

## ВІДГУК

### Офіційного опонента на дисертаційну роботу **Бойчук Володимири Михайлівни “Синтез, структурно-морфологічні та електрохімічні властивості наносистем на основі сполук Ni та Mo і вуглецевих матеріалів”**,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.18 – фізика і хімія поверхні

Встановлення особливостей структуроутворення досліджуваних у роботі електродних наноматеріалів і композиційних систем нового покоління, з'ясування специфіки перебігу електрохімічних процесів в конденсаторах, створених на основі цих матеріалів (зокрема, Ni та Mo) є важливою і актуальною задачею сучасного матеріалознавства. Ця задача торкається широкого кола актуальних теоретичних і практичних проблем, вирішення яких відкриває можливості ефективного використання розмірно-чутливих ефектів для покращення електронних властивостей досліджуваних у дисертації матеріалів та підвищення ефективності роботи електрохімічних пристроїв з електродами на основі цих матеріалів. В цьому плані, безумовно, актуальними є встановлення взаємозв'язків між умовами отримання, структурою та електрохімічними властивостями розроблених матеріалів, цілеспрямована оптимізація цих властивостей для підвищення питомої ємності створених на їх базі конденсаторів.

Саме на вирішення зазначених проблем і спрямована дисертаційна робота Бойчук В.М., і саме тому вона є актуальною.

Тема дисертації безпосередньо пов'язана з низкою науково-дослідних робіт, що виконуються в наукових лабораторіях кафедри матеріалознавства і новітніх технологій ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» в рамках досліджень, пов'язаних з науковою тематикою Міністерства освіти і науки України (б/т №№ 0115U002264; 0116U006805 та 0116U003563).

Вірогідність наукових результатів і висновків, сформульованих у роботі, їх надійність і фізико-хімічна обґрунтованість забезпечена конкретною постановкою експериментів, узгодженістю теоретичних уявлень з одержаними експериментальними результатами. Крім того, вірогідність та надійність результатів досліджень забезпечені застосуванням сучасних вимірювальних, зокрема, комп'ютеризованих методик, отриманням відтворюваних та систематизованих експериментальних даних, а також їх узгодженістю з результатами подібних досліджень, одержаних іншими авторами.

В роботі використані наступні методи наукових досліджень: скануючої та трансмісійної електронної мікроскопії, рентгенівської дифрактометрії, раманівської та оптичної спектроскопії, циклічної вольтамперометрії, гальваностатичного циклювання, спектроскопії електрохімічного імпедансу тощо. Характерним, крім усього є те, що інтерпретацію експериментальних результатів авторка здійснювала комплексно, із залученням загальноновизнаних та самостійно створених моделей.

Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновків і списку використаних літературних джерел (359 найменувань). Обсяг дисертації – 271 сторінка друкованого тексту, в тому числі 209 рисунків та 12 таблиць. Матеріали дисертації викладені в 26 статтях у фахових журналах, (з них 8 статей, що індексуються в Scopus та 3 – у Web of Science), 2-х патентах України та 18 матеріалах міжнародних конференцій.

До основних нових оригінальних результатів дисертаційної роботи слід віднести наступне:

- Для пористого вуглецевого матеріалу авторка вперше зробила комплексний порівняльний аналіз впливу умов лужної та кислотної активацій й способу одержання цього матеріалу на його морфологічні особливості і, відповідно, на ємнісні та енергетичні характеристики електрохімічних конденсаторів з електродами на основі розроблених матеріалів. При цьому з'ясовані умови, при яких є досяжною максимальна ступінь графітизації кристалів графіту при мінімальних їх розмірах (2,8-3,1) нм і масовому співвідношенні NaOH:C рівному 0,75.
- Важливими і новими є результати роботи по формуванню композиційної системи на основі  $\beta$  – Ni(OH)<sub>2</sub> та відновленого оксиду графену методом ультразвукового диспергування; формування системи на основі ультрадисперсного двооксиду молібдену чи квазідвовірного сульфїду молібдену та відновленого оксиду графену а також встановленню впливу вмісту компонент на ємнісні параметри електрохімічних накопичувачів енергії з електродами на основі цих систем.
- Вперше в роботі визначені загальні закономірності створення електрохімічних систем конденсаторного типу, виготовлені електродні матеріали на основі нанопористого вуглецю та відновлених оксидів графену легуваних дисперсними наносистемами на основі гідроксидів нікелю, сульфїдів і оксидів молібдену, ультрадисперсної нікель-залізної шпінелі, що

дозволить підвищити енергоємність та інші важливі характеристики конденсаторів на їх основі.

Основні висновки роботи мають конкретний характер і узагальнюють основні наукові здобутки дисертантки.

Практичне значення одержаних в дисертації результатів полягає в тому, що розроблені в ній шляхи створення та модифікації електродних матеріалів відкривають можливості одержання нових сучасних композиційних систем для застосування в джерелах струму зі збільшеними енергетичними параметрами. Про це свідчать і Патенти України, одержані дисертанткою.

Слід наголосити на вагомості особистого внеску авторки дисертації у постановку завдань, вибір напрямку досліджень, підбір матеріалу для досліджень, безпосередньому проведенні нею експериментальних і теоретичних досліджень та інтерпретацію одержаних результатів.

По дисертаційній роботі можна висловити ряд зауважень і побажань, вказати на недоліки.

1. В дисертації не конкретизовано, яка рослинна сировина слугувала для одержання пористого вуглецевого матеріалу, а це є важливим фактором, що впливає на кінцеві результати досліджень. Бажано було б отримати ширшу інформацію про метрологічні характеристики та вміст домішок у сировині, яка була використана при отриманні графенових матеріалів (оксидів графену та відновлених оксидів графену), адже загальновідомим є факт присутності в природному графіті катіонів металів, зокрема заліза. Цілком імовірно, що редокс-активність відновленого оксиду графену, яку фіксували методом циклічної вольтамперометрії частково зумовлюватиметься присутністю в матеріалі катіонів зі змінним ступенем окиснення. Аналогічне питання виникає й щодо сировини, використаної при синтезі вуглецевих матеріалів, зокрема мікропористого вуглецю, допованого азотом.
2. Акцентуючи увагу на великому об'ємі експериментальних досліджень, використаних у роботі, застосуванні різних методик і моделей опису результатів досліджень, слід відмітити, що в неї недостатньо приділена увага на розділенні методик і моделей на стандартні та запропоновані у дисертації. Відмічаючи позитивні фактори, які стосуються підвищення ефективності, зокрема, енергоємності розроблених в дисертації електрохімічних систем, слід зауважити, що конкретних переваг цих систем порівняно з сучасними електродними матеріалами, розробленими іншими авторами, в роботі не наведено.

3. Температурні залежності електропровідності для rGO(H) (рис.3.15 (в), стор. 108 дисертації) та для rGO(MT) – рис. 3.15 (в) на думку опонента не є експоненціальними. Залежність  $\sigma(T)$  – рис. 3.17 (в) є практично лінійною. Не дивлячись на це дисертантка використовує рівняння Ареніуса для розрахунку по цих залежностях енергії активації електропровідності. Та чи є доцільним взагалі використання в даному випадку поняття енергії активації провідності?
4. Не для всіх випадків дисертантка уважно віднеслась до оформлення роботи. Зокрема, позначення на осях рисунків використані як українською, так і англійською мовами, а на деяких рисунках (зокрема, на рис. 4.11 стор. 130) взагалі відсутні позначення на осях, що затруднює сприйняття матеріалу дисертації.
5. В дисертації і в авторефераті мають місце описки, орфографічні і стилістичні помилки, використовуються не загально вживанні поняття. Зокрема, бажано було б пояснити, що дисертантка має на увазі, коли використовує поняття «інтегрального коефіцієнта дифузії редокс-активних частинок...». З чого складається цей інтегральний (або можливо ефективний) коефіцієнт? (Сторінка 182, 5 розділ дисертації).
6. Цікавим та важливим результатом роботи є встановлення факту підвищення електрохімічної активності наноструктурованого композиту Ni(OH)<sub>2</sub>/відновлений оксид графену у порівнянні з окремими компонентами композиційної системи. Було б цікаво одержати більш розгорнуту інтерпретацію синергетичного впливу компонент композиції (Ni(OH)<sub>2</sub> та відновлений оксид графену) з точки зору встановлення причин зростання швидкості перебігу фарадеївських процесів окиснення-відновлення.

Викладенні зауваження мають загальний характер. В цілому дисертація логічно написана і непогано оформлена. Її недоліки не стосуються основних результатів і висновків та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Бойчук В.М. «Синтез, структурно-морфологічні та електрохімічні властивості наносистем на основі сполук Ni та Mo і вуглецевих матеріалів» є завершеною науковою роботою. Усі наукові результати дисертації вчасно опубліковані у фахових журналах і доповідалися на міжнародних і всеукраїнських конференціях та симпозіумах високо рівня і отримали схвальну оцінку фахівців. Основні

положення дисертації відображені в авторефераті і є ідентичними з його змістом.

Отже, за обсягом та ґрунтовністю проведених досліджень, новизною, науковою і практичною значимостями отриманих результатів дисертаційна робота Бойчук В.М. повністю відповідає вимогам ДАК МОН України щодо дисертаційних робіт, представлених на здобуття наукового ступеня доктора наук, а саме, пп. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. (зі змінами згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 р.), а її авторка, Бойчук Володимира Михайлівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

**Офіційний опонент:**

Доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач науково-дослідної лабораторії  
“Фізика металів та кераміки” Київського  
національного університету імені Тараса Шевченка

Рево С.Л.

*С.Л. Рево*  
20 11 2019 р.

11 11 2019



Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Факультет фізики  
03022/15/1917  
10 30 19