

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Борисенко Анастасії Юріївни на тему

**«Одержання інтеркальованих біологічно-активними речовинами Zn-Al
подвійно-шаруватих гідроксидів», яка подана на здобуття ступеня доктора
філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь знань
16 – Хімічна інженерія та біоінженерія).**

Публічна презентація наукових результатів дисертації та її обговорення здійснювалось на засіданні аналітичної хімії і хімічної технології харчових добавок та косметичних засобів Українського державного університету науки і технологій ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет» (протокол № «9» від «9» червня 2025 р.).

1. Обґрунтування теми дослідження

Подвійно-шаруваті гідроксиди (ПШГ), зокрема Zn-Al ПШГ, є цінними основами-матрицями для інтеркаляції у їх міжшаровий простір різноманітних аніонів: біологічно-активних агентів (позитивної або негативної дії), органічних барвників, лікарських засобів, харчових добавок та ін. Таким чином можливості для модифікації структури подвійно-шаруватого гідроксиду з метою одержання новітніх матеріалів різноманітного призначення дуже широкі, завдяки можливості таргетованого вибору складових.

Існує широкий спектр біологічно-активних речовин аніонної природи, що можуть бути інтеркальовані у структуру ПШГ, тому вони є багатообіцяючими нетоксичними матрицями, що можуть бути застосовані у медичній, косметичній та ветеринарній галузях, для кращої доставки ліків та активних компонентів. Зважаючи на переваги таких компонентів, та широкий спектр наноматеріалів, що можна отримати на основі інтеркальованих ПШГ, вивчення і оптимізація методів їх синтезу є важливим завданням у галузі хімічної технології.

Проведені дослідження показали широкі можливості для отримання різноманітних біологічно-активних матеріалів на основі подвійно-шаруватих гідроксидів, інтеркальованих різноманітними біологічно-активними сполуками.

Практична значимість полягає у можливості значно розширити асортимент безпечних твердих дезінфектантів та біологічно-активних пігментів. Такі матеріали можуть знайти своє застосування у харчовій, косметичній, медичній та ветеринарній галузях.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт Державного вищого навчального закладу "Український державний хіміко-технологічний університет" та держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України: "Дослідження процесів синтезу, властивостей і аналізу харчових добавок, косметичних засобів та їх складових" (2021-2025 р., державний реєстраційний номер 0121U112071), "Експериментальні і теоретичні закономірності гетерогенних процесів синтезу функціональних фосфатних, гідроксидних та оксидних матеріалів" (2020-2022 р., державний реєстраційний номер 0120U101971).

3. Наукова новизна отриманих результатів

Вперше практично обґрунтовано теоретичні уявлення про механізм утворення ПШГ, визначено, що Zn-Al ПШГ формується через стадію утворення подвійно-шаруватої основної солі $Zn_{0,8}Al_{0,2}(OH)_{1,93}(NO_3)_{0,27}$ для нітрат-інтеркальованого та $Zn_{0,8}Al_{0,2}(OH)_{1,33}(Cl)_{0,87}$ для хлорид-інтеркальованого (у формулах не наведено кристалізаційну воду), яка у процесі старіння осаду та кристалізації переходить у ПШГ. Виявлено вплив інтеркальованого аніону на механізм протікання цього процесу: визначено, що при інтеркалюванні хлоридом кінець реакції припадає на співвідношення $U(NaOH)/U(Me)=2,27$, надлишок NaOH чітко вказує на паралельне протікання як процесу формування первинної аморфної частки Zn-Al подвійно-

шаруватого гідроксиду з захопленням у структуру частки маткового розчину, так і її старіння, тобто кристалізації;

Вперше показано вплив температури та рН синтезу, а також швидкості подачі реагентів на седиментаційні властивості, вихід, розмір часток та фазовий склад нітрат-інтеркальованих Zn-Al ПШГ, як матриць для введення біологічно-активних аніонів. Підвищення температури та швидкості подачі реагентів призводить до збільшення кристалічності та підвищення швидкості седиментації. При збільшенні рН вихід зростає, натомість падає при підвищенні швидкості подачі реагентів. Висловлено обгрунтовану гіпотезу про зміну механізму формування ПШГ при температурі 30 °С, що підтверджується різким зниженням швидкості седиментації та стрибкоподібним зниженням розміру часток Zn-Al ПШГ. Аналізом седиментаційних кривих виявлено, що рН нульового заряду частинок Zn-Al-NO₃ ПШГ близький до 10, оскільки седиментація завершується практично повністю до 5 хвилини відстоювання, кінцева товщина шару складає 14,2 % (в порівнянні з 71.4 % для рН 7);

Вперше зафіксовано явище ексфоліації Zn-Al ПШГ, інтеркальованих різноманітними аніонами (гіпохлорит, дихлорізоціанурат, гіпоброміт аніони та у присутності вільного перекису водню), безпосередньо під час синтезу при постійному рН: відносна товщина шару осаду через 30 хвилин відстоювання складає наприклад 94 % від початкової висоти для Zn-Al-NaOCl-8-20. Висловлено гіпотезу, що ексфоліація відбувається внаслідок дії окисників.

Вперше синтезовано зразки цинк-алюмінієвих ПШГ інтеркальованих аніонами гіпохлориту, дихлорізоціанурату, гіпоброміту і персульфату. Шляхом йодометричного титрування визначено вміст активних компонентів: до 3,32 % масових гіпохлориту, до 1,57 % масових дихлорізоціанурату, до 4,10 % масових гіпоброміту, до 7,47 % масових персульфату. Визначено вплив умов синтезу на вміст біологічно-активного компоненту ПШГ та зміну вмісту з часом, визначено біологічну активність найбільш перспективних зразків;

Вперше виявлено можливість часткового заміщення молекул кристалізаційної води у структурі подвійно-шаруватого гідроксиду молекулами перекису водню, при синтезі в присутності вільного перекису водню. Вперше синтезовано цинк-алюміній

нітратний ПШГ у якому 29,8 % молекул кристалізаційної води заміщено на молекули перекису водню;

Визначено порядок реакції персульфату калію із калій йодидом при йодометричному визначенні персульфату при температурі 50 °С та концентрації персульфату 4,4 г/л. Показано, що до 10 хв реакція протікає зі швидкістю $1,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль} \cdot \text{л}}{\text{хв}}$. Однак після 10 хв швидкість знижується до $0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль} \cdot \text{л}}{\text{хв}}$. Слід зазначити, що на другому відрізку часу реакція має псевдонульовий порядок. Висловлено гіпотезу, що першому відрізку часу реакція характеризується псевдопершим порядком і ймовірно відбувається зміна механізму процесу з гомогенного до гетерогенного.

Вперше синтезовано зразки цинк-алюмінієвого ПШГ, інтеркальованого картаміном та його похідними, при проведенні процесу в середовищі водного екстракту прянощі сафлору. Для використання цього ПШГ в якості пігменту визначено кольорові характеристики в системі CIE Lab: a=12, b=53, L=43, S=54.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

В результаті проведених досліджень:

Вперше отримано ряд біологічно-активних речовин на основі Zn-Al ПШГ, інтеркальованих аніонами активного хлору (гіпохлорит, дихлорізоціанурат), активного бромі (гіпоброміт), активними сполуками активного перекису (власне перекисом та персульфат-аніоном), а також органічними компонентами (картаміном та його похідними).

Розроблено принципові технологічні схеми для виробництва Zn-Al ПШГ інтеркальованих: гіпохлоритом, дихлорізоціануратом, гіпобромітом персульфатом перекисом водню, картаміном та його похідними з настоєм сафлору красильного.

5. Використання результатів дослідження (акти)

Використання результатів дослідження підтверджується наступними документами:

- Акт випробування Дніпровського державного аграрно-економічного університету від 27.02.2025 р.

- Довідка про впровадження в практику навчального процесу ННІ УДХТУ «Український державний університет науки і технологій».
- Акт впровадження безперервної технології синтезу «ПП Побутропм» від 21.11.2024.

6. Особистий внесок здобувача

Особистий внесок здобувача полягає у всебічному аналізі наукових праць та інших літературних джерел за темою дисертаційної роботи, плануванні підготовці та проведенні експериментальних досліджень, проведенні аналізів властивостей отриманих зразків, обробки результатів аналізів шляхом проведення необхідних розрахунків, побудови відповідних діаграм, графіків і таблиць, а також аналізі отриманих даних, підготовці тез доповідей та участі у наукових конференціях, підготовці даних для написання статей та публікацій у співавторстві.

Постановка задач, обговорення одержаних результатів та складання висновків проводилися спільно із науковим керівником доцентом к.т.н. Коваленком В. Л.

Внесок співавторів спільних публікацій полягає в науковому керівництві, наданні доступу для проведення спеціальних досліджень та аналізів, які потребують кваліфікованих виконавців, проведенні експериментальних досліджень та аналізів одержаних зразків, обговоренні та підготовці публікацій за результатами досліджень.

Дисертаційна робота Борисенко Анастасії Юріївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. (Оригінальність 92 %, відсоток подібності – 8% (джерела посилань з Інтернету.)

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску.

Наукові результати дисертації викладено у 11 друкованих роботах, серед них: 4 наукових статті (усі проіндексовано міжнародною наукометричною базою даних Scopus; 7 тез та матеріалів доповідей наукових конференцій. Список публікацій, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

– статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав та у виданнях України, що індексовані в міжнародних наукометричних базах даних:

1. Kovalenko, V.; Borysenko, A.; Kotok, V.; Verbitskiy, V.; Medianyk, V.; Stoliarenko, V.; Pepa, Y.; Simchenko, S.; Ved, V.; S. Ghazali, A. I. S. M. Determination of the possibility of the synthesis of Zn-Al layered double hydroxides, intercalated with proxyanions, as a perspective solid disinfectant. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2024, 2 (6 (128)), 49–55.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження процесів синтезів Zn-Al ПШГ, інтеркальованих активними перекисними сполуками, побудовано графіки та діаграми, проведено супутні розрахунки.

2. Kovalenko, V.; Kotok, V.; Borysenko, A.; Dopira, A.; Rezvantseva, A.; Nafeev, R.; Verbitskiy, V.; Sukhomlyn, D. Investigation of the characteristics of Zn-Al layered double hydroxides, intercalated with natural dyes from spices, as a cosmetic pigments. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2022, 3 (12 (117)), 52–59.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження процесів синтезів Zn-Al ПШГ, інтеркальованих активними похідними природних барвників, побудовано графіки та діаграми, проведено супутні розрахунки.

3. Kovalenko, V.; Borysenko, A.; Kotok, V.; Nafeev, R.; Verbitskiy, V.; Melnyk, O. Determination of technological parameters of Zn-Al layered double hydroxides, as a matrix for functional anions intercalation, under different synthesis conditions/Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2022 2 (6 (116)), 25–32.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження процесів синтезів Zn-Al ПШГ, інтеркальованих активними похідними природних барвників, побудовано графіки та діаграми, проведено супутні розрахунки.

4. Kovalenko, V., Borysenko, A., Kotok, V., Nafeev, R., Verbitskiy, V., Melnyk, O. (2022). Determination of the dependence of the structure of Zn-Al layered double hydroxides, as a matrix for functional anions in tercalation, on synthesis conditions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (12 (115)), 12–20.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження процесів синтезів Zn-Al-нітратних ПШГ, як матриць для інтеркаляції біологічно-активних аніонів, побудовано графіки та діаграми, проведено супутні розрахунки.

– тези доповідей:

5. Borysenko A. Yu, Kovalenko V. L., Kotok V. A. Synthesis and characterisation of Zn-Al layered double hydroxide, intercalated by food dye yellow sunset, as a cosmetic pigment // Тези ІХ наукової конференції «НАУКОВІ ПІДСУМКИ 2020 РОКУ». – ПП «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР». – 2021. – С. 32.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження процесів синтезів Zn-Al ПШГ, інтеркальованих харчовими барвниками, побудовано графіки та діаграми, проведено супутні розрахунки.

6. Borysenko A., Kovalenko V., Kotok V., Murashevych B. Determining the possibility of preparation of solid Zn-Al double-layer hydroxides intercalated with hypochlorite anion // Virtual International Symposium on Sciences 2023 – UiTM Cawangan Negeri Sembilan – 2023 – p. 98-99.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

7. Борисенко А.Ю., Коваленко В.Л., Гартман М.В., Соколенко О.П. Синтез та дослідження Zn-Al подвійно-шарових гідроксидів інтеркальованих аніоном персульфату, як функціональних матеріалів // Тези VIII Міжнародної науково-практичної конференції «INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND EDUCATION». – Ванкувер, Канада: Науково-видавничий центр «Sci-conf.com.ua» Perfect Publishing. – 2024. – с. 201-207.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

8. Borysenko A.Y., Chabanok O.O., Kovalenko V.L., Kotok V.A. Preparation of solid disinfectant materials from Zn-Al double-layer hydroxides intercalated with diclorisocyanurate // Тези XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія і сучасні технології». – Дніпро: УДХТУ. – 2023. – с. 210-212.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

9. Borysenko A., Skrypnyk K., Kovalenko V., Kotok V. Synthesis of Zn-Al double-layer hydroxides intercalated with peroxides as prospective components of components of cosmetic products // Тези XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія і сучасні технології». – Дніпро: УДХТУ. – 2023. – с. 57-59.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

10. Борисенко А.Ю., Дідух В.С., Коваленко В.Л., Коток В.А., Чабанок О.О., Храмцова Д.В. Отримання та вивчення Zn-Al подвійно-шарових гідроксидів інтеркальованих аніоном гіпоброміду, як твердих дезінфектантів // Тези «Сучасні досягнення в харчовій, органічній та полімерній хімії», присвячена світлій пам'яті д.х.н., проф. Воронова Станіслава Андрійовича. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка» . – 2023. с. 115.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

11. Борисенко А.Ю., Дідух В.С., Чабанок О.О., Храмцова Д. В., Коваленко В.Л. Отримання Zn-Al подвійно-шарових гідроксидів інтеркальованих гіпохлоритом натрію, як сухих антисептичних засобів // Тези Тези «Сучасні досягнення в харчовій, органічній та полімерній хімії», присвячена світлій пам'яті д.х.н., проф. Воронова Станіслава Андрійовича. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка» . – 2021. – с. 136.

Здобувачем виконано експериментальну частину досліджень та підготовано тези доповідей.

ВИСНОВОК

Вважати, що дисертаційна робота Борисенко А.Ю. на тему «Одержання інтеркальованих біологічно-активними речовинами Zn-Al подвійно-шаруватих гідроксидів», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія (галузь знань 16 – Хімічна інженерія та біоінженерія) відповідає вимогам п.п. 5-8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Головуючий на засіданні кафедри
аналітичної хімії і хімічної технології харчових
добавок та косметичних засобів,
вчений секретар, доц. к.х.н.

Олена ВАШКЕВИЧ

Завідувач
Університету



секретар

Вашкевич

Вашкевич

Вашкевич