

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента **Шестопалова Олексія Валерійовича**
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.

Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

У довоєнний період темпи розвитку сонячної енергетики в Україні активно зростали, утворення відходів сонячних фотоелектричних панелей відповідало плановим оцінкам, а практичне питання їх відновлення та рециклінг більше розглядалось як актуальне для майбутнього. З початком повномасштабної війни та руйнування СЕС не передбачувано утворились величезні обсяги відходів, спровоковані ураженням панелей військовою зброєю, а також доповнені відходами інших шляхів формування. У цих умовах гостро постала проблема управління відходами, що включає аналіз їх утворення та операції поводження з відходами фотоелектричних панелей різного формування. Вивчення вибраної теми додатково обумовлюється практичною відсутністю наукових розробок щодо шляхів вирішення цієї проблеми, яка одночасно стосується питань зменшення негативної дії відходів на природні системи та залучення основних їх компонентів у ресурсні цикли економіки. Дана тема

пов'язується з пунктом 7 цілей сталого розвитку відповідно напрямку збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у світовому енергетичному балансі та пунктом 12, який стосується переробки та повторного використання відходів.

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).

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 робота дисертанта є внеском щодо проблеми формування, визначення особливостей та характеристики негативного впливу на довкілля відходів сонячних фотоелектричних панелей в Україні у воєнний період.

Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Дослідження має певну практичну цінність оскільки автор встановлює основні аспекти негативного впливу відходів сонячних фотоелектричних панелей на складові довкілля та пропонує шляхи підвищення екологічності операцій поводження з відходами, що у тому числі включає їх рециклінг у промисловому виробництві.

Результати досліджень використовуються при проведенні науково-дослідної роботи на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХП» за темою «Розробка наукових основ сталого управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841), а також при здійсненні 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 і практичні результати роботи застосовуються у навчальному процесі кафедри хімічної техніки та промислової екології при викладанні освітніх компонент фахової та вибіркової підготовки здобувачів всіх рівнів вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія».

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 вирішенню науково-практичної задачі підвищенню екологічності поводження з відходами фотоелектричних панелей, у тому числі утворених в умовах воєнних дій, шляхом запобігання негативної дії на довкілля при здійсненні збору, обробки відходів та запровадження їх відновлення чи рециклінгу. Для досягнення мети та поставлених завдань автор дослідив процеси формування відходів у часових рамках, вивчив зв'язок впливу відходів на довкілля з операціями поводження з ними та запропонував шляхи їх екологічної реалізації, а також встановив можливість переробки скла як основного компоненту відходів сонячних фотоелектричних панелей у виробництві в'язучих матеріалів і бетонів на їх основі.

У першому розділі представлені результати аналізу літературних даних про стан сонячної енергетики у світі та Україні, а також про утворення відходів, що стає глобальною проблемою. Визначено, що в Україні практично відсутні дослідження з впливу відходів фотоелектричних панелей на довкілля та операцій поводження з ними, які враховують специфіку формування відходів, утворених у воєнний час. Також не створено організаційні структури щодо здійснення операцій обробки та рециклінгу відходів сонячних фотоелектричних панелей, які мають різне походження.

У другому розділі здійснено вибір та обґрунтування методики дослідження впливу електричної частини відходів сонячних фотоелектричних панелей на ґрунт та природні води, а також методику підготовки матеріалів та дослідження бетонних композицій з додаванням склобою.

Наступні розділи містять результати досліджень здобувача щодо впливу відходів на елементи довкілля та рециклінгу скла відходів панелей у виробництві в'язучих матеріалів і бетонів на їх основі. Зокрема, у третьому розділі досліджено, що мідні дроти, які залишаються у ґрунті після

пошкодження панелей, є джерелом небезпеки забруднення ґрунту важким металом. Також визначено потенційну спроможність переходу іонів міді з електричних провідників у середовище річкової води.

У четвертому розділі приводиться концепція екологічної безпеки операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей, складові якої включають пропозиції з екологічно безпечного збору та зберігання відходів та блок обґрунтування і вибору напрямку щодо переробки чи відновлення даних відходів. Запропоновано використання методу багатокритеріального аналізу рішень при визначенні напрямку управління відходами, що пов'язується з їх відновленням та переробкою. Також у даному розділі представлено прогнозний підхід до визначення обсягів утворення відходів, що базується на динаміці їх формування та потужності сонячної енергетики в Україні.

У п'ятому розділі представлено дослідження щодо можливості використання склобою відходів панелей для рециклінгу, а саме: для часткової заміни цементу та для повної заміни природного заповнювача у складах обважених та важких бетонів, придатних для створення конструкцій загальнобудівельного та спеціального призначення.

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 зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології та інструментарію дослідження. Висновки логічно пов'язуються з отриманими результатами, а їх

достовірність підтверджується опублікованими науковими працями та апробацією на наукових конференціях.

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.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У дисертаційній роботі було б доцільно більш детально охарактеризувати негативний вплив забруднення іонами міді елементів навколишнього середовища.
2. У тексті не приділяється увага впливу алюмінію на довкілля, який є одним із основних компонентів відходів кремнієвих панелей.
3. Не конкретизовано, як надані рекомендації щодо екологічно безпечних операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей попереджають негативний вплив на екосистеми.
4. При розгляді багатокритеріального аналізу прийняття управлінських рішень доречно навести приклади результатів розрахунку екологічного ризику, що визначає вибір напрямку дій стосовно відновлення чи рециклінгу відходів.
5. Для оцінки масштабів переробки скла як ресурсноцінного компоненту відходів фотоелектричних панелей варто було б представити приблизні розрахунки маси склабою, що може бути вилучена з одиниці відходів.

Висновки

Дисертаційна робота Катеніна В.Д. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обгрунтовані 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»



Олексій ШЕСТОПАЛОВ

Підпис *проф. Олексій Шестопалов*
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
02.08.2024

ЗАЙЦЕВ Ю. І.