

Карнаш Максим Олегович,
*професор кафедри архітектури та будівництва,
доктор технічних наук, професор,
ЗВО «Університет Короля Данила»,
м. Івано-Франківськ, Україна;*

Жовтуля Любомир Ярославович,
*доцент кафедри архітектури та будівництва,
кандидат технічних наук,
ЗВО «Університет Короля Данила»,
м. Івано-Франківськ, Україна;*

Яворський Андрій Вікторович,
*доцент кафедри
інформаційно-вимірювальних технологій,
кандидат технічних наук,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна;*

Васечко Валентин Богданович,
*асистент кафедри архітектури та будівництва,
ЗВО «Університет Короля Данила»,
м. Івано-Франківськ, Україна*

ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ В ЛАНЦЮЖКУ ВІДНОВЛЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

Глобальний перехід до відновлюваних джерел енергії призвів до значного збільшення обсягів встановлення фотоелектричних (ФЕ) систем. За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), у 2023 році світова встановлена потужність сонячних фотоелектричних систем досягла 1419 ГВт, порівняно з 40 ГВт у 2010 році [1]. На конференції зі зміни клімату COP28 у Дубаї понад 130 національних урядів, у тому числі Європейський Союз, погодилися працювати разом, щоб потроїти світові встановлені потужності відновлюваних джерел енергії щонайменше до 11 000 ГВт до 2030 року. Однак таке стрімке зростання також призводить до збільшення кількості виведених з експлуатації фотоелектричних модулів, що породжує нову проблему - переробку цих модулів. Дана робота є частиною дослідження потенціалу України у вирішенні цієї проблеми та перетворенні її на економічну можливість. Дослідження проводиться в рамках реалізації проєкту Retrieve Університетом Короля Данила, що спів фінансується Європейським Союзом.

Україна з її потужним промисловим сектором та кваліфікованою робочою силою має всі можливості для того, щоб зробити свій внесок у глобальні зусилля

з переробки фотоелектричних модулів. Потужний досвід країни в металургії, хімії та машинобудуванні забезпечує міцну основу для розвитку технологій переробки.

За доступними даними, станом на початок 2022 року встановлена потужність сонячних електростанцій в країні перевищила 8 ГВт. Враховуючи, що 98% потужностей встановлено після 2010 року, також 90% потужностей встановлено після 2018 року, а середній термін експлуатації фотоелектричних модулів становить близько 25-30 років, можна припустити, що 2035-2048 роки Україна матиме значний обсяг виведених з експлуатації фотоелектричних модулів, які потребуватимуть переробки.

Україна займає 8 місце по величині загальної встановленої потужності фотоелектричних станцій (ФЕС) на теренах Європи станом на 2022 рік при чому, порівнюючи із 2021 роком, вона поступилась однією позицією, що спричинено пошкодженням частини встановлених потужностей у результаті воєнних дій. Станом на кінець 2021 року сумарна потужність сонячних електростанцій склала 8062 МВт (без урахування тих, що знаходяться на тимчасово окупованих територіях) [2].

Окрім планового виводу з експлуатації ФЕМ, які є технічно застарілими і недосконалыми, необхідність в утилізації ФЕМ на українських СЕС викликаний наступними причинами:

- Виникнення дефектів ФЕМ на стадії монтажу СЕС (встановити відсоток таких ФЕМ можна тільки на основі опитувальника);
- Виникнення дефектів ФЕМ під час експлуатації СЕС (типова проблема для українських ФЕС – фотомодулі низької якості з коротким терміном служби та високою деградацією;
- Повне руйнування ФЕМ внаслідок пожежі, стихійного лиха;
- Руйнування ФЕС внаслідок військових дій. Успіхи останніх років у галузі сонячної енергетики України були зруйновані через вторгнення. Значних руйнувань зазнала інфраструктура, адже понад 60% ФЕС розташовано в південних регіонах, де саме зараз йдуть активні бойові дії. За різними оцінками, майже 40% сонячних електростанцій на півдні України було пошкоджено.

Згідно з дослідженням Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), кожен ГВт встановленої сонячної фотоелектричної потужності може генерувати близько 60-78 тонн відходів до кінця терміну експлуатації. Виходячи з цього, Україна накопичить біля 60 тон відходів фотоелектричних модулів до 2035, а до 2048 року ця кількість зросте до 500 тон, що підкреслює нагальність розвитку потужного сектору переробки фотоелектричних модулів, адже більшу частину матеріалів можна переробити чи використати повторно, замість викидати на звалище. Таким чином, вже зараз

гостро постає питання, щодо законодавчого регулювання процесу утилізації ФЕМ і пошук найбільш ефективних технологій їх переробки з метою реалізації моделі економіки замкненого циклу.

Відходи електричного та електронного обладнання в ЄС (WEEE) Директива зобов'язує всіх виробників, які постачають фотоелектричні панелі на ринок ЄС, фінансувати витрати на збір та переробка фотоелектричних панелей EOL в Європі. В даний час у багатьох країнах передбачено управління переробкою фотоелектричної енергії розширити обов'язки виробників фотоелектричних матеріалів, щоб охопити їхню можливу утилізацію або повторне використання.

Відновлення фотоелектричних модулів вимагає певної сировини та компонентів, багато з яких можуть бути здобуті в Україні. Наприклад, кремній та інші матеріали для фотоелектричних панелей мають потенціал до видобутку та переробки на місцях. У 2004-2009 роках в Україні було сконцентровано 40-50% світового виробництва «сонячного» кремнію. Україна мала замкнутий цикл виробництва фотовольтаїки. Запорізьке акціонерне товариство “Завод напівпровідників” виготовляло полікремній. Це найбільш капіталоемна і складна частина технологічного ланцюжка сонячної енергетики. Крім України, базову сировину на той час виробляла лише Німеччина і Норвегія. У 2009-2010 роках Китай ввів у експлуатацію нові виробничі потужності у галузі сонячної енергетики – як результат, європейські виробники сонячних елементів і фотоелектричних модулів почали втрачати ринок, а українські заводи – скорочувати виробництво напівпровідникової сировини і фотоелектричних модулів. Новим диханням для виробничих потужностей може стати розвиток в напрямку переробки фотовольтаїчних модулів.

Незважаючи на потенціал, Україна стикається з низкою проблем у секторі переробки фотоелектричних модулів. До них відносяться відсутність спеціального законодавства щодо переробки сонячних панелей, обмежена обізнаність про важливість переробки фотоелектричних модулів та потреба у значних інвестиціях у переробні потужності.

Однак ці виклики також представляють можливості. Розробка комплексної законодавчої бази може стимулювати інвестиції та забезпечити екологічно безпечну практику переробки. Підвищення обізнаності про важливість переробки фотоелектричних модулів може сприяти розвитку культури сталого розвитку та ресурсоефективності. Крім того, створення переробних потужностей може створити нові робочі місця та стимулювати економічне зростання.

Список використаних джерел

1. IEA (2024). Renewables 2023, IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>, Licence: CC BY 4.0

2. IRENA (2024). Renewable capacity statistics 2024, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. URL: https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2024.pdf?rev=a587503ac9a2435c8d13e40081d2ec34

*Карчевський Микола Віталійович,
професор кафедри кримінального права і кримінології,
Львівський державний університет внутрішніх справ,
головний науковий співробітник
відділу дослідження проблем кримінального права,
Науково-дослідний інститут вивчення проблем злочинності
імені академіка В. В. Сташиса НАПрН України,
доктор юридичних наук, професор,
м. Івано-Франківськ, Україна*

ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ЗЛОЧИННОСТІ: ОЧІКУВАННЯ ТА РЕАЛЬНІСТЬ¹

Сучасний юридичний дискурс щодо штучного інтелекту фокусований на питанні соціалізації штучного інтелекту, поміщенні технологій у соціальний контекст, мінімізації негативних наслідків їх використання та забезпечення максимально можливих переваг. Зміст обговорюваних проблем змінився від доцільності заборони чи регулювання та визнання штучного інтелекту суб'єктом права до класифікації сфер використання штучного інтелекту, визначення та оцінки ризиків використання, формулювання юридичних запобіжників цих ризиків.

Такий зміст дискурсу зумовлений значним розширенням сфери фактичного застосування технологій штучного інтелекту. За останні двадцять років штучний інтелект пройшов шлях від наукової абстракції та концептуальних моделей до практичних задач та повсякденного використання. Системи штучного інтелекту використовуються практично в усіх сферах діяльності людини[1].

¹ Тези підготовлено в межах фундаментальної теми «Теоретичні, законодавчі та правозастосовні проблеми кримінально-правової охорони інформаційної безпеки в Україні» (номер державної реєстрації 0121U114324).