciągły czy okresowy. Ponadto w przedstawionym zestawieniu kosztów nie uwzględniono amortyzacji aparatury, kosztów obsługi, ewentualnie kosztów przetłaczania. Dobrze byłoby też wskazać, jak można zagospodarować ług pokrytalizacyjny, np. czy jest możliwe jego zwracanie do któregoś z etapów produkcji. Zgadzam się ze stwierdzeniem Doktoranta, że zapotrzebowanie na renian(VII) amonu oraz jego aktualna cena może decydować powodzeniu wdrożenia.

Wykaz cytowanej w pracy literatury zawiera sto sześćdziesiąt siedem źródeł. Są one różnorodne i obejmują zarówno artykuły z czasopism naukowych, książki, monografie,

patenty, jak i materiały komercyjne (np. katalogi lub cenniki). Udział publikacji z ostatnich dziesięciu lat stanowi około 42%, zaś najstarsze cytowane źródło pochodzi z 1922 roku (pozycja [150]). Wśród odnośników znajdują się dwadzieścia trzy patenty dotyczące zarówno odzysku renu ze zużytych katalizatorów, przetwarzania superstopów jak i odzysku renu z roztworów o różnym składzie.

Nie mam zastrzeżeń do doboru cytowanej literatury. Bibliografia zawarta w pracy potwierdza aktualność tematyki badawczej przedstawionej w ocenianej rozprawie doktorskiej, a duża liczba patentów świadczy o potencjalnych wdrożeniach w tym obszarze.

Podsumowanie

Oceniając rozprawę, mogę stwierdzić, że: (i) tematyka pracy jest istotna z punktu widzenia poznawczego jak i praktycznego projektowania procesów krystalizacji, (ii) treść pracy odpowiada tytułowi pracy, (iii) recenzowana praca ma charakter poznawczy, a otrzymane wyniki mogą być wykorzystane do rozwoju technologii oczyszczania renianu(VII)amonu. Mocną stroną recenzowanej rozprawy są wyniki doświadczalne równowag krystalizacyjnych dla układów renian(VII)amonu – wybrana sól amonowa (azotan amonu, chlorek amonu lub siarczan amonu) – woda, które są niezbędne do projektowania oczyszczania renianu(VII) amonu przez rekrystalizację. Uważam, że ważne, z praktycznego punktu widzenia wykorzystania wyników, jest wyznaczenie przez Doktoranta wpływu dodatku wybranych soli na wydajność krystalizacji oraz na efektywność usuwania jonów potasu. Dorobek naukowy Doktoranta związany z tematyką rozprawy doktorskiej jest dobry i obejmuje dwa artykuły w czasopismach naukowych z listy JCR, sześć wystąpień na konferencjach (w tym dwa na konferencjach międzynarodowych). Na podkreślenie zasługuje też przygotowanie zgłoszenia patentowego dotyczącego usuwania jonów potasu z renianu(VII) amonu. Przedstawiony dorobek niezwiązany z tematyką rozprawy doktorskiej jest bardzo dobry i świadczy o wysokiej aktywności Doktoranta w pracach naukowych i rozwojowych.

Praca jest napisana poprawnym językiem, chociaż Doktorant nie ustrzegł się tzw. literówek. Jednak nie są to liczne nieprawidłowości, dlatego nie wymieniam ich szczegółowo w tej recenzji. Szata graficzna rozprawy doktorskiej jest estetyczna, a zamieszczone w pracy tabele, rysunki i wykresy są czytelne. Mam tylko wątpliwości, czy przytaczanie schematów wprost z publikacji, które zawierają pewne logiczne braki jest zasadne, np. (i) na rysunku 7 przedstawiono schemat ekstrakcyjnej metody odzysku renu, który w opisie zawiera informację, że ekstrahowano mieszaniną organiczną, a takiego etapu brakuje na schemacie, (ii) na rysunku 9 przedstawiono metodę strąceniową, w której przedostatnim etapem jest chłodzenie, ale z opisu wynika, że jest to krystalizacja (zachodząca podczas chłodzenia).

Rolą recenzenta jest wskazanie również słabszych stron ocenianej pracy. Przede wszystkim należy zauważyć, że w rozprawie doktorskiej wskazano warunki oczyszczania renianu(VII) amonu z jonów potasu do poziomu, który spełnia postawione warunki dla produktu końcowego (stężenie jonów K poniżej 10 ppm) tylko dla przypadku, gdy w soli wyjściowej znajduje się stosunkowo niewielkie stężenie potasu w próbce (54 ppm), co jest istotnym ograniczeniem. Zabrakło mi też badań nad kinetyką krystalizacji, a są one fundamentalne, jeżeli konieczna jest kontrola zarówno przebiegu procesu jak i charakterystyki produktu końcowego. Powyższe uwagi nie umniejszają wartości ocenianej pracy, ale mogą być wskazówką dla Doktoranta, w kwestii dalszych kierunków badań.

Pytania

1. Odnośnie omówienia rysunku 18 (str. 45): Jakie są składy roztworów opuszczających przestrzeń 2 i 3 po elektrodializie membranowej?
2. Jaki jest teoretyczny skład ługu pokryształacyjnego otrzymywanego po krystalizacji z dodatkiem wybranej soli amonowej?
3. Proszę o porównanie przesylenia, które uzyskano w doświadczeniach APR1/0,175AA i APR2/0,5AA.
4. Proszę o wyjaśnienie stwierdzenia zawartego na str. 79 rozprawy doktorskiej: „Dodatek wybranej soli amonowej zwiększa temperaturę krystalizacji na etapie chłodzenia układu od temperatury 60°C do 20°C.”
5. Proszę o objaśnienie symboli stosowanych w równaniu 14 (str. 119).”
6. Czy masa ługu pokryształacyjnego i masa roztworu jest podana na wykresie Sankeya (str. 127) prawidłowo?
7. W pracy wykonano wstępną analizę ekonomiczną procesu dla przypadku, gdy oczyszczaniu poddano około 5 g renianu(VII) amonu (skala laboratoryjna). Jaka masa tej soli może być oczyszczana w procesach przemysłowych podczas jednej szarży? Czy zasadne byłoby realizowanie oczyszczania soli w procesie ciągłym?

4. Wnioski końcowe

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Szymona Ordy przedstawia wartościowe wyniki badań, które mogą zostać wykorzystane do zaprojektowania procesu usuwania potasu z zanieczyszczonego renianu(VII) amonu. Wysoko oceniam badania, w których uzyskano równowagi krystalizacyjne dla układów renian(VII) potasu – wybrana sól amonowa – woda. W swoich badaniach Doktorant wykazał, że zaproponowana jednostopniowa rekryształacja prowadzona z roztworu zawierającego, oprócz oczyszczanego renianu(VII) amonu, dodatek azotanu amonu, pozwala na otrzymanie produktu o zawartości poniżej 10 ppm potasu. W mojej ocenie Doktorant wykazał w rozprawie doktorskiej, że posiada wiedzę teoretyczną oraz umiejętności do samodzielnego prowadzenia eksperymentów naukowych i interpretowania wyników badań.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Szymona Ordy spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn. zm.), dlatego w związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. inż. Szymona Ordy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Donata Konopacka-Łyskawa