

ВІДГУК

офіційного опонента
Черниш Єлизавети Юріївни
на дисертаційну роботу Катеніна Вадима Дмитровича
«Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами
фотоелектричних панелей»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з
за спеціальністю 101 – Екологія

Актуальність теми

В останні роки світова енергетична політика спрямована на збільшення частки відновлюваних джерел енергії, серед яких особливу роль відіграє сонячна енергетика. До початку воєнних дій в Україні спостерігався надвисокий темп розвитку сонячних генерацій, який знизився у воєнні роки, проте до його значущості додалась безпекова та економічна компонента. На сьогодні значна кількість сонячних електростанцій в країні зазнала пошкоджень, що призвело до утворення великих обсягів відходів фотоелектричних панелей, які становлять певну загрозу довкіллю. Водночас відбувається інтенсивне відновлення енергетичних об'єктів, а процес встановлення нових сонячних модулів активно продовжується, що в перспективі призведе до ще більшого збільшення обсягів даних відходів. В Україні наразі бракує потужностей для ефективної переробки відходів фотоелектричних панелей, включаючи ті, що утворилися внаслідок пошкоджень, а технології для їх відновлення чи рециклінгу потребують подальшого розвитку. У зв'язку з цим, вирішення проблеми управління відходами сонячних модулів є надзвичайно актуальним завданням, особливо з точки зору мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище, впровадження сталих методів їх переробки та залучення цінних вторинних матеріалів у ресурсні цикли економіки. Отже, дисертаційна робота Катеніна В.Д., тема та завдання якої відповідають напрямкам вирішення проблеми, є дуже актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Катеніна В.Д. базуються на коректному виборі методів досліджень, що в достатній мірі науково та практично обґрунтовані і ґрунтуються на аналізі вітчизняних та зарубіжних джерел інформації. Комплекс сучасних методів дослідження включає атомно-емісійну спектрометрію з індуктивно-зв'язаною плазмою, рентгенофазовий аналіз з використанням дифрактометру, а також виконання стандартів відбору проб та визначення характеристик. Необхідна обґрунтованість забезпечується широкою

джерельною базою з 180 позицій, що включає останні публікації за темою дисертації.

Таким чином, сучасний методичний рівень роботи та інформативність методів дозволяє вважати, що наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в роботі, є достовірними та обґрунтованими.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується коректною методологією та проведеними автором відповідних експериментальних досліджень. Також достовірність результатів підтверджується опублікованими науковими працями та апробацією на міжнародних наукових конференціях.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

вперше:

охарактеризовано та класифіковано утворення відходів сонячних фотоелектричних панелей в Україні у воєнний період, що дозволяє підвищити ефективність подальшої їхньої утилізації;

обґрунтовано, що відходи c-Si панелей пошкодженні військовою зброєю забруднюють ґрунти іонами міді та можуть бути потенційним джерелом забруднення природних водойм;

удосконалено:

метод багатокритеріального аналізу для оцінки екологічного ризику, який визначає екологічно безпечні шляхи використання відходів сонячних фотоелектричних панелей;

дістали подальшого розвитку:

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

прогнозування утворення відходів сонячних фотоелектричних панелей, що базується на динаміці їх формування та потужності сонячних електростанцій в Україні;

теоретичне обґрунтування та експериментальне доведення можливості рециклінгу скла відходів сонячних фотоелектричних панелей для часткової заміни цементу та для повної заміни природного наповнювача у складах обважених та важких бетонів за рахунок їх матричної спорідненості.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Результати досліджень використовуються у розробках, що виконуються при проведенні науково-дослідної роботи на кафедрі хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХПІ» за темою «Розробка наукових основ сталого управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841),

а також при здійсненні наукового консультування за темою «Розробка системи селективного збору, зеленої логістики та переробки відходів споживання» (договір № 154/34-2024 від 15 січня 2024 р.). Також отримані результати дисертаційного дослідження використовуються у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) при розробці і впровадженні у навчальний процес кафедри хімічної техніки та промислової екології

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 13 роботах, серед яких: 6 статей у наукових фахових виданнях України та 7 тезисів у матеріалах конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Катеніна В.Д. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, зазначені методи дослідження, а також приведені публікації та дані щодо апробація дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану сонячної енергетики в Україні та світі, визначені стійкі тенденції її стрімкого розвитку. Показано, що відповідно до цього зростають обсяги утворення відходів фотоелектричних панелей, які без належного відновлення та рециклінгу стають загрозливими. Війна в Україні призвела до пошкодження та руйнування СЕС, що викликає неочікуване збільшення відходів. На основі публікацій визначено, що відходи фотоелектричних панелей, зокрема кремнієвих, які зараз утворюють переважну більшість, містять шкідливі речовини, що можуть негативно впливати на довкілля. Зазначено, що в Україні цей аспект, разом з вирішенням питань щодо екологічно безпечного проведення операцій управління відходами, потребує дослідження. Також потрібні подальші дослідження способів залучення ресурсоцінних компонентів відходів у економічні цикли.

У другому розділі визначено методи оцінки впливу відходів сонячних панелей на елементи довкілля та методи, необхідні для досліджень щодо їх переробки. Розглянуто метод атомної емісійної спектроскопії з індуктивно

зв'язаною плазмою для визначення впливу на ґрунт та річкову воду мідних провідників, які входять до електричної частини відходів, що утворилися в результаті ударів панелей військовою зброєю. Описано методику виділення компонентів з конструкції відходів сонячної панелі та підготовку скломатеріалів для використання з метою рециклінгу. Для дослідження вихідних матеріалів та бетонних композицій використано хімічний та рентгенофазовий аналіз.

У третьому розділі запропоновано класифікацію відходів фотоелектричних панелей, що утворилися в Україні за різних умов, а також пов'язаний з ними негативний вплив на довкілля. Визначено, що найбільшу небезпеку для навколишнього середовища становлять відходи панелей, уражених військовою зброєю. Представлено результати досліджень щодо впливу елементів електричних провідників на ґрунт і річкову воду. Визначено забруднення ґрунтів іонами міді та зазначено, що також відбувається їхнє надходження у водне середовище.

Четвертий розділ присвячений розробці комбінованого підходу щодо запобігання негативному впливу відходів фотоелектричних панелей на довкілля шляхом підвищення екологічної безпеки управління відходами. Показано, що управління відходами в Україні регулюється загальними законодавчими актами. Їх розвитку може сприяти прийняття нового закону щодо управління електронними відходами, до яких відносять відходи фотоелектричних панелей. Запропонована концепція екологічної безпеки, яка включає екологічно безпечний збір, зберігання, відновлення та переробку відходів. Зокрема, з метою визначення оптимального напрямку управління відходами стосовно їх відновлення чи переробки пропонується метод багатокритеріального аналізу рішень, який враховує екологічні та економічні ризики. Запропоновано підхід щодо прогнозування утворення відходів сонячних панелей, який ґрунтується на динаміці їх формування та потужності сонячної енергетики в Україні.

У п'ятому розділі дисертації представлені результати дослідження щодо переробки основного компоненту панелей – склобою у промисловому секторі. Наразі в Україні відсутні спеціалізовані структури для переробки компонентів відходів сонячних панелей і, зокрема, скла для повернення у виробництво нових сонячних модулів. Тому дослідження зосереджено на залученні скла у виробництво будматеріалів, що є затребуваними у будівництві як у теперішній час, так і у післявоєнний період. Запропоновано використання склобою відходів фотоелектричних панелей у виробництві в'язучих матеріалів та бетонів, а саме для часткової заміни цементу і повної заміни природного заповнювача в бетонних сумішах, що можуть бути використані у конструкціях загального та спеціального призначення.

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

Список використаних джерел включає 180 позицій сучасних вітчизняних та зарубіжних публікацій.

Академічна доброчесність

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

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

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Варто було надати характеристику ґрунту, що брався для дослідження. Вид та властивості ґрунтів впливає на процеси міграції важких металів та інших токсикантів у екосистемі.

2. На рис. 3.4 та 3.8 зазначено результати вимірювань у зразках вмісту іонів міді. Це дані сумачії за серією експериментів? Яким чином здійснювався статистичний аналіз?

3. Щодо критерію 1 Оцінка стану сонячних фотоелектричних панелей, яким чином було розраховано коефіцієнти значимості для механічного пошкодження, ефективності роботи панелі, тривалості служби та технічного стану компонентів панелі (стр. 85-86). Так само варто було навести обґрунтування тих коефіцієнтів значимості, що наведені в описі критерію 2 “Екологічні ризики” та критерію 3 “Економічні ризики”.

4. Щодо описаної дисертантом методики визначення загального екологічного ризику (п. 4.2), чому була обрана 100 бальна шкала оцінювання (стр. 87)? А також яким чином можна адаптувати таку систему оцінювання для конкретних потреб та доступних даних? (стр. 88).

5. Доцільно було б винести інформацію в Розділ 2. “Методи проведення досліджень” щодо методики моделювання динаміки утворення відходів сонячних фотоелектричних панелей та програмного забезпечення, що було використане.

6. Доцільно було б винести п.п. 5.1 “Вихідні матеріали та методи дослідження” в Розділ 2. “Методи проведення досліджень”.

7. Рисунок 2.3 – фотографія емностей можна було не подавати, достатньо опису їхнього по тексту та схеми закладки зразків мідного дроту на рис. 2.4. Також рис. 3.6 та 3.7 мають дуже дрібні підписи на картосхемах, варто було б покращити якість рисунків для кращого сприйняття інформації.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Катеніна Вадима Дмитровича «Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей» за своїм змістом відповідає спеціальності 101 – Екологія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає у розробці теоретичних і методичних положень та рекомендацій щодо підвищення екологічної безпеки операцій управління відходами сонячних фотоелектричних панелей шляхом запобігання негативного впливу на довкілля при здійсненні збору, обробки відходів та запровадження їх відновлення чи рециклінгу.

Подана дисертаційна робота «Підвищення екологічної безпеки операцій поводження з відходами фотоелектричних панелей» Катеніна В.Д. відповідає спеціальності 101 – «Екологія», відповідає вимогам до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме 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, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Катенін Вадим Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 – Екологія.

Офіційний опонент
Доцент кафедри екології та
природозахисних технологій
д.т.н., доцент



Єлізавета Черниш

Підпис Черниш Є.О.
засвідчую
проб. Фролівач відділ
Фрихадько А.С.

