

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сободош Наталії Йосипівни

на тему «Розроблення екологічно безпечної інгібувальної композиції на основі натрію альгінату для захисту алюмінієвого сплаву від корозії та трибокорозії», представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія
за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми дисертації.

Алюмінієві сплави широко застосовуються в багатьох галузях техніки завдяки поєднанню таких властивостей як мала питома вага, високі механічні характеристики, відмінна придатність до обробки, висока корозійна стійкість в певних середовищах. Але алюмінієві сплави, зокрема системи Al–Cu–Mg, в агресивних хлоридовмісних середовищах чутливі до локальних форм корозії, яка посилюється за умов одночасної дії корозивного середовища та механічних навантажень. Оскільки нанесення покриттів або анодне оксидування не завжди є ефективними в умовах інтенсивного тертя або змінних навантажень, економічно доцільним є застосування інгібіторів корозії.

У зв'язку з цим актуальним науково-технічним завданням є розроблення екологічно безпечних інгібіторів корозії нового покоління, які є біосумісними та біодеградабельними. Перспективним є використання біополімерів, зокрема полісахаридів, у комбінації із неорганічними чи органічними сполуками різної природи для реалізації синергічного ефекту захисту.

Оскільки на сьогодні питання механізмів захисної дії таких органо-неорганічних композицій, їх ефективності на стадії репасивації та в умовах трибокорозії залишаються недостатньо вивченими, актуальним є розроблення та наукове обґрунтування механізмів інгібувальної дії екологічно безпечних композицій на основі полісахаридів для захисту алюмінієвих сплавів від корозії та трибокорозії.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Представлені в дисертації наукові результати є обґрунтованими та достовірними, що забезпечується коректно вибраними методами дослідження та узгодженістю результатів.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у наступному:

- вперше встановлено синергічний ефект композиції «натрію альгінат – ацетат цинку» при інгібуванні корозії алюмінієвого сплаву Д16Т з пролонгованим захисним ефектом на рівні 95–98% у нейтральних хлоридовмісних середовищах;

- розвинуто уявлення про механізм формування багатофункціональних органо-неорганічних захисних шарів на поверхні алюмінієвого сплаву, а саме встановлено, що захист реалізується через координаційну взаємодію функціональних груп альгінату з поверхнею та осадження малорозчинних алюмо- і цинк-альгінатних комплексів;

- вперше показано, що природа аніона солі цинку визначає компактність захисного шару, при цьому ацетат-іони сприяють формуванню найбільш стійкої та однорідної матриці порівняно з нітратами та сульфатами;

- експериментально обґрунтовано ключову роль катіонів цинку, які діють як катодний інгібітор, у забезпеченні високої захисної здатності композиції;

- встановлено вплив розробленої композиції на кінетику репасивації алюмінієвого сплаву після механічного руйнування оксидної плівки;

- вперше виявлено закономірності трибокорозійної поведінки алюмінієвого сплаву у присутності розробленої композиції, зокрема встановлено подвійну функцію інгібітора, який прискорює швидкість репасивації ювенільної поверхні після механічного руйнування пасивного шару та знижує коефіцієнт тертя.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання повністю виконано, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Сободош Н.Й. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми Хімічні технології та інженерія.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям – інженерні науки.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сободаш Наталії Йосипівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. В тексті прослідковується послідовність, наявна аргументація. Результати дослідження викладені зрозуміло, представлені послідовно, проілюстровані таблицями, рисунками та графіками.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 188 сторінок, в тому числі 4 стор. додатків.

У вступі охарактеризовано актуальність дослідження біополімерів природного походження, зокрема полісахаридів, які здатні до адсорбційного зв'язування з поверхнею металу та комплексоутворення, комбінування їх з неорганічними або органічними сполуками різної природи для одержання синергетичних композицій для захисту алюмінієвих сплавів, конструкції з яких експлуатуються в умовах трибокорозії.

Також сформульовано мету та задачі дослідження, зазначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок з науковими роботами, охарактеризовано особистий внесок здобувача та апробація результатів.

У **першому розділі** здійснено аналіз наукових інформаційних джерел з питань фізико-хімічних властивостей алюмінієвих сплавів та їх корозійної поведінки. З'ясовано сучасні підходи до захисту алюмінієвих сплавів шляхом застосування інгібіторів різних типів, в тому числі екологічно безпечних на основі рослинної сировини та полісахаридів. Для захисту алюмінієвих сплавів показано перспективність використання полісахаридів у складі інгібувальних композицій, оскільки вони забезпечують комплексну дію, зокрема адсорбуються на поверхні металу, утворюють захисні плівки, модифікують структуру приповерхневого шару.

На основі проведеного літературного аналізу визначено основне завдання дисертаційного дослідження, а саме розроблення ефективної екологічно безпечної інгібувальної композиції на основі полісахариду натрію альгінату для захисту алюмінієвого сплаву Д16Т від корозії та трибокорозії.

У **другому розділі** представлено характеристики матеріалів та методів дослідження. Описано хімічний склад і стан поверхні алюмінієвого сплаву Д16Т, метод приготування інгібувальних розчинів. Також обґрунтовано методики та умови проведення експерименту, зокрема з використанням методів: потенціодинамічні поляризаційні, електрохімічна імпедансна спектроскопія, трибокорозійні випробування, аналізу структури, морфології та складу захисних плівок.

У **третьому розділі** досліджено захисну дію композиції на основі натрію альгінату щодо корозії алюмінієвого сплаву Д16Т у нейтральному хлоридовмісному середовищі. Доведено, що використання натрій альгінату забезпечує ефективність інгібування лише на рівні 65–70%, що зумовлює необхідність розроблення синергічних композицій.

Проаналізовано вплив природи аніона солі цинку на ефективність композиції в складі з альгінатом натрію. Встановлено, що захисна дія композицій змінюється у ряду: сульфат < нітрат < ацетат. Це дозволило обґрунтувати вибір цинку ацетату і забезпечити 96–98 % захисту алюмінієвого сплаву. На підставі результатів електрохімічних досліджень показано, що запропонована композиція забезпечує анодно-катодний механізм інгібування та виявляє пролонгований захисний ефект.

Інгібувальна дія запропонованої композиції пояснена здатністю молекул альгінату адсорбуватися на поверхні алюмінієвого сплаву і утворювати малорозчинні комплексні сполуки з катіонами алюмінію та цинку. При цьому адсорбційна альгінатна плівка може додатково ущільнюватися, що знижує швидкість реакції відновлення кисню. Також досліджено структура, морфологія та хімічний склад захисних плівок, встановлено формування органо-неорганічного захисного шару на основі алюмо- та цинк-альгінатних комплексів.

Доведено синергічний механізм захисної дії розробленої інгібувальної композиції, який реалізується через формування стабільної органо-неорганічної плівки: альгінатні комплекси з алюмінієм та цинком осаджуються переважно на анодних ділянках, на катодних ділянках – відбувається формування плівки малорозчинних оксидів або гідроксидів цинку.

У **четвертому розділі** представлено результати досліджень ефективності розробленої інгібувальної композиції на стадії репасивації механічно активованої поверхні алюмінієвого сплаву Д16Т. Вивчена кінетика відновлення пасивного стану металу в умовах періодичного механічного руйнування захисних плівок. Встановлено, що присутність розробленого інгібітора в корозивному середовищі сприяє значному прискоренню процесів репасивації.

Науково обґрунтовано механізм захисної дії, який базується на формуванні стійкої адсорбційно-фазової органо-неорганічної плівки, яка утворюється за оптимальної концентрації композиції 1 г/л та співвідношення компонентів 1:1.

Наведено результати трибокорозійних випробувань, згідно яких розроблена композиція ефективно гальмує електрохімічну складову зношування. Встановлено суттєве покращення антифрикційних характеристик

сплаву Д16Т, зокрема застосування інгібітора дозволяє знизити коефіцієнт тертя майже удвічі порівняно з роботою в умовах середовища без інгібітора.

За допомогою сканівної електронної мікроскопії та оптичної профілометрії виявлено якісну та кількісну зміну морфології поверхні після випробувань. Встановлено зменшення ширини доріжки зношування та зниження параметрів її шорсткості, що підтверджує підвищення механічної стійкості сформованої плівки.

Сформульовані напрями та практичні рекомендації щодо застосування розробленої екологічно безпечної інгібувальної композиції в промислових умовах.

В роботі наявний список використаних джерел, який містить 245 посилань, в тому числі патенти, монографії, статті у фахових вітчизняних виданнях та іноземних журналах. У додатках представлені акт про використання результатів дослідження під час оновлення змісту освітньо-наукової програми «Хімічні технології та інженерія» та список опублікованих праць за темою дисертації за участю здобувачки наукового ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях у періодичних виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus, та 9 публікаціях у матеріалах та тезах доповідей на міжнародних та Всеукраїнських конференціях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 9 наукових фахових конференціях, зокрема International Young Scientists Conference on Materials Science and Surface Engineering (MSSE-2023, MSSE-2025 Lviv, Ukraine); XVI та XVII Всеукраїнських наукових конференціях студентів та аспірантів «Хімічні Каразінські читання» (ХКЧ-2024, ХКЧ-2025, Харків, Україна) та ін.

Науковий рівень публікацій здобувача є високим. В наукових публікаціях здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності. Конфлікту інтересів зі співавторами публікацій немає.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Сободош Н.Й. справляє позитивне враження, хоча є деякі зауваження та дискусійні питання:

- при характеристиці об'єктів та методів дослідження (розділ 2) слід було обґрунтувати вибір в якості корозійного середовища 0,1 % розчин NaCl, пояснити що забезпечує його використання порівняно зі стандартними середовищами – 3 % або 3,5 % розчин NaCl, штучна морська вода (ASTM D1141);

- висновок про наявність ефекту синергізму в композиції натрій альгінату з солями цинку потребує кількісного підтвердження, зокрема розрахунку коефіцієнту синергізму, в іншому разі можна стверджувати лише про посилення захисної дії;

- за результатами поляризаційних досліджень композицій (стор. 87) бажано було навести більше показників, які характеризують електрохімічну поведінку дослідженого сплаву, зокрема коефіцієнти гальмування катодного та анодного парціальних процесів;

- бажано дотримуватися сучасної хімічної номенклатури назв хімічних елементів (кисень, вуглець) стор. 78, стор 92, стор 105, стор. 109 та ін.;

- також є ряд огріхів, зокрема в табл. 3.1 стор. 75 значення потенціалу, скоріш за все наведені в мВ, хоча зазначено як одиниці вимірювання В; невдалим є вираз «аніонні залишки» (стор. 85); бажано було зазначити одиниці вимірювання струму стор. 88.

Вважаю, що висловлені зауваження не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сободош Наталії Йосипівни на тему «Розроблення екологічно безпечної інгібувальної композиції на основі натрію альгінату для захисту алюмінієвого сплаву від корозії та трибокорозії», виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань - 16 Хімічна інженерія та біоінженерія.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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.

Здобувач Сободош Наталія Йосипівна заслуговує присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія, за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент:

завідувачка кафедри хімії,
технологій та фармації
Національного університету
«Чернігівський колегіум»

імені Т.Г. Шевченка,

докторка технічних наук, професорка



Ірина КУРМАКОВА

«31» липня 2026 р.

Підпис І.М. Курмакової засвідчую
Начальник відділу кадрів
НУЧК імені Т.Г. Шевченка



Оксана СЕРЕДА