

БУЧКА А.В., ПРИХОДЬКО В.Ю. (УКРАЇНА, ОДЕСА)

## ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ В КОНТЕКСТІ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ: АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 65082, вул.. Всеволода  
Змієнка, 2, Одеса, Україна; andriibuchka@gmail.com*

**Abstract.** The increasing use of photovoltaic panels as a source of electricity contributes to the sustainable development of the energy sector, but at the same time, it creates growing challenges in the management of waste electrical and electronic equipment. The share of photovoltaic panel waste in the overall mass of electronic waste is steadily increasing. This issue becomes even more pressing due to the intensive implementation of new solar power plants in the context of policies aimed at reducing fossil fuel consumption and transitioning to alternative energy sources.

Сонячна енергетика є найбільш зростаючим сектором відновлювальної енергетики в світі, що обумовлено постійним зниженням вартості виробництва та зростанням обсягів інвестицій у виробництво та впровадження в експлуатацію фотоелектричних панелей (ФЕП). За останні 14 років сумарна встановлена потужність ФЕП зростає з 40 ГВт до понад 1,4 ТВт, що еквівалентно 35 кратності росту. І за прогнозами до 2050 року, сумарна потужність встановлених ФЕП може сягнути 4,5 ТВт. Так, станом на 2022 р. в ЄС 18,2% спожитої відновлювальної енергії було отримано від сонячної енергетики. В Україні цей показник знаходиться на рівні 5%.

Однак така тенденція росту має і зворотний бік – це стрімке зростання обсягів утворення відходів ФЕП. Середній термін експлуатації ФЕП становить близько 30 років, після чого їх експлуатація вважається нерентабельною і виникає питання їх утилізації. Окрім зношення панелей, внаслідок закінчення терміну експлуатації, є ще й передчасні втрати, які спричинені механічними пошкодженнями чи іншими факторами.

Не зважаючи на те, що ФЕП позиціонується як екологічно-дружнє джерело енергії, що використовує відновлювані джерела енергії, проблема утилізації відходів постійно зростає. Так, очікується, що до 2050 року обсяги відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) (без врахування ФЕП) зростуть до 120 млн тонн, в той час, як кількість відпрацьованих ФЕП може досягнути 60-78 млн тонн, що становить приблизно половину від утвореної маси ВЕЕО.

Такі темпи росту утворення ВЕЕО та відпрацьованих ФЕП зокрема, створюють виклик для існуючих систем управління відходами. Важливим аспектом є питання поводження з матеріалами, з яких складаються панелі. Типова кристалічна фотоелектрична панель, на яку припадає 97,5% від загальної кількості ФЕП, містить 76% скла, 10% полімеру, 8% алюмінію, 5% кремнію та 1% міді. Крім того, у складі панелей містяться рідкісні та токсичні метали, як-от срібло, індій, галій та свинець, кадмій, олово, які можуть спричинити додаткові екологічні загрози за відсутності комплексного підходу щодо обробки та можливого подальшого рециклінгу металів. Отже, відходи ФЕП – це, з одного боку, небезпечні відходи, а з іншого – потенційна вторинна сировина.

Наразі більша частина відходів ФЕП не переробляється через відсутність системи переробки, що спричиняє певні наслідки у довгостроковій перспективі. Для зменшення негативного впливу на довкілля, потрібно вкладати інвестиції не лише в виробництво та експлуатацію, але і в розвиток стратегії утилізації відходів ФЕП, враховуючи постійний зростаючий їх обсяг. Як варіант, можна розглядати поширення принципу розширеної відповідальності виробника (РВВ) на відходи ФЕП.

Таким чином, зростання кількості ФЕП є важливим фактором у формуванні ВЕЕО, що потребує адекватного врегулювання на державному рівні. Розробка національних і міжнародних програм з утилізації ФЕП, а також дослідження можливостей повторного використання матеріалів, є критично важливими для мінімізації екологічних ризиків у майбутньому. До того ж наявність рідкоземельних елементів в складі різновиду відпрацьованих ФЕП, роблять їх потенційним джерелом критичної сировини, яка є визначальним фактором економічного розвитку.