
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 911.9:620.91

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.19>

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АГРОФОТОВОЛЬТАЇКИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Лемага Н.М.

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Університетська, 1, 79007, м. Львів
nadiia.lemega@lnu.edu.ua

Львівська область є однією із передових областей у західному регіоні щодо розвитку сонячної енергетики. Зокрема, тут була збудована перша сонячна станція на заході країни у 2012 році та розміщена найбільша сонячна станція в регіоні.

Розвиток сонячної енергетики є одним із ключових пріоритетів в Україні в цілому та Львівській області зокрема. Через вигідне географічне положення рівнинна територія області має хороші передумови для розвитку сонячної енергетики. Зокрема, рівнинна територія області має високі показники глобального горизонтального опромінення, які необхідні для розвитку сонячної енергетики. Найменші показники глобального горизонтального опромінення характерні для гірської частини області, зокрема для Сколівських Бескидів. Так, у Львівській області частка сонячної енергетики у встановленій потужності від об'єктів відновлюваної енергетики становить 91% (2022 рік).

Проте, однією з головних проблем при будівництві сонячних електростанцій є значна площа станції. У Львівській області для вироблення 1 МВт електроенергії використовують ділянки з площею, яка коливається від 0,0028 км² до 0,0068 км². Така відмінність у площі залежить в першу чергу від природніх передумов, а також від встановлених типів фотоелектричних панелей. Сучасні сонячні панелі мають коефіцієнт корисної дії до 20%.

Саме тому, доцільно використовувати агрофотовольтаїчні системи при будівництві сонячних станцій в майбутньому в області. Головна мета – ефективно використання площі, яка використовується для будівництва сонячних станцій в цілях вирощування сільськогосподарських культур. Це дозволить ефективно використати площу під встановлення сонячних панелей. В цілях агрофотовольтаїки пропонуємо розглядати деградовані та малопродуктивні землі у межах області, а також як пілотні проекти – вирощування фотоелектричних систем для садів у Городоцькій громаді Львівського району.

Станом на сьогодні агрофотовольтаїчні системи малопоширені у Львівській області, а в промисловому масштабі – не поширені. Цей напрямок енергетики є доволі перспективним та потребує додаткового вивчення та впровадження у області.
Ключові слова: відновлювана енергетика, сонячна енергетика, деградовані землі, агрофотовольтаїка, відновлювані джерела енергії, Львівська область.

Prospects for the development of agro-photovoltaics in the Lviv region. Lemeha N.

Lviv region is one of the leading regions in the Western region in terms of solar energy development. In particular, the first solar power plant in the west of the country was built here in 2012 and is the largest solar power plant in the region.

The development of solar energy is one of the key priorities in Ukraine in general and Lviv region in particular. Due to its favourable geographical location, the region's flat territory has good prerequisites for the development of solar energy. In particular, the plain territory of the region has high global horizontal irradiation, which is essential for the development of solar energy. The lowest global horizontal exposure rates are typical for the mountainous part of the region, in particular for the Skole Beskydy. In Lviv region, the percentage of solar energy in the installed capacity of renewable energy facilities is 91% (2022).

However, one of the main problems in the construction of solar power plants is the large area of the plant. In the Lviv region, plots with an area ranging from 0.0028 km² to 0.0068 km² are used to generate 1 MW of electricity. This variation in area depends primarily on the natural conditions and the types of photovoltaic panels installed. Modern solar panels have an efficiency of up to 20%.

That is why it is advisable to use agro-photovoltaic systems in the construction of solar power plants in the region in the future. The main goal is to make efficient use of the area used for the construction of solar power plants for growing crops. This will allow for efficient use of the area for the installation of solar panels. For the purposes of agro-photovoltaics, we propose to consider degraded and unproductive lands within the region, as well as to grow photovoltaic systems for gardens in the Horodok community of Lviv district as pilot projects.

As of today, agro-photovoltaic systems are not widespread in Lviv region, and they are not widespread on an industrial scale. This area of energy is quite promising and requires further study and implementation in the region. *Key words:* renewable energy, solar energy, degraded land, agro-photovoltaics, renewable energy sources, Lviv region.

Постановка проблеми. Однією із головних проблем розвитку сонячної енергетики слід віднести значні площі під станцій. У Львівській області для вироблення 1 МВт електроенергії використовують ділянки з площею, яка коливається від 0,0028 км² до 0,0068 км². Така відмінність у площі залежить в першу чергу від природніх передумов, а також від встановлених типів фотоелектричних панелей.

У цілях сонячної енергетики слід використовувати деградовані та малопродуктивні землі. Проте, за умови впровадження технології агрофотовольтаїки в області можна будувати сонячні станції на землях сільськогосподарського призначення.

Актуальність дослідження. Надзвичайно важливим для Львівської області є забезпечення виробництва чистої електроенергії при тому, з мінімальним впливом на довкілля. Саме тому, впровадження агрофотовольтаїки допоможе забезпечити баланс між енергетикою та сільськогосподарським виробництвом в області.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Досліджено тенденції розвитку агрофотовольтаїки та можливості впровадження у Львівській області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями перспектив використання агрофотовольтаїчної сонячної станції для поєднання виробництва електроенергії, збереження ґрунтів та застосування їх у сільському господарстві займаються у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу [1], можливості впровадження агрофотовольтаїки як новий ландшафтотворчий елемент малих поселень – у Національному університеті «Львівська Політехніка» [2]. Ефективність використання агрофотовольтаїки вивчали науковці Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» [3].

Метою роботи є оцінка потенціалу розвитку агрофотовольтаїки та можливості впровадження у Львівській області.

Новизна. У статті досліджено тенденції розвитку агрофотовольтаїки та можливості впровадження у Львівській області.

Методологічне значення. Для оцінки агрофотовольтаїки використано дані міжнародних наукових публікацій, офіційних ресурсів виробників сонячних панелей, попередніх наукових досліджень, проаналізовано перспективи впровадження агрофотовольтаїки у Львівській області.

Викладення основного матеріалу. Львівська область має вдале географічне положення для розвитку сонячної енергетики, а також такого напрямку як агрофотовольтаїка.

За визначенням В. Ференца [3] агрофотовольтаїка – одночасне використання землі для «збирання» сонячної енергії та ведення сільського господарства. Колектив авторів І. Ващишак, С. Ващишак [1] під визначенням агрофотовольтаїка розуміють сонячні електростанції, які розміщені над ґрунтами сільськогосподарського призначення та повинні забезпечувати певний рівень урожайності при одночасному генеруванні електроенергії.

Концепцію агрофотовольтаїки буда запропоновану у 1982 році Арміном Застроу та Адольфом Гетцбергером. Головна мета – ефективно викори-

стання площі, яка використовується для будівництва сонячних станцій в цілях вирощування сільськогосподарських культур. Для максимальної ефективності таких систем необхідно правильно обрати культури та правильний кут розміщення сонячних панелей [4].

На двох верхніх рисунках (рис. 1,а) бачимо два різні поля площею по 1 га, де на одному 100% засіяно пшеницю, а на іншому – 100% встановлено сонячними панелями. Якщо другому випадку засіяти 80% пшеницею та встановити 80% поля сонячними панелями на двох рівноцінних полях, то в такому випадку збільшується ефективність на понад 60% як вражаю пшениці, так і виробництва електроенергії.

При вирощуванні картоплі, цей показник становитиме 86%.

Основна техніка агрофотовольтаїки подана на рис. 1–2.

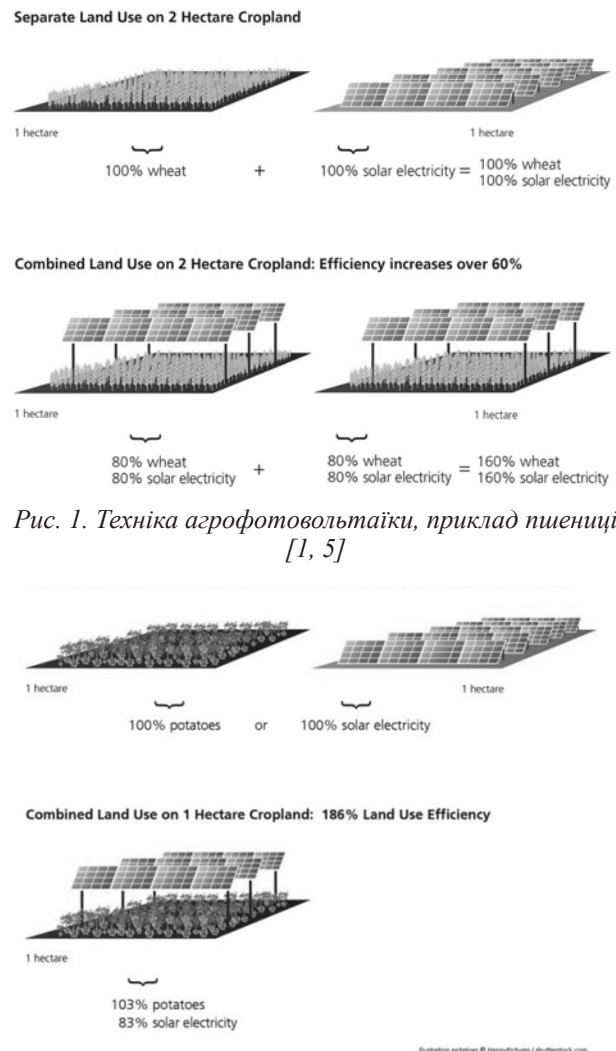


Рис. 1. Техніка агрофотовольтаїки, приклад пшениці [1, 5]

Рис. 2. Техніка агрофотовольтаїки, приклад картоплі [3, 7]

Серед головних переваг агрофотовольтаїки слід виділити захист посівів та врожаю від екстремаль-

них погодних умов, зокрема вітру, злив, спеки тощо. Також з використанням агрофотовольтаїки можна підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Проте є й ряд недоліків, зокрема великі витрати, проблеми захисту ґрунтів, в також збалансоване сільськогосподарське виробництво та виробництво електроенергії [6].

Ще одним важливим елементом для розвитку агрофотовольтаїки є вибір культур, які можна вирощувати. До таких культур можна віднести квасолю, перець, помідори, капуста тощо [6].

Існує три головні типи агрофотовольтаїки:

– стаціонарні сонячні панелі над посівом культур;

– підняті (навісні) сонячні панелі;

– сонячні теплиці.

Розглянемо детальніше кожен із типів. Стаціонарні сонячні панелі над посівом культур – це найпоширеніший тип агрофотовольтаїки для великомасштабних проектів (потужністю понад 5 МВт) і полягає у встановленні наземних сонячних станцій, а поміж ними – вирощування сільськогосподарських культур (рис. 3,а). Серед переваг такого типу станцій слід віднести захист врожаю від несприятливих погодних умов, а також покращення росту врожаю [7].

Наступний тип – підняті (навісні) сонячні панелі, який полягає у розташування сонячних панелей на висоті (від 2,5 до 5 м в залежності від типу культури). Цей тип агрофотовольтаїки часто використовується у сажах та виноградниках (рис. 3,б) [7, 8].

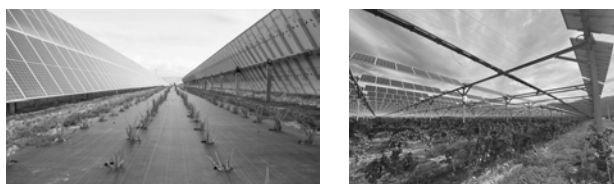


Рис. 3. а) Стаціонарні сонячні панелі над посівом культур [7], б) Підняті (навісні) сонячні панелі, виноградники у Франції [8]

Не менш важливий тип – сонячні теплиці. Зокрема, теплиці, які повністю працюють від сонячної енергії та забезпечують власні потреби електроенергією (рис. 4) [7].



Рис. 4. Приклад сонячних теплиць [9]

У межах Львівської області хороші передумови розвитку агрофотовольтаїки. Зокрема, для потреб сонячної енергетики необхідна значна територія. Для максимально ефективного використання території доцільно встановлювати агрофотовольтаїчні системи.

Більшість промислових СЕС у Львівській області розміщені в межах ареалу із достатнім показником інсоляції (1 130–1 139 кВт год/м²), за винятком Бориславської СЕС, яка розміщена в межах Передкарпаття на межі з гірською частиною Карпат, де показник інсоляції є порівняно нижчим (1 110–1 119 кВт год/м²). Вісім СЕС побудовано в регіоні з найвищими показниками інсоляції (Львівський та Стрийський райони), проте їхня сумарна встановлена потужність у разі поступається потужностям СЕС, які побудовані у Яворівському районі (рис. 5) [10].

В цілях агрофотовольтаїки пропонуємо розглядати деградовані та малопродуктивні землі у межах області, а також як пілотні проекти – вирощування фотоелектричних систем для садів у Городоцькій громаді Львівського району (рис. 6).

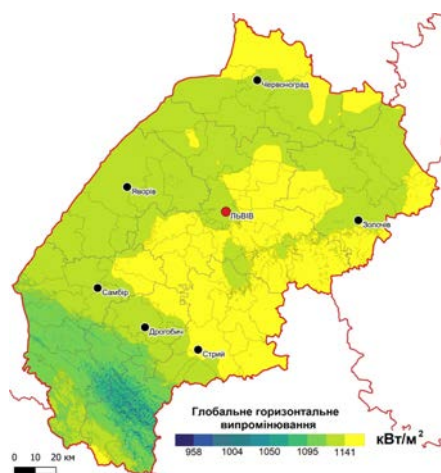


Рис. 5. Глобальне горизонтальне опромінення у Львівській області [11]

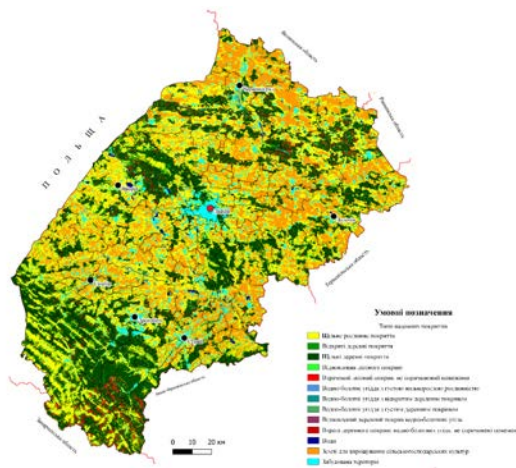


Рис. 6. Типи наземного покриття у Львівській області [12]

Агрофотовольтаїка у Львівській області може стати одним із перспективних напрямків в аграрному секторі, зокрема для наступних рішень:

– забезпечити ефективність використання земель сільськогосподарського призначення, зокрема за рахунок використання агрофотовольтаїчних систем можна збільшити продуктивність сільськогосподарських культур та зменшити площі, які відведені під класичні сонячні станції;

– у поєднанні з енергетичними культурами – забезпечити вирощування енергетичних культур та виробництва чистої електроенергії на одній площі;

– впровадження сонячних теплиць у фермерські господарства області;

– використання навісних сонячних систем для садівництва.

Станом на сьогодні агрофотовольтаїчні системи малопоширені у Львівській області, а в промисловому масштабі – не поширені. Цей напрямок

енергетики є доволі перспективним та потребує додаткового вивчення та впровадження у області.

Висновки. Пропонуємо на розгляд такі головні висновки:

1. Рівнинна частина Львівської області має вдале географічне положення, що дозволяє розвивати як і сонячну енергетику так і агрофотовольтаїку.

2. Агрофотовольтаїка може забезпечити ефективність використання земель сільськогосподарського призначення, вирощування енергетичних культур та виробництва чистої електроенергії на одній площі.

3. Перспективним для Львівської області є впровадження сонячних теплиць у фермерські господарства, а також використання навісних сонячних систем для садівництва.

4. Розвиток агрофотовольтаїки є важливим фактором для досягнення кліматичної нейтральності та енергонезалежності Львівської області.

Література

1. Ващишак І. Р., Ващишак С. П. Агрофотовольтаїчна сонячна станція з вимірювальними каналами IoT. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2020. Т. 30, № 2. С. 129–134. DOI: <https://doi.org/10.36930/40300223>.
2. Смалійчук А., Хіблін Д. Агровиробництво та продовольча безпека як фактор змін архітектурних об'єктів та урбанізованих територій у другій половині XXI ст. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. Архітектура. 2022. Vol. 4, Iss. 2. С. 170–177. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPARX_2022_4_2_21.
3. Ференц В. І. Ефективність використання агрофотовольтаїки. *Відновлювана енергетика*. 2024. № 4(75). С. 55–63. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.4\(75\).55-63](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2023.4(75).55-63).
4. Weselek A., Ehmann A., Zikeli S. та ін. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Т. 39, № 35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>.
5. The history of agrivoltaic. *Renewablepedia* : веб-сайт. – URL: <https://renewablepedia.com/the-history-of-agrivoltaic/> (дата звернення: 02.09.2024).
6. Agri-photovoltaic: Solar boom in agriculture. *Agtecher* : веб-сайт. – URL: <https://agtecher.com/uk/agri-photovoltaic-solar-boom-in-agriculture/> (дата звернення: 02.09.2024).
7. Agrivoltaics: How solar panels are changing agriculture. *Maysun Solar* : веб-сайт. – URL: <https://www.maysunsolar.com/blog-agrivoltaics-how-solar-panels-are-changing-agriculture/> (дата звернення: 02.09.2024).
8. Solar panels help French winemaker keep climate change at bay. *Reuters* : веб-сайт. – 04 жовтня 2021 р. – URL: <https://www.reuters.com/business/environment/solar-panels-help-french-winemaker-keep-climate-change-bay-2021-10-04/> (дата звернення: 02.09.2024).
9. Photovoltaic Greenhouses – Smart Use of the Land. *CRTS Group* : веб-сайт. – URL: https://www.crtsgroup.com/en/engineering_talks/photovoltaic-greenhouses-smart-use-of-the-land/ (дата звернення: 02.09.2024).
10. Геоєкологія Львівської області : монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
11. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Кліматичні чинники та їхня роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки*. 2022. № 6 (45). С. 54–59. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.есо.6-45.9>.
12. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Циганок Л. В., Вижва А. М., Абдуллаєв Ф. Ш., Лопушанська Ю. Р. Роль географічних чинників у розвитку біоенергетики у Львівській області. *Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXV-ої міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 22–24 травня 2024 р.). Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2024. С. 489–490.