

ВІДГУК
офіційного опонента
Юрченко Валентини Олександрівни
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

Сучасна світова енергетика зорієнтована на все більший перехід до використання відновлювальних джерел енергії, серед яких значне місце відводиться сонячній електроенергетиці. Україна підтримує цю тенденцію і у передвоєнні роки обсяги встановлених потужностей промислових СЕС та приватних домогосподарств стрімко зростали. У теперішній час значна кількість даних СЕС зазнала військових ударів, в результаті яких утворились величезні обсяги відходів фотоелектричних панелей. Водночас на сьогодні енергетичні об'єкти відновлюються, а обсяги встановлених сонячних модулів стрімко зростають, що у майбутньому також приведе до утворення відходів. В Україні відсутні потужності для переробки відходів фотоелектричних панелей, що у тому числі утворені в результаті ударів військовою зброєю. Також практично не пропонуються технології з поновлення чи рециклінгу цих відходів. У зазначених умовах гострою стала необхідність вирішення проблеми управління відходами фотоелектричних панелей, забезпеченням екологічно безпечного проведення операцій та використання їх ресурсоцінних компонентів у циркулярній економіці. Тому дисертаційна робота Катеніна В.Д., тема та завдання якої відповідають напрямкам розв'язання проблеми, є вельми актуальними.

Дана тема пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи кафедри хімічної техніки та промислової екології «Розробка наукових основ сталого управління та утилізації твердих відходів» (ДР 0124U001841). Строки виконання НДР: 01.2024 – 31.12.2025. Участь автора – виконавець.

Здобувач брав участь у договорі щодо 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.).

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

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Катеніна В.Д., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень,

висновків і рекомендацій, базується на використанні апробованих традиційних та сучасних методик, які відповідають меті та задачам роботи, а саме: атомно-емісійній спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою, рентгенофазовому аналізу з використанням дифрактометра, методикам відбору проб та визначення характеристик згідно відповідних державних стандартів, методам простої лінійної регресії. Також обґрунтованість наукових положень та висновків підтверджується результатами експериментальних досліджень.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень, а також використанням відповідної методології та інструментарію дослідження. Також достовірність результатів підтверджується опублікованими науковими працями та апробацією на 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, а також визначені особливості цих 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;

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.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень: при проведенні наукового консультування за темою «Розробка системи селективного збору, зеленої логістики та переробки відходів споживання» (договір № 154/34-2024 від 15 січня 2024 р.);

2) 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 обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

У першому розділі проаналізовано стан сонячної енергетики у світі та Україні, зокрема утворення відходів фотоелектричних панелей, що стають глобальною проблемою. В Україні, через воєнні дії, пошкоджуються та руйнуються різні види СЕС, що сприяє збільшенню об'єму відходів. На основі аналізу наукових робіт доведено, що відходи фотоелектричних панелей, переважно кремнієвих, містять екологічно небезпечні речовини. Утворення таких відходів зумовлюється втратою ефективності панелей та їх пошкодженням під час воєнних дій. В Україні ці відходи належним чином не досліджені. Також відсутні і організаційні структури для їх переробки. Необхідні подальші дослідження для підвищення екологічної безпеки управління цими відходами та залучення їх у циркулярну економіку. На основі аналізу цієї проблеми сформульовано задачі дисертаційного дослідження та шляхи їх вирішення.

У другому розділі проаналізовано методи оцінки впливу відходів сонячних панелей на довкілля та їх переробки. Розглянуто методи визначення впливу електричної частини відходів на ґрунт та воду з використанням мідних дротів, що мають різний ступінь пошкодження. Методом атомної емісійної спектрометрії визначено концентрації іонів міді у пробах ґрунту та води, які контактували зі зразками електричного провідника. Описано методику відділення елементів з сонячної панелі та підготовки отриманих матеріалів для використання склобою у цілях рециклінгу. Використано хімічний та рентгенофазовий аналіз для характеристики склобою, цементів і бетону, а також проведено мікроскопічні дослідження бетону.

У третьому розділі проаналізовано класифікацію відходів фотоелектричних панелей в Україні за типами утворення та їхній негативний вплив на довкілля. Зокрема показано, що найбільшу небезпеку становлять відходи панелей, уражені військовою зброєю. Наведено результати досліджень щодо впливу елементів електричної частини відходів на ґрунт і воду та визначено, що мідні провідники забруднюють ґрунт іонами міді і можуть викликати певний ступінь забруднення річкової води.

У четвертому розділі досліджено комплексний підхід щодо запобігання негативному впливу відходів фотоелектричних панелей на довкілля шляхом підвищення екологічної безпеки управління відходами. Відзначено, що управління відходами регулюється загальними законодавчими актами, які наразі розвиваються, і можуть бути доповнені новим законом про електронні відходи після його прийняття в Україні. Запропоновано концепцію екологічної безпеки, що включає екологічно безпечний збір, зберігання, переробку та відновлення відходів. Визначено ризики та рекомендації для подальшого поводження з відходами, а також зроблено прогноз динаміки утворення відходів в Україні в умовах сталого управління. Для визначення напрямку управління відходами після операцій оброблення пропонується метод багатокритеріального аналізу рішень, що враховує екологічні та економічні ризики. Запропоновано модель для прогнозування утворення відходів на основі динаміки їх формування та потужності сонячної енергетики в Україні, яка дозволяє планувати обсяги виведення з експлуатації панелей.

П'ятий розділ дисертації присвячений ефективному відновленню відходів фотоелектричних панелей, що є важливим для циркулярної економіки. В Україні у теперішній час відсутні спеціалізовані структури та технології для переробки компонентів цих відходів, зокрема, скла, що може застосовуватись для виготовлення нових фотоелектричних панелей. У роботі склобій відходів панелей пропонується використовувати у виробництві в'язучих матеріалів та бетонів. Теоретичними та експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність застосування

склобою для цілей часткової заміни цементу, а також повної заміни природного заповнювача в бетонних сумішах, що можуть бути використані у будівельних конструкціях загального та спеціального призначення.

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

Список використаних джерел із 180 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

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. В пункті 2.3.5 «Випробування на стиск» та в пункті 2.3.6 «Гідростатичне зважування» відсутні посилення на наукові джерела, з яких отримано вказані методики дослідження.
2. На підставі яких даних було обрано співвідношення (за масою) мідний дріт: ґрунт і мідний дріт: річкова вода в експериментальних дослідженнях, методика яких описана в підрозділах 2.1 і 2.2?
3. При моделюванні вилуговування міді в природному водному середовищі коректніше використовувати річкову воду з донними осадами, аніж лише одну воду. Оскільки саме в донних осадах найбільш активно відбуваються процеси, що зумовлюють мобілізацію катіонів металів з твердих речовин.
4. На рис. 5.11 в підрисунковому підписі бажано розшифрувати фази, які мають найбільшу концентрацію, як це було зроблено на рис. 5.2 і 5.4.
5. Незрозуміло, чому дані рис.5.3 коментуються як значне пришвидшення твердіння після 3 діб експозиції, в той час як крива набору міцності після 3 доби має менший кут нахилу до осі X, ніж в період з 1 по 3 добу. Отже міцність зростає, але швидкість набору міцності зменшується.
6. В таблиці 5.2 бажано вказати використане співвідношення В/Ц.
7. Обговорюючи вплив фракційного складу скляного заповнювача на набір міцності (табл. 5.5 і рис. 5.13; табл. 5.6 і рис. 5.15) слід додати посилання на табл. 5.3, в якій представлено фракційний склад склобою, використаного в дослідах.

Вказані зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку наукового напрямку, методології дослідження та висновків виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

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, що 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 дисертацій 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
Професор кафедри інженерної
екології міст, д.т.н., проф.

Валентина ЮРЧЕНКО



Валентина Юрченко