

*Лініх А.В.,
здобувач вищої освіти науково-освітнього ступеня «доктор філософії»
спеціальності 101 «Екологія»
Науковий керівник: Шмандій В.М.,
д.т.н., проф., професор кафедри екології та біотехнологій,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
alinikh@gmail.com*

ВПЛИВ ПРОДУКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ (СОНЯШНИХ ПАНЕЛЕЙ) НА СТАН ДОВКІЛЛЯ

Переломним моментом для відновлюваної енергетики в Україні вважається 2008 рік. Було ухвалено закон про запровадження "зеленого" тарифу. Перші промислові сонячні електростанції почали з'являтися саме після запровадження цього "зеленого" механізму, а це вже майже 20 років тому.

Багато об'єктів на півдні України, зокрема в Херсонській та Запорізькій областях, опинилися в зоні бойових дій або під окупацією тому на перше місце за темпами зростання почали виходити малі та автономні рішення (сонячні панелі для домогосподарств та мікромережі). Після початку війни значно зріс інтерес до проектів енергетичної незалежності, де важливу роль відіграють саме сонячні установки, як з боку промисловості так і з боку приватних домогосподарств, що призведе до значного зростання кількості парку сонячних панелей з кожним наступним роком.

Під час війни значна частина сонячних електростанцій в Україні зазнала пошкоджень або була повністю зруйнована. Через бойові дії та окупацію південних регіонів — Херсонської, Запорізької та Миколаївської областей — низка промислових сонячних об'єктів припинила свою роботу. Обстріли та мінування територій призвели до руйнування інфраструктури, а деякі сонячні панелі стали недосяжними через бойові дії. Втрата цих об'єктів значно вплинула на енергетичний баланс країни та посилила виклики в забезпеченні стабільного електропостачання. Проте навіть в умовах війни триває відновлення та переорієнтація на малі та автономні рішення, що сприяють енергетичній незалежності та підтримують життєдіяльність критичної інфраструктури.

Стандартний термін стабільної роботи сонячних панелей становить 25-30 років [1;2]. Більшість виробників гарантують, що протягом цього терміну панелі будуть працювати ефективно, хоча з часом їх продуктивність може поступово знижуватися за рахунок деградації фотоелектричних компонентів.

Ми вважаємо доцільним поставити питання щодо негайної потреби у вирішенні механізмів утилізації сонячних панелей, що відпрацювали свій термін або пошкоджених внаслідок бойових дій. Саме не захоронення, а процес утилізації є важливим для мінімізації негативного впливу на довкілля та повторного використання цінних матеріалів.

До основних компонентів панелей, які підлягають переробці належать скло (близько 70% маси панелі), алюмінієва рама (можна майже повністю переробити переплавлянням), кремнієві пластини (їх можна повторно використовувати після очищення), метали (мідь, срібло, свинець тощо, що видобуваються з електричних компонентів), полімери та інші композитні матеріали (підлягають обмеженій переробці).

Європейський Союз регулює утилізацію сонячних панелей через Директиву WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) [3]. У Європі працюють спеціалізовані компанії та заводи з утилізації, такі як Veolia у Франції, які можуть переробляти до 96% матеріалів відпрацьованих панелей. У США цей процес менш централізований, але активно розвивається. Утилізацією займаються компанії, такі як First Solar, що спеціалізуються на переробці тонкоплівкових панелей. Китай, будучи лідером у виробництві панелей, також розвиває інфраструктуру для їхньої утилізації з огляду на зростання обсягів старих панелей. На жаль, в Україні поки що відсутня розвинена система утилізації сонячних панелей. Більшість відпрацьованих панелей вивозять до країн ЄС для переробки, де є відповідна інфраструктура.

Вважаємо за доцільне створення національних програм з утилізації та підприємств для цього, оскільки вже в найближчі роки обсяги відпрацьованих панелей в Україні стрімко зростатимуть, а велика кількість пошкоджених під час бойових дій та масованих атак панелей вже забруднює навколишнє природне середовище.

Основним чинником гальмування впровадження утилізації в Україні є вартість переробки, яка часто перевищує вартість отриманих матеріалів, що робить процес економічно не вигідним. Однак токсичні матеріали (наприклад, свинець або кадмій) становитимуть загрозу для довкілля, якщо панелі не будуть утилізовані належним чином. Недостатня інфраструктура в країнах, що розвиваються, зокрема і в Україні, загрожує екологічній безпеці та стану довкілля в короткій, середній та довготривалій перспективі.

Якщо не буде запроваджено виваженої та неухильної державної стратегії управління відходами в напрямку утилізації сонячних панелей, вони можуть накопичуватися на звалищах, виділяючи токсичні елементи, згодом країну чекають галопуючі темпи забруднення та збільшення фактичних витрат на вирішення цієї проблеми.

Процес переробки матеріалів із сонячних панелей споживає значно менше енергії, ніж виробництво нових матеріалів з видобутої сировини. Це знижує викиди CO₂ та сприяє боротьбі зі зміною клімату.

Скло є недеградуєчим матеріалом, тобто воно не розкладається з часом. Ми вважаємо, що накопичення великої кількості скла на звалищах може переважувати існуючі полігони та вимагати нових територій для захоронення, а великі масиви відходів сприяють утворенню сміттєвих полігонів, які забруднюють навколишнє середовище та погіршують екосистеми. Фрагменти скла можуть спричинити травми людям та тваринам, особливо якщо відходи зберігаються без належних заходів безпеки. Неконтрольоване накопичення скла створює ризик самозаймання відходів, що може призвести до пожеж на сміттєзвалищах та викиду токсичних речовин у повітря.

Якщо скло містить хімічні домішки (як у випадку з тонкоплівковими сонячними панелями, де використовуються токсичні елементи, наприклад, свинець, кадмій-телурид або селенід міді-індію-галію (CIGS)), воно може виділяти небезпечні речовини в ґрунт та ґрунтові води. Утилізація може запобігти їх потраплянню у ґрунт та підземні води.

Наприклад, алюміній після переробки зберігає ті ж властивості, але його повторне використання потребує лише 5% енергії від тієї, що витрачається на виробництво нового металу. Вторинне використання матеріалів допомагає зменшувати навантаження на природні ресурси та зменшує потребу у видобутку корисних копалин, що є раціональним використанням природних ресурсів.

Кремній сам по собі є відносно безпечним матеріалом, але під час розбиття або пошкодження панелей під дією фізичних або природних чинників (наприклад, град, бойові дії чи зношеність) частинки кремнію можуть потрапляти у навколишнє середовище. Неочищений кремній із старих або дефектних панелей у великих концентраціях може бути небезпечним для мікроорганізмів у ґрунті та воді, оскільки впливає на їх середовище існування.

Хоча кремній не є традиційним елементом для більшості видів добрив, але відіграє важливу роль у підтримці здоров'я рослин, особливо в умовах стресу. Дослідження показали, що він може сприяти підвищенню врожайності та стійкості рослин до несприятливих умов, хоча безпосередньо не належить до основних поживних елементів, як азот, фосфор або калій.

Після відповідної переробки кремній допомагає нейтралізувати токсичний вплив важких металів, таких як кадмій або миш'як, які можуть бути присутні у ґрунті. Це особливо важливо для сільськогосподарських угідь, де ґрунти піддаються забрудненню. Таким чином від забруднювача він переходить у розряд відновлювачів ґрунтів. Кремній в біодоступній формі може підвищувати ефективність фотосинтезу завдяки кращому регулюванню водного балансу та зниженню температурного стресу. Кремнієві добрива покращують стійкість до грибкових захворювань та сприяють рівномірному зростанню.

В процесі утилізації потрібно вирішувати багато проблемних питань бо сонячні панелі містять шаруваті матеріали, які важко розділити, що ускладнює процес переробки. Проте створення інфраструктури для утилізації сприяє розвитку зелених робочих місць та інновацій у сфері переробки. Впевнені, що утилізація на території України допоможе забезпечити сталість розвитку енергетики, що зробить галузь ще екологічнішою та менш залежною.

Резюмуючи звертаємо увагу, що утилізація сонячних панелей є важливим елементом раціонального використання природних ресурсів. Вона сприятиме скороченню видобутку сировини, зменшенню обсягів відходів і підвищенню енергетичної ефективності. Утилізація сонячних панелей відкриває шлях до перетворення відходів у здобутки, відновлення ґрунтів та запровадження екологічного сільського господарства. Розвиток інфраструктури для переробки сонячних панелей допоможе забезпечити сталий розвиток енергетики та зменшити екологічний слід, наближаючи Україну до світових стандартів.

Список використаної літератури

1. Limited warranty for RISEN ENERGY dual glass and bifacial PV MODULE. RISEN ENERGY Co.,LTD. EN.URL:[https://en.risenenergy.com/uploads/20220728/Risen_Limited%20Warranty_Dual-Glass & Bifacial % 20 Modules_A_1\[2021\]%20.pdf](https://en.risenenergy.com/uploads/20220728/Risen_Limited%20Warranty_Dual-Glass & Bifacial % 20 Modules_A_1[2021]%20.pdf) (date of access: 29.10.2024).
2. Limited Warranty for LONGi Solar Modules . LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. (LONGi). EN. URL:https://static.longi.com/Limited_Warranty_for_LON_Gi_Solar_Modules_Distributed_Generation_Market_78b6de0d4a.pdf (date of access: 29.10.2024).
3. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (recast) Text with EEA relevance. EUR-Lex. EN. URL:<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32012L0019> (date of access: 29.10.2024).