

РЕЦЕНЗІЯ

старшого наукового співробітника відділу теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна, кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника

ЗІНОВ'ЄВА Петра Васильовича

на дисертаційну роботу **ЧЕРЕДНИЧЕНКА Сергія Володимировича**
«Синтез та особливості фізичних властивостей вуглецевих наноструктур і композитів», яка подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

за спеціальністю 104 «фізика та астрономія»

(галузь знань 10 «природничі науки»)

Актуальність обраної теми

На мою думку актуальність роботи, безумовно є високою. Оскільки, дійсно вуглецеві наноструктури загалом, на сьогоднішній день знаходять все більше застосування в сферах електротехніки та суміжних технологіях. Також, особливо треба відмітити сучасну тенденцію біофізичного застосування модифікованих (хімічно, або фізично) вуглецевих наноструктур та, відповідне інтенсивне їх дослідження в цьому напрямку. Окремим напрямком використання вуглецевих наноструктур на сьогоднішній день є композитні матеріали, переважно полімерні, з додаванням вуглецевих наночастинок з метою поліпшення механічних та фізичних властивостей. Такі композити вкрай важливі в якості конструкційних елементів авіа та автомобілебудування, та для космічних апаратів, тощо. В дисертаційній роботі проведені дослідження механічних характеристик композитів на основі як епоксидного компаунду так і поліефірної смоли при певних методиках додавання термічно відновленого оксиду графену (ТВОГ) та модифікованого високочастотним імпульсним розрядом в атмосфері газу водню оксиду графену (МТВОГ), що привело до значного підвищення механічних характеристик.

В цій дисертаційній роботі автором було впроваджено два новітні підходи для отримання бажаних властивостей вуглецевих наноструктур, таких як оксид графену (ОГ), та фулерен C_{60} . Оксид графену був відпалений при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ (термічно відновлений ОГ - ТВОГ), з метою отримати бажану ступінь окислення, після цього було використано високочастотний електричний розряд між електродами в атмосфері водню, що призвело до іонізації водню з подальшою взаємодією іонів з розташованим ТВОГ у вигляді вільно насипаного поблизу одного з електродів. Такий підхід дозволив отримати з одного боку модифікований воднем ТВОГ - МТВОГ а з іншого суттєво підвищити сорбційну ємність лусок ТВОГ. Технологія доволі проста в порівнянні з іншими подібними, представленими в літературі технологіями. Ця технологія може бути використана для короткочасного накопичення та тривалого зберігання водню з його подальшим використанням в якості палива.

Іншим новітнім відкриттям автора дисертаційної роботи було виявлення особливостей гідрофільності фулерену C_{60} . Проведене в рамках даної дисертаційної роботи дослідження показало, що при певних умовах (тиск, концентрація, температура) фулерен C_{60} може взаємодіяти з водою за рахунок донорно-акцепторної взаємодії. В результаті чого утворюється гідратований фулерен, однією з важливих властивостей якого є розчинність у воді. Необхідно відмітити, що для отримання гідратованого фулерену автором був використаний новітній метод кріогенно-сублімаційної конденсації суміші пару води та C_{60} . В цьому методі, на відміну від описаних в літературі, не використовуються розчинники та інші домішки та не відбувається попередня хімічна модифікація молекул C_{60} . Дане відкриття та запропонований метод позитивно змінюють загальний підхід до використання наявних корисних властивостей фулерену в біологічних цілях.

Підсумовуючи, вважаю дисертаційне дослідження Чередниченка С.В. важливим та актуальним з огляду на його вплив на подальший розвиток науки та можливість практичних застосувань.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукову новизну дисертаційної роботи Чередниченка С.В. можна висловити наступними пунктами:

1. В огляді джерел інформації наведено характеристику вуглецевих низькорозмірних структур, які залежать від конформаційних особливостей. Обговорено теоретичні методи моделювання таких структур та їх хімічних модифікацій, що створює підґрунтя для якнайкращого усвідомлення процесів, що впливають на отримані експериментальні результати даної роботи.

2. Вперше вдалося отримати водний розчин фулерену C_{60} без використання розчинників та модифікацій молекули фулерену. Отриманий розчин виявився розчином гідратованого фулерену C_{60} . Отже, було винайдено ще одну новітню методику його отримання, а саме кріогенно-сублімаційна.

3. Вперше модифікований високочастотним розрядом в атмосфері газу водню оксид графену (МТВОГ) був використаний в якості зміцнюючої домішки у композиті на основі поліефірної смоли, що мало суттєвий позитивний ефект на механічні властивості композиту. Іншим відкриттям стало виявлення підвищення міцності клейового з'єднання у 3 рази, а також виявлення адгезійних властивостей при використанні ТВОГ в якості зміцнюючої домішки епоксидного клею.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення результатів досліджень, отриманих в даній дисертаційній роботі:

1. Термічно відновлений оксид графену (ТВОГ) та модифікований імпульсним розрядом в атмосфері водню оксид графену (МТВОГ) можуть ефективно використовуватись в якості зміцнюючих домішок для утворення дисперсно-зміцнених композитів на основі поліефірної та епоксидної смол. Це дослідження безумовно підвищить як науковий інтерес таких компаундів так і цікавість з боку виробників аеро-космічної, автомобілебудування та інших, більш побутових сферах.

2. Новітній спосіб отримання гідратованого фулерену та водного розчину фулерену безумовно приверне увагу фармацевтичної галузі та дослідників в області біофізики. Оскільки спроби використати фулерену в якості міцного та хімічно стабільного носія біологічних добавок і ліків робляться вже більше 20 років, але на заваді стає необхідність модифікації молекул фулерену для отримання їх водного розчину, що робить фулерен більш реакційноздатним, та токсичним. Методики отримання водних розчинів немодифікованих фулеренів – це безумовно важливий крок для вирішення даної проблеми. До того ж, як можна бачити з результатів дослідження даної дисертаційної роботи та літературного огляду, хімія фулеренів вивчена не досконало, отже це перспективний напрямок і з точки зору фундаментальних досліджень.

3. Модифікований плазмою водню оксид графену (МТВОГ), може бути використаний в якості системи для зберігання газів. Також сама технологія, яка є досить простою може використовуватись для насичення воднем сорбенту, що складається із вуглецевих наноструктур.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та їх достовірність.

Результати досліджень дисертаційної роботи С.В. Чередниченка, які були отримані з використанням наступних методик: просвітлююча електронна мікроскопія, скануюча електронна мікроскопія, УФ спектроскопія поглинання, ІЧ спектроскопія поглинання, ініційована лазером мас-спектрометрія не підлягають сумніву, оскільки дані методики вже добре зарекомендували себе в комбінаціях, використаних в даній роботі. Механічні випробування композитів проводились по стандартам, передбаченими ДСТУ, та не викликають питань з приводу їх проведення.

Спираючись на все вищевказане ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків дисертації, їх достовірності є на високому рівні та не підлягає сумніву.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

Матеріали дисертаційної роботи С.В. Чередниченка представлені в 3 статтях у виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах SCOPUS та Web of Science. Ці три статті опубліковані в журналі квартилю Q3, а саме – Low Temperature Physics. В цих роботах з достатньою повнотою представлені матеріали даної дисертаційної роботи. Вказаних публікацій достатньо для дисертаційної роботи доктора філософії згідно встановленим вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 — «Фізика та астрономія». Всі статті написано у співавторстві, в одній з трьох статей – дисертант є першим автором. Результати наукових досліджень даної дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях та семінарах, опубліковані в збірниках тез наукових міжнародних конференцій (4 тез) і відомі спеціалістам в галузі фізики. З обсягу проведеної в рамках дисертації роботи та з публікацій стає очевидним, що особистий вклад дисертанта в означені роботи є визначальним.

Зауваження до дисертаційної роботи

- На мій погляд було б доцільно порівняти властивості полімерно-графенових композитів з іншими, існуючими, наприклад полімерно-графітовими, та з іншими існуючими не вуглецевими добавками.

- Також хотілося б побачити більш розгорнуту характеристику отриманого в рамках даної дисертаційної роботи оксиду графену та модифікованого оксиду графену. Наприклад, стосовно сорбційних досліджень – яким буде вплив обробки високочастотним розрядом в атмосфері водню при інших енергіях?

- Стосовно фулеренгідрату – дана робота була виконана за досить короткий проміжок часу та потребувала створення та налаштування специфічного обладнання. На мою думку команді, за участю Сергія вдалося це зробити. Отримана водна суміш фулерену – це досить чутливий, складний об'єкт дослідження, що потребує великої кількості методів досліджень. Однак отримані результати, в даній дисертаційній роботі вказують на наявність гідратованого фулерену або схожої на нього за властивостями фази. Тому доцільно було б провести дослідження саме твердої фази конденсату гідратованого фулерену. Безумовно, ця робота сприяла б підтвердженню можливості отримання розчину C_{60} у воді без використання допоміжних домішок.

Також в дисертаційній роботі присутні граматичні та стилістичні помилки, вживання специфічних термінів.

Вказані зауваження суттєво не впливають на позитивну оцінку дисертації, на вагомість отриманих результатів, а становлять на мету точніше позначити шляхи майбутніх досліджень.

Загальна оцінка та висновок

Дисертаційна робота С.В. Чередниченка «Синтез та особливості фізичних властивостей вуглецевих наноструктур і композитів» є оригінальною, самостійною та завершеною науковою роботою. Науковий рівень дисертації, безумовно, є високим; новизна, наукове та практичне значення отриманих результатів не викликає сумнівів.

Стосовно деякої розрізненості досліджень, результати яких викладені в даній дисертаційній роботі можна констатувати, що аспіранту вдалося викласти ці результати в логічній послідовності, відповідно до назви та тематики роботи.

Таким чином, вважаю, що за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом і оформленням дисертаційна робота повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування

рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами від 12 березня 2022 р. № 341, від 19 травня 2023 р. №502 та від 03 травня 2024 р. №507, а її автор, Чередниченко Сергій Володимирович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 — «Природничі науки».

Рецензент:

**старший науковий співробітник відділу
теплових властивостей і структури твердих
тіл та наносистем**

Фізико-технічного інституту

**низьких температур ім. Б.І. Веркіна,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник**

Петро ЗІНОВ'ЄВ

