

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Чугай Олега Миколайовича на дисертаційну роботу Кузнецової Катерини Сергіївни «Мікрохвильова діелектрометрія сильно поглинаючих рідин на основі шаруватих електродинамічних структур», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія

Актуальність теми.

Дослідження діелектричних властивостей рідких розчинів в області сильної дисперсії діелектричної проникності дозволяють одержати важливу інформацію про механізми взаємодії складових розчину (наприклад, білків альбуміну) з молекулами розчинника. Складність таких досліджень пов'язана з вимірюванням з достатньою точністю високих значень коефіцієнта діелектричних втрат у міліметровому та сантиметровому діапазонах довжин електромагнітних хвиль. Використання шаруватих хвилевідних структур є одним із засобів подолання зазначеної складності. Крім очевидного наукового значення, вивчення поширення електромагнітних хвиль в зазначених структурах має важливе з практичної точки зору з огляду на перспективи розвитку експрес-методів моніторингу біологічно активних речовин у водних середовищах.

Актуальність теми дисертації підтверджується її зв'язком з кількома держбюджетними темами досліджень.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладені в дисертації Кузнецової К.С., базується на інформованості про сучасний світовий рівень теоретичних знань і технічних розробок за тематики її дисертації, а також на всебічному підході до вивчення визначених об'єктів з використанням новітніх математичних та експериментальних методів дослідження з застосуванням сучасних технічних засобів.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів експериментального дослідження та математичного моделювання поширення електромагнітних хвиль у хвилевідних структурах, що включають сильно поглинаючу рідину, підтверджується доповідями на міжнародних конференціях, публікаціями в провідних зарубіжних журналах та розробкою устаткування, за допомогою якого реалізуються запропоновані в дисертації методи дослідження зазначених структур.

До основних наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Класифіковано типи хвиль, що поширюються у круглому металевому хвилеводі з центральним кварцовим стрижнем, оточеним шаром сильно поглинаючої рідини, відповідно до типів хвиль, що поширюються у металевому хвилеводі, заповненому кварцом. Отримано добре узгодження чисельно отриманих даних з експериментальними даними для HE_{11} типу хвилі. Встановлено, що наявність сильно поглинаючої рідини у круглому двошаровому хвилеводі з центральним кварцовим стрижнем призводить до відсутності частот відсікання мод, на відміну від однорідно-заповнених хвилеводів, яким властиві частоти відсікання мод.
2. Набула подальшого розвитку конструкція кювети мікрохвильового диференційного діелектрометра з підвищеною чутливістю визначення КДП сильно поглинаючих рідин без використання референсної рідини, яка складається з двох комірок різної довжини, внаслідок чого компенсовано вплив дифракційних ефектів на краях комірок, а центральний діелектричний стрижень та тонкий шар досліджуваної рідини співвісні.
3. Показано, що в залежності від збільшення концентрації біологічно активних речовин (антибіотики, глюкоза, сироватковий альбумін людини, імуноглобулін G людини, водні та сольові розчини альбуміну з глюкозою, дифтерійний анатоксин) у розчині, відбувається зменшення значень КДП цих розчинів, внаслідок зменшення кількості вільних молекул води у розчині. Значення КДП цих розчинів розрізняються для різних біологічно активних речовин у розчинах в діапазоні низьких концентрацій. Отримано узгодження даних зменшення кількості вільних

молекул води у водних та сольових розчинах альбуміну з глюкозою методом молекулярно-динамічного моделювання згідно збільшення гідратації та часу існування водневих зв'язків між молекулами води з молекулами білка та глюкози. Мінімальна межа виявлення біологічно активних речовин у водному розчині, отримана діелектрометричним методом, порівняна з межею виявлення іншими методами, та становить 1.22, 0.13, 0.28 та 0.1 мг/мл, відповідно для глюкози, левофлоксацину, амікацину та лінкоміцину.

4. Представлено новий підхід до застосування мікрохвильового диференційного діелектрометра та безперервну методику моніторингу ферментативної реакції гідролізу білка, що заснована на визначенні дійсної та уявної частин КДП ферментативних реакційних сумішей, які містять білковий субстрат (сироватковий альбумін людини або імуноглобулін G людини) та фермент трипсин. Показано, що значення КДП реакційної суміші з часом реакції гідролізу білка збільшуються та наближаються до значень КДП води через поступове зниження концентрації білку, внаслідок чого збільшується кількість вільних молекул води в розчині.

5. Встановлено, що зменшення коефіцієнту загасання хвилі HE_{11} у вимірювальній комірці мікрохвильового диференційного діелектрометра із сумішшю, в якій відбувається ферментативна реакція гідролізу білка, корелює зі зменшенням з тривалістю реакції кількості пептидних зв'язків у білку внаслідок процесу гідролізу білка з трипсином за даними визначення абсорбції, отриманих методом UV-Vis спектрофотометрії.

Наукова новизна та практична значимість отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше класифіковано моди круглого металевого хвилеводу з центральним діелектричним стрижнем, оточеним шаром сильно поглинаючої рідини, що не мають фіксованих частот відсікання мод, а коефіцієнт загасання для хвилі HE_{11} має найменші значення поміж інших типів хвиль у широкому діапазоні частот.

2. Удосконалено конструкцію кювети діелектрометра, яка не потребує референсної рідини і складається з двох комірок різної довжини, в яких компенсовано вплив дифракційних ефектів на краях комірок, що мають аксіальну

симетрію та достатньо тонкий шар досліджуваної рідини, внаслідок чого підвищено чутливість визначення комплексної діелектричної проникності рідин.

3. Дістало подальший розвиток експериментальне визначення значень комплексної діелектричної проникності водних розчинів ряду біологічно активних речовин (антибіотики, глюкоза, сироватковий альбумін людини, імуноглобулін G людини, водні та сольові розчини білку альбуміну з додаванням глюкози, дифтерійний анатоксин), які зменшуються в залежності від збільшення концентрації біологічно активних речовин через зменшення кількості вільних молекул води в розчині. Ці результати підтверджено методом молекулярно-динамічного моделювання згідно збільшення гідратації та часу існування водневих зв'язків молекул води з молекулами білка та глюкози та мають добре узгодження з результатами, отриманими відомим фармакопейним методом аналізу фармацевтичних препаратів – методом UV-Vis спектрофотометрії.

4. Вперше запропоновано методику моніторингу ферментативної реакції гідролізу білків альбуміну та імуноглобуліну G людини з трипсином у реальному часі через визначення комплексної діелектричної проникності цих розчинів, що знайшло підтвердження методом спектрофотометрії. На відміну від класичної методики, ця реакція не потребує переривання.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблений новий підхід до безперервного у часі моніторингу ферментативної реакції гідролізу білка може бути застосований для моніторингу біохімічних реакцій без необхідності руйнування ферменту та зупинки реакції.

2. Запропонована методика контролю процесу переходу дифтерійного токсину в нетоксичну форму анатоксин методом мікрохвильової діелектрометрії для технологічного процесу виробництва вакцини проти дифтерії замість використання тварин.

3. Розроблена конструкція вимірювальної кювети з підвищеною чутливістю визначення комплексної діелектричної проникності розчинів біологічно активних речовин в достатньо тонкому шарі рідини може бути застосована для біомедичних досліджень, контролю якості харчових продуктів, технологічних процесів

виготовлення фармацевтичних розчинів, контролю поширення біологічно активних речовин у навколишнє середовище.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень було представлено та обговорено на 5 міжнародних конференціях і опубліковано в 5 статтях (дві з яких Q1), одному патенті на винахід України та одному розділу у книзі. Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації. Дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертація Кузнецової К.С. складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, одного додатка та списку використаної літератури.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета та задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертації і публікації.

В розділі 1 виконано огляд літератури та обґрунтування завдань дисертації.

В розділі 2 розглянуто мікрохвильовий хвилевідний діелектрометричний метод визначення комплексної діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин. Виконано аналіз характеристичного рівняння, розподілу електромагнітного поля та типів хвиль для хвилевідній шаруватій структурі із сильно поглинаючою рідиною.

В розділі 3 виконано діелектрометричні дослідження водних розчинів біологічно активних речовин у мікрохвильовому діапазоні. Наведено результати вимірювання комплексної діелектричної проникності водних та сольових розчинів глюкози, водних розчинів антибіотиків. Дані для антибіотиків порівняно з результатами дослідження спектрофотометричним методом.

В розділі 4 здійснено моніторинг перебігу ферментативних реакцій гідролізу білків методом мікрохвильової диференціальної діелькометрії в реальному часі. Одержані дані порівняні з результатами вимірювання абсорбції ферментативних реакційних сумішей гідролізу білка спектрофотометричним методом.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко і відповідають змісту дисертації.

Список використаних джерел із 129-ти найменувань є повним, сучасним і включає переважно зарубіжні публікації світового рівня.

Анотація відображає основний зміст дисертації та в повній мірі розкриває наукові результати й практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, в яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно й містяться в опублікованих ним роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків дисертанта.

По дисертації можна зробити наступні зауваження:

1. Недостатньо уваги приділено тому, у який спосіб було оцінено похибки вимірювання дійсної та уявної частин комплексної діелектричної проникності сильно поглинаючих рідин.
2. Подекуди зустрічаються неточні або невдалі вирази. Так, на стор. 26 стверджується «У мікрохвильовому діапазоні частот від 0 до 20 ГГц». А на сторінці 35 читаємо «Кожна комірка складається з круглого циліндричного отвору у металевому корпусі кювети з центральним кварцовим стрижнем, оточеним сильно поглинаючою».
3. Деякі висновки очевидні. Зокрема, на стор. 47 читаємо: «Таким чином, параметри хвиль (коефіцієнти фази і загасання), що поширюється в досліджуваній шаруватій хвилевідній структурі із сильно поглинаючою рідиною, залежать від КДП сильно поглинаючої рідини». Хіба можна було очікувати, що така рідина не буде впливати на параметри електромагнітних хвиль?

Разом з тим, перелічені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та

практичну значущість.

ВИСНОВОК

Вважаю, що за актуальністю, новизною, науковим рівнем та обсягом проведених досліджень дисертаційна робота Кузнецової Катерини Сергіївни **«Мікрохвильова діелектрометрія сильно поглинаючих рідин на основі шаруватих електродинамічних структур»** в повній мірі відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Кузнецова Катерина Сергіївна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,

професор кафедри фізики

Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

МОН України

Олег ЧУГАЙ

Підпис Чугая О.М. засвідчую

Вчений секретар Національного

аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського



Тетяна БОНДАРЄВА