

ВІДГУК**офіційного опонента****Голеуса Віктора Івановича**

на дисертаційну роботу Баглая Володимира Юрійовича
«Композиційні керамічні матеріали для маскування військових об'єктів»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена зростаючими вимогами до ефективності засобів маскування спеціальних об'єктів в умовах сучасних воєнних конфліктів, де технології виявлення об'єктів та наведення на них дедалі більше базуються на високочастотному електромагнітному випромінюванні. Розробка композиційних керамічних матеріалів із керованими радіопоглинаючими властивостями відкриває нові можливості для створення пасивних систем захисту спеціальних об'єктів, в тому числі комплексних систем маскування, здатних забезпечити зниження радіолокаційної помітності об'єкта в широкому частотному діапазоні. Використання саме керамічних матриць і наповнювачів із високою термічною стійкістю та стабільністю електродинамічних характеристик є особливо актуальним для умов експлуатації в агресивному середовищі та за екстремальних температур. Отже, дослідження, спрямовані на розробку технології виготовлення радіопоглинаючих керамічних матеріалів нового типу, має важливе наукове і практичне значення для оборонної промисловості та безпеки держави. Вітчизняні розробки радіопоглинаючих матеріалів сприятимуть технологічній незалежності України в оборонній сфері, зменшуючи залежність від імпорتنих рішень.

Дисертація виконувалась на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ» та відповідає напрямкам наукових досліджень кафедри, зокрема здобувач брав участь як виконавець держбюджетної науково-дослідної роботи по лінії Міністерства освіти і науки України «Новітні керамополімерні композиційні матеріали для радіолокаційного і тепловізійного маскування об'єктів військової техніки різного призначення» (№ ДР 0124U000673).

Ступінь наукової обґрунтованості положень, висновків і рекомендацій

Винесені на захист наукові результати дисертації характеризуються високим ступенем обґрунтованості, що підтверджується логічною послідовністю представлення матеріалу, чітко сформульованими науковими положеннями, які відповідають цілям і завданням дослідження і містять елементи наукової новизни, а також послідовним застосуванням сучасних методів дослідження. Теоретичні положення не суперечать експериментальним даним, які, у свою чергу, піддавалися статистичній обробці.

Автор демонструє глибоке розуміння предметної області, здатність до критичного аналізу інформації та логічної аргументації. Отримані наукові результати підтверджені емпіричними даними і не суперечать даним інших дослідників з даного напрямку.

Сформульовані у висновках рекомендації щодо використання запропонованих рішень у промисловості є практично досяжними.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів даного дисертаційного дослідження забезпечується комплексом теоретичних і практичних обґрунтувань, застосуванням сучасних методів аналізу та верифікацією даних у наукових публікаціях автора в рецензованих науково-технічних журналах..

В роботі використані такі сучасні методи теоретичних та експериментальних досліджень, як хімічна термодинаміка, графо-аналітичний метод вивчення будови оксидних систем, математичне моделювання, кореляційний аналіз, рентгенофазовий аналіз матеріалів, скануюча електронна мікроскопія структури. Параметри взаємодії електромагнітного випромінювання з керамікою та діелектричні характеристики матеріалів визначалися на повіреному обладнанні (вимірювач коефіцієнту стоячої хвилі та ослаблення у складі генераторного блоку Р2-65 і цифровий вимірювач імітансу Е7-8). Фізико-механічні характеристики матеріалів вивчалися із застосуванням методик діючих вітчизняних стандартів. Для виконання роботи була залучена кафедральна апаратура та обладнання галузевого НДІ «ПАТ «УкрНДІВ ім. А. С. Бережного» і кафедри

квантової радіофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Надійність висновків підтверджується узгодженістю теоретичних та експериментальних даних та апробацією основних положень на наукових конференціях і у фахових виданнях.

Наукова новизна отриманих теоретичних та експериментальних результатів

- в роботі на теоретичному рівні обґрунтована та експериментально підтверджена можливість отримання композиційних керамічних матеріалів із радіопоглинаючими властивостями і заданими електродинамічними параметрами з використанням керамічних матриць і сегнетоелектриків різних типів, що забезпечує їх ефективне застосування як самостійних матеріалів, а також як функціональних шарів у градієнтних матеріалах, призначених для використання в системах маскування спеціальних об'єктів;

- вперше на основі аналізу потрібних підсистем системи $\text{SrO-BaO-TiO}_2\text{-SiO}_2$ побудована її діаграма стану, встановлені фазові співвідношення в перерізі $\text{BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-SiO}_2$, визначені співіснуючі фази перерізу і надана їх геометро-топологічна характеристика, що дозволило обґрунтувати область складів для синтезу цільових фаз титанатів стронцію і барію для отримання діелектричних матриць і сегнетоелектричних наповнювачів;

- вперше визначені закономірності формування фазового складу і забезпечення властивостей керамічних матеріалів на основі титанату барію-стронцію з можливістю цілеспрямованого регулювання їх діелектричної проникності в широких межах ($\epsilon = 21,3\text{--}72,5$), хвильового опору ($44,5\text{--}81,6$) Ом, коефіцієнту відбиття електромагнітної хвилі в межах від -2 до -3,8 дБ і коефіцієнту затухання від 52 до 141 Нп/м, що дозволило рекомендувати матеріали для використання як функціональних шарів радіопоглинаючих матеріалів градієнтного профілю;

- вперше експериментально доведена ефективність використання тришарової керамічної плитки класу ВІІ_б з карбідом кремнію і титанатом стронцію в першому і другому шарах відповідно, яка забезпечує ослаблення

електромагнітної хвилі на рівні 76–78 % (за частоти 40 ГГц) і може застосовуватись у складі пасивних захисних систем як у внутрішньому, так і в зовнішньому середовищі.

Значимість отриманих результатів для науки і практики

Основна практична цінність роботи полягає у визначенні рецептур і технологічних умов синтезу композиційних керамічних матеріалів із заданим фазовим складом і характеристиками, що відповідають вимогам до радіопоглинаючих матеріалів широкого діапазону частот для застосування в системах пасивного захисту спеціальних об'єктів.

1. Розроблена композиційна кераміка зі славсонітовою матрицею і сегнетоелектричними наповнювачами SrTiO_3 і BaTiO_3 з регульованим фазовим складом, що створює лінійку матеріалів зі значеннями діелектричної проникності від ≈ 15 до 60 на низьких частотах (1 кГц) з температурами випалу 1300 – 1400 °С для використання як самостійних радіопоглинаючих матеріалів.

2. Створена радіопоглинаюча кераміка на основі титанату барію-стронцію з високими (в середньому $\varepsilon = 67$) та середніми ($\varepsilon = 33$) значеннями діелектричної проникності на надвисоких частотах (0,1 ГГц), хвильовим опором в межах 44,5...81,6 Ом, коефіцієнтом відбиття радіохвилі –2 дБ...–3,8 дБ і коефіцієнтом затухання 52...141 Нп/м з температурами випалу 1250–1350 °С для її використання як функціонального шару градієнтної радіопоглинаючої композиції.

3. Створена композиційна радіопоглинаюча керамічна плитка з температурою швидкісного випалу 1100 °С, яка відповідає класу облицювальних плиток ВП_б, має високий показник ослаблення потужності електромагнітної хвилі 76–78 % на екстрависоких частотах (40 ГГц) і може служити ефективним засобом систем пасивного маскування спеціальних об'єктів.

4. Результати дисертаційного дослідження впроваджені при виконанні держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП», а також у навчальний процес кафедри при підготовці випускних робіт бакалаврів і магістрів та викладанні таких дисциплін, як «Хімічна технологія тонкої і технічної кераміки», «Дослідження

процесів формування та- структурно-фазових особливостей функціональних силікатних матеріалів» та ін. В роботі є відповідні довідки про провадження, які наведені в додатках.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні результати і положення дисертаційних досліджень, винесені на захист, опубліковані у 15 наукових працях. До них відносяться:

- 3 статті – у фахових виданнях України, в тому числі 1 стаття в журналі, що індексується БД Scopus, і 2 статті в журналах категорії Б;
- 10 наукових праць апробаційного характеру;
- наукові праці, які додатково відображають результати дисертації – 1 монографія (у співавторстві) у вітчизняному виданні та 1 стаття у вітчизняному науковому журналі України.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у вступі дисертації.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова КМУ № 44 від 12.01.2022 р.).

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Баглая В.Ю. складається з двох анотацій українською та англійською мовою, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку джерел інформації та додатків. Загальний обсяг роботи становить 132 сторінки, а за виключенням списку літератури, додатків, рисунків і таблиць на окремих сторінках – 105 сторінок. Це становить 4,72 друкованих аркуші та відповідає вимогам до оформлення дисертацій рівня PhD, затвердженим МОН України (наказ № 40 від 12.01.2017 р.).

У вступі наведена актуальність теми роботи та її зв'язок з науковою тематикою кафедри, сформульовані мета і завдання дослідження, надана стисла характеристика методів дослідження, сформульовані наукова новизна і

практичне значення результатів, поданий авторський внесок у сумісні публікації, наведені дані про публікації, апробацію результатів на конференціях, структуру дисертації.

У першому розділі здійснений огляд сучасних технологій отримання матеріалів для захисту різних об'єктів від електромагнітного випромінювання, проаналізовані переваги і недоліки композитів з керамічною і склокристалічною матрицями, висвітлені технологічні принципи отримання керамоматричних композитів. Виділені аспекти, які вимагають подальших досліджень, сформульовані напрямки досліджень.

У другому розділі наведений опис сировинних компонентів і технологічного процесу виготовлення зразків, представлені методики теоретичних та експериментальних досліджень, наведений опис апаратури і використаних методів математичної статистики.

Третій розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню оксидних систем для створення керамічних матриць та керамічних наповнювачів радіопоглинаючих матеріалів. Наведені результати вивчення субсолідусного стану системи $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$, досліджені фазові співвідношення в системі $\text{SrO-BaO-TiO}_2\text{-SiO}_2$, зокрема в перерізі $\text{BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-SiO}_2$, наведені результати з тріангуляції цього перерізу, визначена область складів для отримання радіопоглинаючої кераміки з підвищеною температурною стабільністю і регульованими значеннями діелектричної проникності.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень з отримання радіопоглинаючих композиційних керамічних матеріалів із заданими діелектричними та електродинамічними характеристиками на основі систем $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ та $\text{BaO-SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$, кераміки на основі титанів стронцію і барію в системі $\text{BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-SiO}_2$, а також композиційної керамічної плитки з використанням розроблених матеріалів як функціонального шару.

У висновках узагальнені основні наукові та практичні результати роботи, визначені перспективи впровадження запропонованих технологічних рішень. Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та

відповідають змісту дисертаційної роботи.

Академічна доброчесність

У дисертаційній роботі та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні результати дослідження, фактів порушення принципів академічної доброчесності не виявлено. Усі винесені на захист наукові результати отримані автором самостійно та оприлюднені в наукових працях і доповідалися на конференціях. У публікаціях, підготовлених у співавторстві, використані лише ті ідеї та положення, що є результатом особистих наукових напрацювань здобувача.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. На мій погляд, недостатньо обґрунтованим є рішення використати саме двостадійну технологію отримання композиційної кераміки з титанатами барію і стронцію на основі славсонітової матриці. Адже можливість виготовити матеріали в одну стадію існує, тим більше, що температури синтезу славсоніту і сегнетоелектричних фаз титанатів є дуже близькими (рис. 4.7). Те саме зауваження стосовно двостадійності технології відноситься і до кераміки на основі титанату барію-стронцію (рис. 4.14).

2. При синтезі сегнетоелектричних наповнювачів в роботі використана хімічно чиста сировина – карбонати стронцію і барію, титанові білила. Враховуючи високу вартість таких речовин, доцільно було б дослідити можливість використання альтернативних джерел сировини, зокрема промислових відходів з високим вмістом BaO , SrO , TiO_2 (наприклад, відходів виробництва конденсаторів і п'єзоелементів, де використовується титанат барію, відходів виробництва пігментів на основі TiO_2 , відходів відпрацьованих каталізаторів, що містять оксиди барію та титану. Це збагатило б технологічну частину роботи і, головне, зробило б технологію більш доступною в економічному відношенні та екологічно орієнтованою.

3. Автор неодноразово наголошує на тому, що розроблені матеріали є термічно стабільними, однак не зазначає про які саме температури експлуатації йде мова.

4. Як було зазначено раніше, автор розробив цілу лінійку радіопогли-

наючих матеріалів з регульованою діелектричною проникністю та іншими електродинамічними властивостями, виміряними в різних частотних діапазонах – від наднизьких частот (кГц) до екстрависоких (ГГц). При цьому автор не дає пояснення, чому для одних матеріалів в експерименті використовувалися наднизькі частоти, а для інших – екстрависокі.

5. При розробці радіопоглинаючої композиційної плитки автор отримав рівняння регресії, якими описуються залежності властивостей плитки від технологічних параметрів отримання (підрозділ 4.4., с. 108). При цьому зазначає, що рівняння адекватні за критерієм Фішера, але значень критерію не наводить. Недоліком в цій частині роботи є те, що самі регресійні залежності наведені з кодованими факторами, а не натуральними, що робить незручним їх використання на практиці.

6. В роботі зустрічаються формулювання, які заважають однозначному сприйняттю матеріалу. Наприклад, «теоретична діаграма стану системи $\text{SrO}-\text{BaO}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ (с. 48), «базовий прес-порошок» (с.101), діапазон частот *SHF* та *EHF* без розшифровки аббревіатури (с. 105). Зустрічаються також рисунки, які, на мій погляд, не несуть змістовного навантаження (рис. 4.1).

Але вказані недоліки і зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має беззаперечні наукову цінність та практичне значення.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Баглая Володимира Юрійовича «Композиційні керамічні матеріали для маскування військових об'єктів» за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково обґрунтовані результати, має наукову новизну і розв'язує актуальну науково-прикладну задачу розроблення технології радіопоглинаючої композиційної кераміки з необхідними фізико-механічними та електродинамічними властивостями для радіолокаційного маскування спеціальних об'єктів. Вважаю, що робота дисертанта є внеском у розвиток наукового напрямку розробки функціональної

кераміки зі спеціальними властивостями, особливо актуальним на сьогодні в нашій країні.

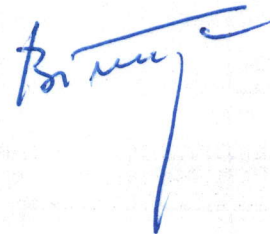
Подана дисертаційна робота Баглая Володимира Юрійовича «Композиційні керамічні матеріали для маскування військових об'єктів» відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44, а здобувач Баглай Володимир Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент,

професор кафедри хімічних технологій
кераміки, скла та біомедичних матеріалів

Українського державного університету
науки і технологій, доктор технічних наук,
професор

дата 12.08.2025 р



Віктор ГОЛЕУС

Підпис Голєса В. Г. засвідчую
Ректор УДУНТ

Сухий К.М.

