

Prof. dr hab. Andrzej Kotarba
Grupa Chemii Powierzchni i Materiałów
Zakład Chemii Nieorganicznej
ak@uj.edu.pl
tel. 12 686 25 09



UNIwersYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Kraków 03.09.2026

Recenzja osiągnięcia naukowego oraz całokształtu dorobku

dr Oleksiia Bezkrovneho
w postępowaniu habilitacyjnym
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych,
w dyscyplinie nauki chemiczne

Wydział Chemii

Informacje ogólne i sylwetka naukowa Habilitanta

Dr Oleksii Bezkrovnyi ukończył studia chemiczne na Uniwersytecie Narodowym im. Karazina w Charkowie, uzyskując w 2010 roku tytuł magistra chemii fizycznej. W latach 2011-2014 odbył studia doktoranckie w Instytucie Monokryształów Narodowej Akademii Nauk Ukrainy w Charkowie, a następnie, w latach 2015-2020, kształcił się w ramach studiów doktoranckich w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, które zakończył obroną pracy doktorskiej pt. *"Nanocząstki złota osadzone na powierzchni krystalitów $Ce_{1-x}Eu_xO_{2-y}$ o zdefiniowanej morfologii jako aktywne i stabilne katalizatory reakcji utleniania CO"*. Od 2021 roku Habilitant jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w tej jednostce naukowej.

Droga naukowa wskazuje na konsekwentne rozwijanie zainteresowań związanych z nanomateriałami tlenkowymi, fizykochemią powierzchni oraz katalizą heterogeniczną. Szczególne miejsce w dorobku Habilitanta zajmują materiały oparte na tlenku ceru(IV), oddziaływania metal-nośnik oraz poszukiwanie korelacji pomiędzy strukturą (z uwzględnieniem defektów), morfologią, stanem chemicznym powierzchni i aktywnością katalityczną.

Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe zatytułowane *„Stan chemiczny katalizatorów opartych na tlenku ceru w warunkach in situ”* obejmuje cykl dziesięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, oznaczonych jako H1–H10, opublikowanych w latach 2022–2025 w międzynarodowych czasopismach. Publikacje te można umownie podzielić na trzy grupy związane z następującymi zagadnieniami:

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

1. oddziaływaniemi metal-nośnik oraz stanem chemicznym złota w układach Au/CeO₂ w trakcie reakcji utleniania CO,
2. przemianami powierzchniowymi i stabilnością katalizatorów Ru/CeO₂ w utlenianiu propanu oraz reformingu parowym metanu,
3. wykorzystania jonów Eu³⁺ jako sondy luminescencyjnej przemian Ce⁴⁺/Ce³⁺ w katalizatorach opartych na tlenku ceru.

Tematykę prac uznaję za istotną z punktu widzenia katalizy heterogenicznej. Wyznaczanie korelacji pomiędzy stanem powierzchni katalizatora a jej reaktywnością oraz stabilnością należy do podstawowych, a zarazem trudnych problemów katalizy. Pomimo pewnej różnorodności podejmowanych zagadnień publikacje łączy wspólny problem naukowy, którym jest identyfikacja stanu chemicznego powierzchni katalizatorów opartych na tlenku ceru(IV) oraz określenie wpływu tego stanu na ich właściwości użytkowe (aktywność i stabilność).

Wydział Chemii

Ocena poziomu naukowego i warsztatu badawczego

Warsztat badawczy Habilitanta w zakresie fizykochemii powierzchni należy ocenić wysoko. W pracach cyklu opisano interesujące badania prowadzone z wykorzystaniem szerokiego zestawu komplementarnych technik eksperymentalnych. Zastosowano między innymi mikroskopię elektronową, w tym TEM, STEM, HAADF-STEM i STEM-EDS, mikroskopię STM, spektroskopię XPS, w tym wariant NAP-XPS, SRPES, DRIFT, spektroskopię Ramana, dyfrakcję rentgenowską, pomiary H₂-TPR i CO₂-TPD oraz pomiary luminescencyjne. Ponadto, w publikacji H1 wyniki eksperymentalne skonfrontowano z wynikami modelowania DFT.

Za wartościowe uważam zestawienie wyników uzyskanych dla modelowych układów cienkowarstwowych z obserwacjami dotyczącymi katalizatorów proszkowych. Badania układów modelowych umożliwiają bardziej jednoznaczną interpretację widm spektroskopowych oraz porównanie wyników eksperymentalnych z przewidywaniami teoretycznymi. Z kolei wyniki badań materiałów proszkowych są bardziej reprezentatywne dla rzeczywistych katalizatorów. Należy jednak zawsze brać pod uwagę, że przejście od dobrze zdefiniowanego układu modelowego do złożonego katalizatora nie zawsze jest bezpośrednie. Różnice w morfologii, dyspersji fazy aktywnej, strukturze powierzchni, a także wpływu środowiska reakcji mają znaczący wpływ na stan powierzchni, a tym samym przebieg reakcji katalitycznej. Habilitant jest częściowo świadomy tych ograniczeń, choć uważam że w autoreferacie powinna się znaleźć bardziej systematyczna dyskusja tych zagadnień.

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Ocena najważniejszych wyników cyklu publikacji

Układy Au/CeO₂

W pracach H1 i H2 podjęto problem natury centrów aktywnych układów Au/CeO₂, lokalizacji utlenionych form złota oraz transferu ładunku pomiędzy nośnikiem a nanocząstkami Au. Na podstawie komplementarnych badań XPS, NAP-XPS, SRPES i DRIFTS, wspartych obliczeniami DFT, przeanalizowano rozkład ładunku w nanocząstkach złota i wpływ wakacji tlenowych w CeO₂ na ich właściwości elektronowe. Wskazano również, że centra aktywne utleniania CO należy wiązać raczej z niskoskoordynowanymi atomami złota o ładunku bliskim zeru (lub nieznacznie dodatnim) niż z postulowanymi wcześniej centrami silnie ujemnie naładowanymi.

Za istotne uważam eksperymentalne wykazanie przesunięcia całego dubletu Au 4f w wyniku częściowej redukcji nośnika, interpretowanego jako efekt transferu elektronów do nanocząstek Au. Interesująca jest również obserwacja lokalizacji Au^{δ+} głównie w obszarze granicy faz Au-CeO₂ oraz wykazanie ograniczonej stabilności małych nanocząstek Au w warunkach reakcji.

Jednocześnie niektóre wnioski, zwłaszcza dotyczące powszechności występowania określonych form złota w rzeczywistych katalizatorach proszkowych, powinny być formułowane ostrożnie. Stan chemiczny złota wyznaczany metodą XPS może zależeć od sposobu przygotowania próbki, stopnia redukcji nośnika, rozmiaru cząstek, warunków reakcji, a nawet efektów ładowania próbki. W mojej ocenie wartość tych badań polega przede wszystkim na pokazaniu mechanizmu i zależności w starannie dobranych układach, a nie na ustaleniu ogólnej reguły dla katalizatorów typu Au/tlenek metalu.

Układy Ru/CeO₂

Prace H3-H5 dotyczą stanu chemicznego rutenu i przemian fazy aktywnej w warunkach utleniania propanu. Za szczególnie interesującą uważam obserwację wysoko utlenionych form Ru, interpretowanych jako RuO₄ (lub jako formy RuO_x, gdzie $x > 2$), oraz powiązanie ich powstawania z utratą rutenu z powierzchni i dezaktywacją katalizatora. Wykazano także wpływ rodzaju eksponowanych powierzchni (100) i (111) CeO₂ na podatność rutenu na utlenienie.

Jest to przykład wartościowego powiązania właściwości powierzchni nośnika z procesami zachodzącymi w fazie aktywnej. Badania wskazują, że bardziej reaktywne powierzchnie CeO₂ mogą sprzyjać powstawaniu lotnych tlenkowych form rutenu, prowadząc do spadku stabilności katalizatora. Wynik ten ma znaczenie zarówno poznawcze, jak i potencjalnie praktyczne. Cenne jest również wykazanie wpływu pary wodnej na procesy redoksowe i trwałość fazy rutenowej. Zaproponowane wyjaśnienie odwołujące się do roli powierzchniowych grup -OH

Wydział Chemii

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

w stabilizacji mobilnych kompleksów RuO_x jest interesujące, choć wymaga dalszej weryfikacji.

W pracy H6 rozszerzono obszar badań o proces reformingu parowego metanu. Wykazano, że domieszkowanie CeO_2 jonami Eu^{3+} ogranicza zawęglanie katalizatora Ru/CeO_2 i poprawia jego stabilność. Habilitant rozważa kilka mechanizmów tego efektu, w tym modyfikację transportu tlenu, udział przemian $\text{Eu}^{3+}/\text{Eu}^{2+}$ oraz wzrost zasadowości powierzchni. Ostatecznie mechanizm przeciwdziałania zawęglaniu pozostaje jednak nie w pełni rozstrzygnięty.

Luminescencyjne monitorowanie stanu chemicznego CeO_2

Trzecia część osiągnięcia, obejmująca prace H7-H10, dotyczy wykorzystania Eu^{3+} jako znacznika luminescencyjnego przemian $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$. Koncepcję tę uważam za oryginalną i ciekawą. Na uznanie zasługuje fakt, że Habilitant nie ograniczył się do wykazania korelacji pomiędzy parametrami luminescencyjnymi a stanem redukcji CeO_2 , lecz podjął również próbę określenia ograniczeń proponowanej metody. Wskazano między innymi zależność wartości LIR od rozmiaru krystalitów, niewystarczającą intensywność luminescencji bardzo małych nanocząstek oraz wpływ segregacji europu i historii termicznej próbki. W mojej ocenie zaproponowana metoda luminescencyjna znajduje się obecnie na etapie rozwoju interesującego narzędzia badawczego.

Włączenie do cyklu monoauteurskiej pracy H8, dotyczącej redukowalności tlenków lantanowców metodą H_2 -TPR, stanowi podstawę do oceny możliwości równoległej redukcji Eu^{3+} i Ce^{4+} . Praca ta jest nieco słabiej związana z główną osią cyklu niż pozostałe publikacje, ale jej związek funkcjonalny z weryfikacją koncepcji sondy Eu^{3+} jest, według mnie, do zaakceptowania.

Spójność tematyczna i udział Habilitanta

Zaprezentowany cykl publikacji wykazuje spójność tematyczną. Poszczególne części cyklu są jednak zróżnicowane pod względem badanych metali, reakcji i metod. Spójność osiągnięcia ma więc przede wszystkim charakter problemowy i opiera się na wspólnym zagadnieniu fizykochemii powierzchni tlenku ceru(IV).

W ośmiu publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem, natomiast w pracach H2 i H5 zajmuje odpowiednio siódme oraz drugie miejsce na liście autorów. Z przedłożonego oświadczenia wynika, że w zdecydowanej większości publikacji był pomysłodawcą badań, uczestniczył zarówno w syntezie materiałów, jak i pomiarach, koordynował współpracę oraz brał wiodący udział w analizie wyników i przygotowaniu manuskryptów. W przypadku pracy H2 jego wkład obejmował udział w koncepcji, dyskusję wyników NAP-XPS i udział w przygotowaniu publikacji, natomiast w pracy H5 syntezę próbek,

Wydział Chemii

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIwersytet
Jagielloński
w Krakowie

udział w analizie NAP-XPS i interpretacji pozostałych wyników. Na podkreślenie zasługuje fakt, że praca H8 jest publikacją monoautorską, co należy obecnie do rzadkości w eksperymentalnych pracach chemicznych. Opis indywidualnego wkładu Habilitanta w wieloautorskie publikacje, choć formalnie został przedstawiony, mógłby być bardziej szczegółowy, zwłaszcza w odniesieniu do eksperymentów realizowanych z wykorzystaniem dużych infrastruktur badawczych.

Cykl prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego oceniam pozytywnie. Za jego najmocniejsze elementy uznaję wysoki poziom metodologiczny, umiejętne wykorzystanie technik *in situ* i synchrotronowych oraz powiązanie stanu chemicznego powierzchni z aktywnością i stabilnością katalizatorów.

Wydział Chemii

Krytyczna ocena autoreferatu

Mam istotne uwagi krytyczne dotyczące sposobu przygotowania autoreferatu. Dokument ten nie został napisany z należytą precyzją ani starannością redakcyjną, jakiej należy oczekiwać od opracowania stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego. W tekście można znaleźć liczne ogólniki, literówki, błędy językowe i niezręczności gramatyczne, które niekiedy utrudniają zrozumienie przekazu. Poważniejszy problem stanowi konsekwentne używanie pierwszej osoby liczby mnogiej. W publikacji wieloautorskiej taka forma jest naturalna. Autoreferat habilitacyjny powinien natomiast pozwalać recenzentowi jednoznacznie ustalić, co stanowiło oryginalny wkład Habilitanta, ponieważ to właśnie jego indywidualne osiągnięcie podlega ocenie. Oczekiwałam zatem wyraźnego rozdzielenia wyników zespołu od osobistego wkładu Habilitanta.

Szczególnie rażące jest pozostawienie na początku podsumowania instrukcji redakcyjnej: „*Na początku powinno znaleźć się kilka zdań podsumowujących cały cykl prac. Można wykorzystać fakt, że stosowane są metody in-situ...*”. Fragment ten wskazuje, że dokument nie został poddany końcowej korekcie przed złożeniem.

W autoreferacie występują również niespójności w odwołaniach. Po omówieniu pracy H9, kolejny fragment dotyczy wpływu rozmiaru nanokryształów na parametry luminescencyjne, ponownie przypisano do pracy H9, podczas gdy z układu cyklu wynika, że chodzi o publikację H10. Rysunek 8 opatrzone natomiast oznaczeniem „[ref]”, a nie właściwym odwołaniem do pracy cyklu.

Podobne zastrzeżenia budzą niektóre informacje formalne. Przykładowo, wyjazd do grupy prof. Jordiego Llorcy podano jako trwający od 29 września 2024 do 4 października 2025, co może oznaczać ponad roczny staż, ale w kontekście opisu jako wizyty studyjnej może też być błędem datowania wymagającym wyjaśnienia.

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



Niedostatki redakcyjne autoreferatu nie mogą jednak przekreślać wartości opublikowanych prac. Obniżają co prawda czytelność dokumentu, utrudniają ocenę indywidualnego wkładu Habilitanta i świadczą o niedostatecznej staranności w przygotowaniu dokumentacji.

Analiza autoreferatu i publikacji tworzących osiągnięcie nasunęła również kilka pytań dotyczących interpretacji przedstawionych wyników, zakresu ich uogólnienia oraz indywidualnego wkładu Habilitanta. Kwestie te powinny zostać wyjaśnione podczas kolokwium habilitacyjnego.

Ocena całokształtu dorobku naukowego

Całkowity dorobek publikacyjny Habilitanta obejmuje 58 prac. Według przedstawionej dokumentacji publikacje uzyskały 531 cytowań (*Scopus*), w tym 436 bez autocytowań, a indeks Hirscha wynosi 12 (*Scopus*) lub 13 (*Google Scholar*). Dane te wskazują na dobrą aktywność publikacyjną i rozpoznawalność wyników, szczególnie zważywszy na stosunkowo krótki okres, jaki upłynął od uzyskania stopnia doktora. Dorobek został opublikowany w rozpoznawalnych międzynarodowych czasopismach z zakresu chemii powierzchni, chemii materiałów i katalizy, w tym *Chem. Mater.*, *J. Mater. Chem. A*, *ACS Appl. Mater. & Inter.*, *J. Phys Chem C*, *Nanoscale* i *Catal. Sci & Technol.*.

Za ważny element dorobku uważam kierowanie projektem PRELUDIUM 14 oraz siedmioma projektami pomiarowymi realizowanymi w ramach infrastruktury CERIC. Habilitant uczestniczył ponadto jako wykonawca w projektach SONATA, LIDER, OPUS i WEAVE-UNISONO, a od 2026 roku pełni funkcję koordynatora po stronie polskiej projektu bilateralnego PAN z Bułgarską Akademią Nauk. W dalszym rozwoju kariery oczekiwałbym pozyskania większego, samodzielnego projektu badawczego oraz budowania własnego zespołu.

Habilitant prowadził badania w kilku zagranicznych ośrodkach badawczych. Odbył serię wyjazdów związanych z pomiarami NAP-XPS i SRPES, współpracował z zespołem Uniwersytetu Karola w Pradze, odbył wizytę badawczą na Politechnice Katalońskiej oraz wizytę w Instytucie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej Bułgarskiej Akademii Nauk. Habilitant przedstawiał wyniki podczas konferencji i seminariów zagranicznych. W dokumentacji wykazano dziewięć wykładów poza macierzystym instytutem, w tym wykłady zaproszone w ośrodku SOLARIS, na Uniwersytecie Jagiellońskim, Politechnice Śląskiej i w Instytucie Fizyki PAN.

Aktywność międzynarodową oceniam pozytywnie. Nie sprowadza się ona wyłącznie do krótkich kontaktów konferencyjnych, lecz obejmuje realizację wspólnych zadań badawczych oraz korzystanie z infrastruktury synchrotronowej, co znajduje odzwierciedlenie w międzynarodowym współautorstwie publikacji. Pewnym ograniczeniem tej aktywności jest

Wydział Chemii

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

brak wyraźnie udokumentowanego długoterminowego stażu podoktorskiego poza jednostką macierzystą, choć nie przeszkodziło to Habilitantowi w rozwinięciu efektywnej współpracy międzynarodowej.

Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska

Dokumentacja przedstawiona w tym zakresie jest zdecydowanie skromniejsza niż część dotycząca działalności naukowej. Jako osiągnięcie dydaktyczne wskazano opiekę nad czworgiem praktykantów w 2025 roku, w tym nad studentami Uniwersytetu Wrocławskiego i Politechniki Wrocławskiej. Nie przedstawiono informacji o prowadzeniu regularnych zajęć dydaktycznych, promotorstwie prac dyplomowych, opiece nad doktorantami ani opracowaniu jakichkolwiek materiałów dydaktycznych. Ograniczony zakres formalnej dydaktyki może częściowo wynikać z charakteru instytutu PAN, który nie prowadzi regularnych zajęć dydaktycznych. Niemniej opis działalności dydaktycznej jest lakoniczny i nie pozwala na jej wysoką ocenę. Na obecnym etapie można ją jedynie uznać za skromną i wymagającą rozwoju.

Wydział Chemii

Działalność organizacyjna obejmuje koordynowanie współpracy w ramach publikacji i projektów pomiarowych, udział w projektach krajowych i międzynarodowych oraz koordynację polskiej części projektu bilateralnego. Habilitant wykonuje także recenzje artykułów dla czasopism *Advanced Functional Materials*, *ChemCatChem*, *Small* i *Optical Materials*.

W dokumentacji nie przedstawiono natomiast wyraźnych przykładów działalności popularyzatorskiej, takich jak wykłady dla szerokiej publiczności, udział w festiwalach nauki, przygotowanie popularnonaukowych publikacji lub materiałów edukacyjnych. W konsekwencji działalność popularyzatorską oceniam jako nieudokumentowaną.

Pozytywnie należy odnotować otrzymanie w 2025 roku Nagrody im. Artura Rojszczaka, której kryteria obejmują nie tylko osiągnięcia naukowe, lecz także szersze horyzonty i postawę społeczną.

Wniosek końcowy

Dorobek naukowy dr. Oleksii Bezkrovno oceniam pozytywnie. Habilitant specjalizuje się w badaniach fizykochemii powierzchni nanomateriałów tlenkowych oraz katalizatorów opartych na CeO_2 . Wykazał się dobrym opanowaniem nowoczesnych metod eksperymentalnych, w szczególności spektroskopii fotoelektronów prowadzonej w warunkach zbliżonych do warunków reakcji oraz badań wykorzystujących promieniowanie synchrotronowe.

Prezentowany cykl dziesięciu publikacji jest spójny pod względem problemowym i dotyczy ważnych zagadnień związanych z korelacją

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

między stanem chemicznym powierzchni a aktywnością i stabilnością katalizatorów. Za szczególnie wartościowe uważam badania oddziaływań Au-CeO₂, identyfikację przemian wysoko utlenionych form rutenu w warunkach reakcji oraz próbę wykorzystania Eu³⁺ jako luminescencyjnej sondy przemian Ce⁴⁺/Ce³⁺.

Pomimo przedstawionych uwag krytycznych, zwłaszcza dotyczących niestarannego przygotowania autoreferatu, niewystarczającego rozdzielenia wkładu własnego od wkładu zespołu oraz ograniczonego udokumentowania działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej, uważam, że opublikowane wyniki reprezentują dobry poziom naukowy i wnoszą istotny wkład w rozwój badań nad fizykochemią powierzchni i katalizą heterogeniczną.

W mojej ocenie osiągnięcie naukowe zatytułowane „*Stan chemiczny katalizatorów opartych na tlenku ceru w warunkach in situ*” wraz z całokształtem aktywności naukowej Habilitanta, spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1571, z późniejszymi zmianami). W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie dr Oleksii Bezkrovnego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne.

A. Kaban

Wydział Chemii

ul. Gronostajowa 2

30-387 Kraków

tel. +48 12 686 26 00

fax +48 12 686 27 50

sekretar@chemia.uj.edu.pl

www.chemia.uj.edu.pl