

РЕЦЕНЗІЯ

**рецензента, к.т.н., доцента Пітак Інни Вячеславівни
на дисертаційну роботу Катеніна Вадима Дмитровича
«Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами
фотоелектричних панелей»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 101 – Екологія

Детальний аналіз дисертаційної роботи Катеніна Вадима Дмитровича на тему «Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Зростання частки енергії з відновлюваних джерел у світовому енергетичному балансі та необхідність ефективного поводження з відходами сонячних панелей вимагають нових підходів та досліджень. Важливість даного дослідження підтверджується зростанням обсягів сонячних панелей, що досягають кінця свого життєвого циклу, а також негативним впливом відходів на навколишнє середовище. Додатковим підґрунтям вибору даної теми є екологічна ситуація, що створюється в Україні відходами фотоелектричних панелей, які утворились під час військових дій та мають певні особливості поводження з ними. Ефективні методи переробки та повторного використання компонентів сонячних панелей, сприяють зменшенню кількості відходів і створенню нової продукції, що дозволяє не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, але й оптимізувати використання ресурсів, знижуючи потребу у видобутку нових матеріалів. Зв'язок даної теми з найважливішими проблемами сьогодення узгоджується з пунктами 7 та 12 цілей сталого розвитку.

Таким чином, робота спрямована на вирішення актуальних екологічних проблем та пошук інноваційних рішень для сталого розвитку у галузі управління відходами, що робить її важливою як в Україні так і у світі. Дослідження має значний потенціал для впровадження у практику і може стати важливим кроком у напрямку екологічно безпечного поводження з відходами від сонячних панелей, що сприятиме збереженню природних ресурсів і покращенню якості довкілля.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження є складовою науково-дослідної тематики кафедри Хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» за темою «Розробка наукових основ сталого управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841).

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок є:

- охарактеризовано та класифіковано утворення відходів сонячних фотоелектричних панелей в Україні у воєнний період, а також визначені особливості відходів, уражених військовою зброєю;

- визначено і доведено, що відходи c-Si панелей, які найбільш використовуються у світі та в Україні, при пошкодженні військовою зброєю забруднюють ґрунти іонами міді та можуть бути потенційним джерелом забруднення природних водойм;

- набула розвитку концепція підвищення ефективності діяльності із запобігання та зменшення шкідливого впливу на довкілля операцій поводження з відходами СФЕП, що узгоджується з національною стратегією управління відходами в Україні;

- удосконалено метод багатокритеріального аналізу для оцінки екологічного ризику, який визначає екологічно безпечні шляхи використання відходів СФЕП;

- набуло розвитку теоретичне обґрунтування та експериментальне доведення можливості рециклінгу скла відходів СФЕП для часткової заміни цементу та для повної заміни природного наповнювача у складах обважених та важких бетонів за рахунок їх матричної спорідненості.

Вважаю, що дослідження дисертанта робить значний внесок у вирішення проблем, пов'язаних з утворенням, визначенням особливостей та зменшенням негативного впливу на довкілля відходів сонячних фотоелектричних панелей в Україні.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Дослідження має важливе практичне значення, оскільки автор виявляє основні аспекти негативного впливу відходів сонячних фотоелектричних панелей на компоненти довкілля та пропонує способи підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами, у тому числі через переробку у промислових процесах.

Результати досліджень застосовуються при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» за темою «Розробка наукових основ сталого управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841), а також у процесі науково-технічного співробітництва та

наукового консультування за темою «Розробка системи селективного збору, зеленої логістики та переробки відходів споживання» з ТОВ «Всеукраїнська промислова група» (договір № 154/34-2024 від 15 січня 2024 р.). Також теоретичні та практичні результати дослідження запроваджені у навчальний процес кафедри хімічної техніки та промислової екології при викладанні освітніх компонентів професійної та вибіркової підготовки студентів усіх рівнів вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія».

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором.

За результатами дослідження дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них у фахових наукових виданнях, рекомендованих ДАК Міністерства освіти і науки України – 6, наукових праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації – 7. Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для підвищення екологічної безпеки поводження з відходами фотоелектричних панелей.

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

Робота Катеніна В.Д. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і додатки.

Дисертація присвячена розробці науково обґрунтованих методів підвищення екологічної безпеки поводження з відходами фотоелектричних панелей, зокрема тими, що утворюються внаслідок військових дій. У роботі розглядаються способи мінімізації негативного впливу цих відходів на довкілля шляхом удосконалення процедур їх збору, обробки та впровадження ефективних методів рециклінгу. Значна увага приділяється можливостям переробки скла, яке є основним компонентом відходів сонячних фотоелектричних панелей, для використання у виробництві. Автор досліджує технологічні аспекти таких переробок і пропонує інноваційні рішення для зменшення негативного впливу даного виду відходів на довкілля та залучення цінного компонента у економічний ресурсний цикл.

У першому розділі проаналізовано стан сонячної енергетики у світі і Україні та обсяги і тенденції утворення відходів фотоелектричних панелей. Проведено аналіз наукових робіт щодо складу відходів фотоелектричних панелей та, у тому числі, щодо конструкцій панелей першого покоління на кремнієвій основі. Розглянуто процес формування відходів через втрату ефективності роботи панелей чи пошкодження воєнною зброєю. Проведено характеристику системи управління відходами в Україні, у тому числі щодо фотоелектричних панелей. Відзначено відсутність в Україні організаційних

структур для обробки та рециклінгу відходів сонячних панелей. Сформульовано задачі дослідження та шляхи їх вирішення.

У другому розділі розглянуто вибір та обґрунтування методів дослідження впливу електричних складових відходів сонячних фотоелектричних панелей на ґрунт та природні води, а також методи підготовки матеріалів і вивчення бетонних композицій із додаванням склобою.

У третьому розділі розглядається класифікація відходів фотоелектричних панелей в Україні за типами утворення, яка пов'язана з їх впливом на довкілля. Визначено, що найбільшу небезпеку становлять відходи, утворені при ураженні панелей військовою зброєю. Наведено результати досліджень впливу відходів фотоелектричних панелей на ґрунт і річкову воду. Встановлено, що пошкоджені електричні провідники суттєво забруднюють ґрунт іонами міді. Також вони мають певну здатність до переходу іонів металу у річкову воду.

У четвертому розділі досліджено запобігання негативній дії відходів фотоелектричних панелей на довкілля через підвищення екологічної безпеки управління відходами. Запропоновано концепцію екологічної безпеки, що включає блоки пропозицій зі збору, зберігання та переробки відходів. Перший блок розглядає управління кожним типом відходів, другий - оцінку ризиків та моделювання динаміки утворення відходів. Показано, що для ефективного управління відходами доцільно використовувати метод багатокритеріального аналізу рішень, з оцінкою екологічних і економічних ризиків. Запропоновано прогнозну модель утворення відходів на основі динаміки їх формування та потужності сонячної енергетики в Україні, що дозволяє планувати обсяги виводу з експлуатації непридатних панелей та утворення відходів.

П'ятий розділ дисертації присвячений ефективній переробці відходів фотоелектричних панелей з цілю використання вторинних ресурсів у циркулярній економіці. Пропонується рециклінг скла відходів панелей у виробництві в'язучих матеріалів та бетонів. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість використання скла сонячних панелей для часткової заміни цементу та повної заміни природного заповнювача у важких та обважених бетонах, які можуть бути застосовані для створення будівельних конструкцій.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури досить широко охоплює предмет дослідження і відображає опрацювання автором значної кількості сучасних вітчизняних та іноземних джерел за темою дисертації.

Додаток містить протоколи випробувань та інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується чітко визначеними метою і завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Висновки логічно витікають з отриманих даних, а їхня надійність підтверджується публікаціями в наукових журналах і апробацією на наукових конференціях.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у шістьох фахових статтях, а також дисертант активно приймав участь у 7 міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, що викладено у дисертаційному дослідженні.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі використовуються нечіткі (різні) терміни щодо дії з відходами фотоелектричних панелей, які мають однакове значення: «управління відходами», «поводження з відходами», «операції управління», «операції поведження з відходами», «утилізація», «рециклінг».

2. В методологічному розділі відсутнє пояснення вибору конкретних методів дослідження вмісту металу у ґрунті та воді та їх порівняння з іншими можливими підходами. Водночас, обрані методи все ж забезпечили отримання значущих результатів.

3. У роботі представлено аналіз впливу відходів фотоелектричних панелей на ґрунт, проте він є обмеженим і не враховує всі можливі довгострокові наслідки та типи ґрунтів України. Незважаючи на це, проведене дослідження дає важливі початкові дані для подальшого вивчення цього аспекту.

4. У розділі щодо переробки сонячних панелей у бетонні композиції недостатньо розглянуто альтернативні методи та їх порівняння з обраним підходом. Проте, отримані результати показують потенціал обраного методу і можуть бути основою для подальших досліджень у цьому напрямку.

Висновки

Дисертаційна робота Катеніна В.Д. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 10 – «Природничі науки» та спеціальності 101 – «Екологія».

Враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Катеніна Вадима Дмитровича

«Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей» повністю відповідає 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», від 12.01.2022 р. №44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Катенін Вадим Дмитрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 «Екологія».

Рецензент

кандидат технічних наук,

доцент кафедри хімічної

техніки та промислової екології

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

Інна ПІТАК

Підпис доц. Інни Пітак
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
"24" 07 2022 р.



ЗАЙЦЕВ Ю.І.