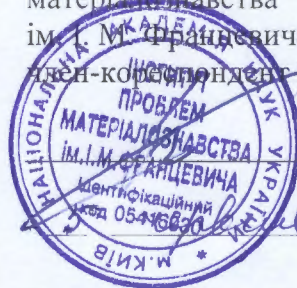




НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА
ім. І. М. Францевича

„ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. директора Інституту проблем
матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України
Інженер-конструктор НАН України



Геннадій БАГЛЮК

2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 06/II-3

від «5» червня 2024 р.

засідання секції Вченої ради Інституту проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України «Фізико-хімія і технології наноструктурних і
функціональних матеріалів»

БУЛИ ПРИСУТНІ:

д.ф.-м.н. В.І. Іващенко, д.х.н. М.В. Буланова, д.х.н. А.А. Бондар, д.ф.-м.н. О.Ю. Хижун,
д.х.н. В.С. Судавцова, д.х.н. О.А. Корнієнко, к.х.н. О.В. Чудінович, к.ф.-м.н. І.В.
Кондакова, д.ф.-м.н. О.І. Дмитрієв, д.ф.-м.н. Є.А. Єлісеєв, д.х.н. В.П. Красовський, д.х.н.
Л.М. Куліков, к.ф.-м.н. А.І. Євтушенко, д.т.н. М.С. Стороженко, к.ф.-м.н. І.І. Білан, д.ф.-
м.н. Р.О. Кузян, д.ф.-м.н. О.О. Онопрієнко, к.ф.-м.н. Д.В. Миронюк, к.х.н. Н.Б. Кьоніг-
Еттель.

СЛУХАЛИ:

Доповідь провідного інженера відділу функціональної кераміки на основі рідкісних
земель Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України
Юшкевича Сергія Вікторовича «Фазові рівноваги у системах $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де $\text{Ln} =$
 Nd, Dy, Ho, Yb », поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10,
Природничі науки за спеціальністю 102, Хімія.

Науковий керівник роботи – д.х.н., старший дослідник Корнієнко Оксана Анатоліївна

Рецензенти: д.х.н. Буланова Марина Вадимівна,

д.х.н. Судавцова Валентина Савелівна.

Тему дисертації «Фазові рівноваги у системах $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де $\text{Ln} = \text{Dy, Ho, Yb, Lu}$ » затверджено на засіданні Вченої ради Інституту проблем матеріалознавства ім.
І.М. Францевича НАН України 16.03.2021 р. протокол № 3, тему уточнено («Фазові
рівноваги у системах $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де $\text{Ln} = \text{Nd, Dy, Ho, Yb}$ ») на засіданні Вченої
ради Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України 2.04.2024 р.
протокол № 4.

ВИСТУПИЛИ:

З питаннями:

д.х.н. М.В. Буланова, д.х.н. А.А. Бондар, д.ф.-м.н. О.Ю. Хижун, д.х.н. В.С. Судацова, д.ф.-м.н. В.І. Іващенко.

З рецензіями:

д.х.н. Буланова Марина Вадимівна, д.х.н. Судацова Валентина Савелівна.

В обговоренні взяли участь:

д.ф.-м.н. В.І. Іващенко, д.х.н. М.В. Буланова – рецензент, д.х.н. А.А. Бондар.

В результаті обговорення та обміну думками засідання відзначає:

Актуальність даної роботи. На сьогоднішній день рідкісноземельні елементи (РЗЕ) виявилися ключовими компонентами у створенні стійких енергетичних рішень, забезпеченні екологічної безпеки та економічного прогресу завдяки своїм різноманітним властивостям. Виняткові оптичні, термодинамічні та хімічні властивості РЗЕ зробили їх незамінними в різноманітних технологіях, включаючи магніти для електромобілів, портативні енергетичні пристрої, каталізatori паливних елементів, захист від радіації, дозиметрію та багато інших. Таким чином використання рідкісноземельних елементів (РЗЕ) забезпечує конкурентні переваги для виготовлення портативних енергетичних пристроїв, датчиків випромінювання та радіаційно-екрануючих стекел, а також, покращує продуктивність існуючих фотоелектричних елементів. Оскільки, останнім часом, глобальний попит на РЗЕ стрімко зростає, надзвичайно важливо визначити основні фізико-хімічні властивості матеріалів на їх основі, а також ширше дослідити наслідки застосування РЗЕ для сталої енергетики та ядерних технологій, як у найближчій, так і в довгостроковій перспективі.

Хімічна стабільність матеріалів на основі РЗЕ дозволяє використовувати їх у різноманітних високоефективних перетворювачах енергії, включаючи твердооксидні паливні елементи (SOFC). Стекла леговані іонами РЗЕ (таких як Dy^{3+} , Eu^{3+} , Sm^{3+} , Nd^{3+} тощо) демонструють покращену ефективність екранування в радіаційних доменах. Матеріали на основі діоксиду церію легованого оксидами РЗЕ широко досліджуються науковцями всього світу, оскільки мають багатообіцяюче застосування у фотокаталізі та електрокаталітичному накопиченні та перетворенні енергії та ін. Наноматеріали на основі діоксиду церію характеризуються оксидазоподібною активністю, що використовують при проведенні знешкодження речовин-забруднювачів. Зокрема, введення в забрудненні розчини діоксиду церію може сприяти швидкому окисненню органічних барвників і малих молекул у слабко-кислому середовищі без потреби введення в систему перекису водню. Ключова захисна роль наночастинок CeO_2 тісно пов'язана з їх здатністю поглинати шкідливе ультрафіолетове випромінювання, без розсіювання корисного видимого світла. Каталізatori на основі діоксиду церію допованого Ln_2O_3 проявляють кращі каталітичні властивості в порівнянні з діоксидом титану.

Проміжні фази зі структурою типу перовскиту викликають великий практичний інтерес як у науковій спільноті, так і у фахівців промисловості. Завдяки високій іонній провідності та низькій енергії активації матеріали на основі впорядкованої фази зі структурою типу перовскиту $LnLn'O_3$ розглядаються як електроліти для електрохімічних пристроїв, таких як твердооксидні паливні елементи (SOFC), електролізери, сенсори, мембрани для розділення водню та електрохімічні каталітичні реактори. Також матеріали на основі $LnLn'O_3$ розглядають як заміну діоксиду кремнію ($\kappa = 3.9$), в якості основного діелектрика затвору зі значення κ вищим за 40.

Мета роботи – побудова ізотермічних перерізів і встановлення закономірностей фізико-хімічної взаємодії в системах $CeO_2-La_2O_3-Ln_2O_3$, де $Ln = Nd, Dy, Ho, Yb$ в інтервалі температур 1500–600 °С, у всьому інтервалі концентрацій і встановлення основних закономірностей будови діаграм стану зазначених систем.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

1. вивчити фазові рівноваги у подвійних системах $\text{CeO}_2\text{-Ln}_2\text{O}_3$ у всьому інтервалі концентрацій та інтервалі температур 600–1500 °С і побудувати відповідні фрагменти діаграм стану;
2. вивчити фазові рівноваги у подвійних системах $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$ у всьому інтервалі концентрацій та інтервалі температур 600–1500 °С і побудувати відповідні діаграми стану;
3. вивчити фазові рівноваги у потрійних системах $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де Ln = Nd, Dy, Ho, Yb у всьому інтервалі концентрацій, при 1100 і 1500 °С і побудувати відповідні ізотермічні перерізи діаграм стану;
4. Визначити закономірності взаємодії фаз у потрійних $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$ системах;

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше з використанням методів електронної мікроскопії та рентгенофазового аналізу встановлено фазові рівноваги у потрійних $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, (Ln = Nd, Dy, Ho, Yb) та подвійних $\text{CeO}_2\text{-Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = Nd, Ho), $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = Dy, Ho) системах. Побудовано фрагменти діаграм стану чотирьох потрійних та чотирьох подвійних систем. Встановлено загальні закономірності взаємодії фаз в твердому стані в залежності від іонного радіуса лантаніда для систем ряду $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$.
2. Вивчено фазові рівноваги в системах $\text{CeO}_2\text{-Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = Nd, Ho) в температурному інтервалі 1500–1100 °С, побудовано відповідні фрагменти діаграм стану та концентраційні залежності параметрів кристалічної ґратки.
3. Вивчено фазові рівноваги у подвійних системах $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = Dy, Ho) в усьому інтервалі концентрацій та побудовано відповідні діаграми стану.
4. Проведено дослідження фазових рівноваг та побудовано фрагменти діаграм стану чотирьох потрійних систем $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де Ln = Nd, Dy, Ho, Yb.

Достовірність і обґрунтованість результатів, положень та висновків забезпечується використанням сучасних експериментальних методів досліджень (рентгенофазовий аналіз; скануюча електронна мікроскопія), достатньою кількістю зразків та узгодженням експериментальних даних.

Особистий внесок здобувача. Основні експериментальні результати дисертаційної роботи отримані особисто або за безпосередньої участі. Особисто проведено літературний пошук та узагальнення отриманих результатів. Постановка задач дослідження, планування експерименту та обговорення проводилися під керівництвом наукового керівника д.х.н. О. А. Корнієнко.

Значну кількість досліджень було проведено у колективі з співробітниками Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України. Рентгенофазовий аналіз виконано спільно з н.с. Оліфан О.І. (ІПМ НАН України); мікроструктурні дослідження – спільно із м.н.с. Самелюком А.В. (ІПМ НАН України).

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць: 5 статей у фахових виданнях, 12 публікацій тез доповідей на конференціях.

За темою дисертації опубліковані наступні роботи:

1. O. Kornienko, S. Yushkevych, O. Bykov, A. Samelyuk, Phase Equilibrium in the Ternary $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Yb}_2\text{O}_3$ System at 1500 °C / Solid State Phenomena – 2022 – Vol. 331, no. 8 – P. 159–172. DOI: <https://doi.org/10.4028/p-4000g3> (Q4)

Особистий внесок здобувача: синтез зразків, обробка результатів досліджень, підготовка рукопису статті.

2. O.A. Korniienko, S.V. Yushkevich, O.I. Bykov, A.V. Samelyuk, Yu. M. Bataiev, M.V. Zamula, Phase equilibrium in binary $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ and ternary $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ systems / Journal of the European Ceramic Society – 2022 – Vol. 42, Issue 13 – P. 5820–5830. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.06.045> (Q1)

Особистий внесок здобувача: синтез зразків, обробка результатів досліджень, підготовка рукопису статті.

3. O.A. Korniienko, S.V. Yushkevich, O.I. Bykov, A.V. Samelyuk, Yu. M. Bataiev, M.V. Zamula, Phase relation studies in the $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ho}_2\text{O}_3$ system at temperature of 1500 °C / *Materialstoday communication* – 2023 – Vol 35 – P. 105789. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.105789> (Q2)

Особистий внесок здобувача: синтез зразків, обробка результатів досліджень, підготовка рукопису статті.

4. S. V. Yushkevych, O. A. Korniienko, O. I. Bykov, I. S. Subota, Isothermal section for the ternary $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ system at 1100 °C / *Journal of Chemistry and Technologies* – 2023 – Vol. 31, no. 2 – P. 215–222. DOI: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i2.275434> (Q4)

Особистий внесок співавторів: Юшкевич С. В. – синтез зразків, обробка результатів досліджень, підготовка рукопису статті, Корнієнко О. А. – узагальнення отриманих результатів, підготовка рукопису статті, Биков О. І. – дослідження експериментальних зразків методом рентгенофазового аналізу, Субота І. С. – підготовка зразків для рентгенофазового аналізу.

5. S. V. Yushkevych, O. A. Korniienko, O. Olifan, I. S. Subota, L. M. Spasonova, Phase equilibria in the system based on cerium dioxide and lanthanum and ytterbium oxides at a temperature of 1100 °C / *Journal of Chemistry and Technologies* – 2024 – Vol. 32, no. 1 – P 43–55. DOI: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i1.290443> (Q4)

Особистий внесок співавторів: Юшкевич С. В. – синтез зразків, обробка результатів досліджень, підготовка рукопису статті, Корнієнко О. А. – узагальнення отриманих результатів, підготовка рукопису статті, Оліфан О. І. – дослідження експериментальних зразків методом рентгенофазового аналізу, Субота І. С. – підготовка зразків для рентгенофазового аналізу, Спасьонова Л. М. – проведення розрахунку параметрів елементарних комірок за допомогою програми LATTIC.

Список публікацій, що засвідчують апробацію дисертації на наукових конференціях

6. С. В. Юшкевич, О. І. Биков, О. А. Корнієнко, Фазові рівноваги в системі $\text{CeO}_2\text{-Ho}_2\text{O}_3$ при температурі 1500 °C / V Всеукраїнська наукова конференція “Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи”, 15 квітня 2021, Житомир, Україна, 128–129 с.

7. S. V. Yushkevych, O. A. Korniienko, A. V. Sameljuk, O. I. Bykov, Phase relation studies in the $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Yb}_2\text{O}_3$ system at 1500 °C / 14th ESerS Conference for Young Scientists in Ceramics, CYSC-2021, October 20-23, 2021, Novi Sad, Serbia. P 141.

8. O. Korniienko, O. Bykov, A. Sameljuk, S. Yushkevych, Phase relations and properties in the $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ system at 1500 °C / 7th International Materials Science Conference HighMatTech-2021, October 5-7, 2021, Kyiv, Ukraine. P 13.

9. O. Korniienko, S. Yushkevych, A. Sameljuk, O. Bykov, L. Spasonova, Formation of solid solutions and advanced ceramic in the ternary $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$ systems / 3rd International Congress on Materials & Structural Stability, 24-26 November 2021, Rabat, Marocco. P 120.

10. O. A. Корнієнко, О. І. Биков, С. В. Юшкевич, Фазові рівноваги в потрійних системах на основі оксидів церію, лантану та лантановідів при 1500 °C / VII international scientific and practical conference “Modern directions of scientific research development”, December 22-24, 2021, Chicago, USA. 203–208 с.

11. С. В. Юшкевич, О. А. Корнієнко, О. І. Биков, Г. К. Барщевська, Фазові рівноваги в системі $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ / I Міжнародна наукова конференція “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів”, 20 травня 2022, Дніпро, Україна, 27–28 с.

12. O. Korniienko, S. Yushkevych, A. Sameljuk, O. Bykov, M. Zamula, L. Spasonova, Interaction cerium oxide with of lanthanum and ytterbium / VIIIth International Samsonov conference “Materials science of refractory compounds”, 24-27 May 2022, Kyiv, Ukraine. P 19.

13. **С. В. Юшкевич**, О. І. Биков, О. А. Корнієнко, М. В. Замула, А. В. Самелюк, Л. М. Спасьонова, Фазові рівноваги в потрійній системі $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ho}_2\text{O}_3$ при температурі 1500 °С / VI Всеукраїнська наукова конференція “Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи”, 5 жовтня 2022, Житомир, Україна. С 64–65.

14. **S. Yushkevych**, O. Kornienko, A Sameljuk, O. Bykov, Phase relations in the systems $\text{CeO}_2\text{-Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = La–Yb) in air within temperature range 1500–600 °С / 4rd International Congress on Materials & Structural Stability, 8-10 March, 2023, Rabat, Marocco. P 413.

15. **С. В. Юшкевич**, О. А. Корнієнко, О. І. Оліфан, І. С. Суббота, Фазові рівноваги в системі $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Dy}_2\text{O}_3$ при температурі 1100 °С / VII Всеукраїнська наукова конференція “Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи”, 19 квітня 2023, Житомир, Україна, 89–90 с.

16. **S. V. Yushkevych**, O. Kornienko, O. Pavlenko, O. Olifan, A. Sameljuk, I. Subbota, Interaction cerium oxide with lanthanum and neodium at 1500 °С / International Young Scientists Conference on Materials Science and Surface Engineering, 27-29 September, Lviv, Ukraine. P 28–30.

17. **S. Yushkevych**, O. Kornienko, O. Olifan, O. Pavlenko, A. Sameljuk, I. Subbota, Phase equilibria in the binary $\text{CeO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ system at a temperature of 1500 °С / 8th International Materials Science Conference HighMatTech-2023, October 2-6, 2023, Kyiv, Ukraine. P 54.

Наукова зрілість здобувача: Юшкевич Сергій Вікторович закінчив в 2020 році Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського” за спеціальністю “Хімічна технологія та інженерія”. В 2020 році вступив до аспірантури ІПМ НАНУ. З перших днів роботи в інституті, наукові інтереси Сергія стосувалися дослідження фазових рівноваг в оксидних системах. Під час роботи С. Юшкевич зарекомендував себе як самостійний, сумлінний та відповідальний дослідник, з хорошою підготовкою в області прикладних наук, в особливості в галузі хімії.

ПОСТАНОВА СЕКЦІЇ:

В результаті обговорення дисертаційної роботи і висновків рецензентів засідання встановило:

1. В дисертаційній роботі Юшкевича Сергія Вікторовича проведено дослідження фазових рівноваг у системах $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Ln}_2\text{O}_3$, де Ln = Nd, Dy, Ho, Yb, що є довідниковими даними для подальшого використання в розробці матеріалів з прогнозованими властивостями. Дисертація є **закінченою науково-дослідною роботою**, яка за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам «Порядоку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми ІПМ НАНУ зі спеціальності 102, Хімія.
2. **Робота рекомендується до захисту** на спеціалізованій Вченій раді при Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10, Природничі науки за спеціальністю 102, Хімія.

Заступник Голови секції,
д.ф.-м.н., проф.

Володимир ІВАЩЕНКО

Учений секретар,
к.ф.-м.н.

Ірина КОНДАКОВА