

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АГРОФОТОВОЛЬТАЇКИ

Отримано 13 жов. 2023 р.; рекомендовано до публікації 20 груд. 2023 р.
Доступно онлайн 30 груд. 2023 р.

В. І. Ференц¹

Автор для кореспонденції: Владислав Ференц,
e-mail: vladferenc@gmail.com

¹ магістр.
<https://orcid.org/0000-0003-2484-0058>

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», м. Київ

Агрофотовольтаїка – новітня технологія, що поєднує виробництво сонячної енергії з вирощуванням агрокультур. У статті йдеться про перспективи для сучасного сільського господарства, яке стикається з викликами кліматичних змін та зростаючої потреби в енергоефективності.

Технологія Agri-PV (агрофотовольтаїка) передбачає покращення показника ефективності використання площі земної поверхні агропромислового сектору за рахунок синергетичного поєднання установок відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та сільського господарства. Мається на увазі встановлення фотоелектричних панелей на певній висоті, залежно від виду вирощуваної культури, над полями сільськогосподарських угідь. У цьому контексті агрофотовольтаїка пропонує інноваційне ефективне й економічно вигідне рішення для розвитку сталого сільського господарства та водночас переходу до чистої енергії.

Починаючи з огляду технології агрофотовольтаїки, досліджується, як точно інтегровані фотоелектричні модулі між агрокультурами не тільки виробляють електрику, але й покращують умови для росту рослин, захищаючи їх від екстремальних погодних умов та забезпечуючи оптимальний мікроклімат.

Стаття також висвітлює різні кейс-стаді з усього світу, де агрофотовольтаїка вже впроваджена та показує позитивні результати. Від ферм у Європі до яблуневих садів у Німеччині, дослідження демонструє, як агрофотовольтаїка збільшує ефективність використання земельних ресурсів, зменшує водні витрати та підвищує загальну продуктивність.

Крім того, стаття розглядає цілі Спільної сільськогосподарської політики ЄС, які спрямовані на підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва, збереження довкілля та запобігання змінам клімату. Такий всеосяжний підхід надає читачам глибоке розуміння комплексності та мультифункціональності агрофотовольтаїки.

Роз'яснення критеріїв оцінювання проєктів Agri-PV дозволить зрозуміти, на чому акцентують увагу проєктанти та розробники цих систем на стадії проєктування та імплементації готових рішень в реальне життя, орієнтуючись на сфери сільського господарства, охорони довкілля, соціально-економічного сектору та оцінку життєвого циклу.

Ключові слова: сонячна енергетика, агрофотовольтаїка, сонячні панелі, спільна сільськогосподарська політика, відновлювані джерела енергії.

EFFICIENCY OF AGRO-PHOTOVOLTAICS USE

Received Nov. 13, 2023; accepted Dec. 20, 2023

Available online Dec. 30, 2023

V. Ferents¹

Author for correspondence: Vladyslav Ferents,
e-mail: vladferenc@gmail.com

¹ magister.
<https://orcid.org/0000-0003-2484-0058>

¹ National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv,
Ukraine

Agro-photovoltaics is a new technology that combines solar energy production with crop production. This article discusses the prospects for modern agriculture, which faces the challenges of climate change and the growing need for energy efficiency.

The Agri-PV (agro-photovoltaics) technology aims to improve the efficiency of the use of the land surface area of the agricultural sector through the synergistic combination of renewable energy sources (RES) and agriculture.

This implies the installation of photovoltaic panels at a certain height, depending on the type of crop grown, above the fields of agricultural land. In this context, agro-photovoltaics offers an innovative, efficient and cost-effective product solution for simultaneously promoting sustainable agriculture and the transition to clean energy.

Starting with an overview of agro-photovoltaics technology, the paper explores how precisely integrated photovoltaic modules between crops not only generate electricity, but also improve the conditions for plant growth by protecting them from extreme weather conditions and providing an optimal microclimate.

The article also highlights various case studies from around the world where agro-photovoltaics has already been implemented and is showing positive results. From farms in Europe to apple orchards in Germany, the study demonstrates how agro-photovoltaics increases land use efficiency, reduces water consumption, and increases overall productivity.

In addition, the article discusses the goals of the Common Agricultural Policy, which aim to improve the environment, climate and productivity. This comprehensive approach provides readers with a deeper understanding of the complexity and multifunctionality of agro-photovoltaics.

Clarification of the criteria for evaluating Agri-PV projects will allow us to understand what designers and developers of these systems focus on at the design stage and implementation of ready-made solutions in real life, focusing on the areas of agriculture, environment, socio-economic sector, and life cycle assessment.

Keywords: solar energy, agro-photovoltaics, solar panels, common agricultural policy, renewable energy sources.

Перелік використаних скорочень та позначень

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

RES – renewable energy sources; відновлювані джерела енергії

Agri-PV – a way of combining energy production and food production on the same plot of land; спосіб поєднання виробництва енергії та виробництва продуктів харчування на одній земельній ділянці

CO_2e – еквівалент двоокису вуглецю: кількість вуглекислого газу, яка спричинила б такий самий парниковий ефект, як і ця кількість якогось іншого парникового газу

CAP – Common Agricultural Policy; спільна сільськогосподарська політика

ФЕМ – фотоелектричний модуль

PV – photovoltaics; фотовольтаїка (фотовольтаїчні)

ЄС – Європейський Союз

SAC – Sustainable Agriculture Concept; концепція сталого сільського господарства

га – гектар

Мт – $1 \cdot 10^6$ тонн

ГВт – $1 \cdot 10^9$ ват

МВт – $1 \cdot 10^6$ ват

кВт – $1 \cdot 10^3$ ват

Вступ. Агрофотовольтаїка – одночасне використання землі для «збирання» сонячної енергії та ведення сільського господарства. Це галузь ресурсощадного землекористування, що швидко розвивається і має неймовірний потенціал.

Агрофотовольтаїка дає нам змогу відійти від традиційної конкуренції за землекористування до нової парадигми на основі синергії між сільським господарством і відновлюваною енергією. Вона об'єднує два основні

сектори нашого суспільства та економіки: сільське господарство та енергетику.

Агроелектричні системи можуть підвищити ефективність землекористування до 60–70 %, порівняно з еквівалентом моносистеми. Експериментальна система Agri-PV у Німеччині дозволила збільшити урожай картоплі до 103 %, тоді як фотоелектричні системи генерували 83 % електроенергії, яка була б вироблена на аналогічній земельній ділянці, що сприяло збільшенню ефективності землекористування на 86 % (рис. 1).

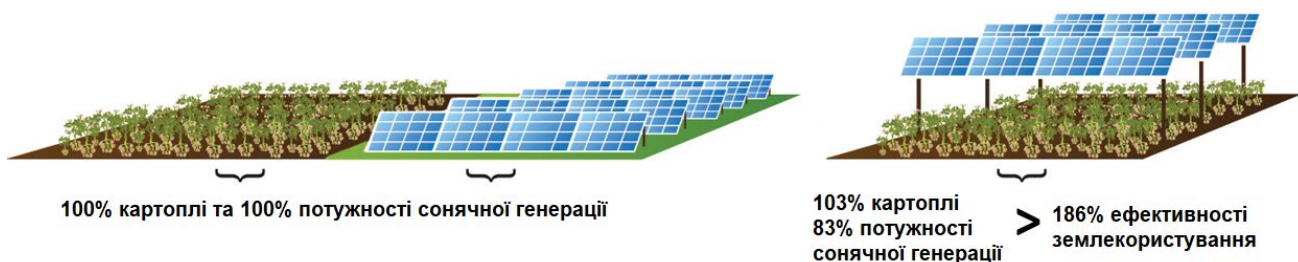


Рис. 1. Ілюстрація застосування системи Agri-PV

Fig. 1. Illustration of the Agri-PV system application

Розширення співпраці між сонячною енергетикою і сільським господарством має вагоме значення для розв'язання одного з найважливіших питань, що є основою наших сучасних засобів існування, виробництва їжі та виробництва електроенергії, а саме: доступ до землі та її раціональне використання. Кожен проєкт є унікальним, оскільки він має бути адаптований до місцевих агрономічних, екологічних і соціально-економічних умов на території його запровадження, а також адаптований до потреб фермерів та інших відповідних зацікавлених сторін.

Крім того, агрофотовольтаїка є рентабельною та має величезний потенціал у зонах із посушливим кліматом, може стимулювати сталий розвиток сільської місцевості та посилити захист біорізноманіття.

Технологія також сприятиме пришвидшенню переходу до «зеленої» енергії, щоб підвищити стійкість галузі та її незалежність від сезонних / річних коливань цін на вуглеводневе паливо для транспортних та сільськогосподарських машин.

Постановка завдання. Огляд технології спільного використання землі для вирощування агрокультур та роботи установок ВДЕ. Ознайомлення з основними аспектами технології. Огляд реалізованих проєктів.

Результати дослідження. Завданням цього дослідження є ознайомлення з перспективною технологією Agri-PV, огляд її ефективності та з'ясування критеріїв оцінювання проєктів Agri-PV.

Стратегія застосування агрофотовольтаїки в країнах ЄС. Агрофотовольтаїка як засіб боротьби зі зміною клімату

Сільське господарство є одним із соціально-економічних секторів, який найбільше залежить від клімату, і зміна клімату впливає на цей сектор комплексно. Ця галузь господарства особливо чутлива до зміни клімату через зростаючу мінливість тривалості та кількості опадів, а також збільшення екстремальних погодних і кліматичних явищ, як-от високі середні температури або тривалі посухи. Між 2007 та 2016 роками температура поверхні суші в Європі була приблизно на 1,6 °C теплішою, ніж у доіндустріальний час.

Сільськогосподарський сектор також робить свій внесок у зміну клімату, оскільки сільськогосподарська практика вплинула на глобальні цикли вуглецю, води та поживних речовин. Сільське господарство є другим найбільшим джерелом викидів парникових газів у ЄС після енергетичного сектору. Тоді як викиди, пов'язані з енергетикою, безперервно знижувалися протягом останніх десятиліть, викиди від сільського господарства залишалися майже постійними на рівні приблизно 60 Мт CO_2e на рік.

Іншою ключовою проблемою, з якою зараз стикаються багато країн ЄС, є зменшення площ сільськогосподарських земель, пов'язане зі спорудженням нових житлових і промислових об'єктів, а також розгортанням наземних

установок відновлюваної енергії, зокрема наземних сонячних установок.

Паралельно Європейський Союз має амбіції модернізувати свою сільськогосподарську політику відповідно до своїх кліматичних амбіцій. З цією метою Європейська комісія запропонувала переглянути Спільну сільськогосподарську політику (Common Agricultural Policy – CAP). У червні 2020 року Європейська Комісія також запустила Стратегії «Від ферми до столу» та «Біорізноманіття» (the Farm to Fork and the Biodiversity Strategies), щоб зупинити втрату біорізноманіття в Європі та підвищити стійкість харчової системи. У цьому контексті агрофотовольтаїка пропонує інноваційне ефективне й економічно вигідне рішення для розвитку сталого сільського господарства та водночас переходу до чистої енергії.

Це різноманітні бізнес-моделі, спільно розроблені в галузі сонячної енергетики та сільськогосподарському секторі, наприклад агрофотовольтаїчні (Agri-PV) системи. Це також розміщення ФЕМ на даху сільськогосподарських будівель або, наприклад, електроживлення сільськогосподарської техніки за допомогою сонячних панелей.

Агрофотовольтаїка пропонує готове рішення для зменшення викидів парникових газів від енергетичного сектору, додаткового збільшення потужності генерації сонячної енергії, зменшення впливу сільського господарства на довкілля та розвиток сільської місцевості.

Потенціал агрофотовольтаїки в ЄС величезний. Якби сонячна енергія використовувалася лише на 1 % орних земель Європи, її технічна потужність становила б понад 900 ГВт, що більш як ушестеро перевищує встановлену PV потужність в ЄС. Із цього погляду агрофотовольтаїка може бути центральним елементом для досягнення цілей покращення клімату ЄС.

Цілі Спільної сільськогосподарської політики, спрямовані на підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва, збереження довкілля та запобігання змінам клімату.

Пропозиція Європейської комісії щодо модернізації Спільної сільськогосподарської політики (CAP) тісно пов'язана з прагненням «озеленення» Аграрної політики ЄС, адаптації її до соціально-економічних змін, енергетичних та кліматичних викликів. У світлі цього Європейська комісія запропонувала, щоб CAP прагнула досягнення 9 конкретних цілей, наведених на рис. 2.

Агрофотовольтаїка може прискорити перехід до концепції сталого сільського господарства (SAC), яка сприяє досягненню цілей Спільної сільськогосподарської політики (CAP), Європейської зеленої угоди, зокрема Європейського законодавства про клімат, Директиви про відновлювані джерела енергії, Стратегії «Від ферми до столу» та «Біорізноманіття» (the Farm to Fork and the Biodiversity Strategies). Зокрема, агрофотовольтаїка може:



Рис. 2. Цілі Спільної сільськогосподарської політики (CAP)

Fig. 2. Objectives of the Common Agricultural Policy (CAP)

1. Сприяти відповідальному використанню природних ресурсів, таких як земля і вода.
2. Сприяти впровадженню методів сталого сільського господарства.
3. Підвищити стійкість сільського господарства ЄС до зміни клімату та інших потрясінь і стресів.
4. Сприяти сталому розвитку сільської місцевості через вищі прибутки та нові можливості для бізнесу.

Критерії оцінювання проєктів Agri-PV

Агрофотовольтаїчний проєкт, який виконує обов'язкові критерії (Must criteria) Концепції сталого сільського господарства (SAC), кваліфікуватиметься як проєкт з рейтингом одна зірка. Якщо проєкт відповідає додатковим критеріям (Should criteria), наприклад, демонструючи синергію між фотоелектричною системою та сільськогосподарською діяльністю, або сприяє соціальному чи екологічному розвитку, він матиме рейтинг двох зірок. Ідеальний проєкт, який виконує додаткові критерії кращих у своєму класі (Could criteria), що максимізують агроенергетичну синергію або забезпечують значний позитивний вплив на екосистему, матиме тризірковий рейтинг (рис. 3).

Важливо мати на увазі, що, хоча виконання критеріїв Must criteria (табл. 1) є основною вимогою для того, щоб вважатися проєктом Agri-PV, виконання критеріїв Should criteria та Could criteria залишається необов'язковим. Невиконання одного чи кількох із цих необов'язкових критеріїв не перешкоджає жодній системі отримати вищий рейтинг якості. Важливо відзначити, що критерії, визначені в цих настановах, не є вичерпними і мають лише орієнтовне значення.

Приклади застосування агрофотовольтаїки у світі. Агрофотовольтаїка та плантації малини в Нідерландах

На плантаціях малини в Нідерландах встановлено напівпрозорі сонячні панелі замість плівкових тунелів для вирощування ягоди. Технологію Agrophotovoltaik (агрофотовольтаїка) від компанії BayWa R. E. впровадив фермер Піт Альберс.

Ряди фотомодулів встановлені на невеликій відстані один від одного (рис. 4). Така конструкція працює як система вентиляції, видаляючи вологе повітря і запобігаючи утворенню цвілі на ягодах. Тонка сітка розсіює і розподіляє дощ. Це допомагає уникнути пошкодження ягід важкими краплями води. Щоб забезпечити малину достатньою кількістю світла, використовуються спеціальні напівпрозорі кристалічні сонячні панелі, які пропускають 25 % сонячного світла.

«Кущі малини на висоті 2,5 м закрили сонячними модулями, які захищають чутливі рослини від сильного дощу і граду й одночасно виробляють електроенергію, – пояснює Едгар Гімбел, керівник підрозділу з проектування електростанцій компанії BayWa r.e. Solar Projects. – Ми розробили спеціальну монтажну систему з інтегрованими двометровими сонячними модулями, які покривають два ряди малинових кущів і нахилиються на 10 градусів на схід і захід».

«Технологія Agrophotovoltaik дозволяє контролювати врожайність і збирати ягоду протягом усього сезону безперервно, уникаючи піку дозрівання ягоди у період низької вартості, оскільки середня температура під рядами модулів приблизно на 5 градусів нижче, ніж у звичайних тунелях з прозорої плівки, – зазначає Едгар

Гімбел. – Збирачі малини можуть працювати і в середині дня, тому що температура на плантації не перевищує норму, а також «сонячні» тунелі можна використовувати 30 років, на відміну від плівкових, які необхідно міняти кожні 6 років».

Перші результати експерименту показали, що врожайність під напівпрозорими модулями потужністю 150 кВт приблизно на 20 % нижче, ніж під плівковими тунелями, але використання класичних модулів потужністю 175 кВт призвело до зниження врожайності вдвічі через затінення.

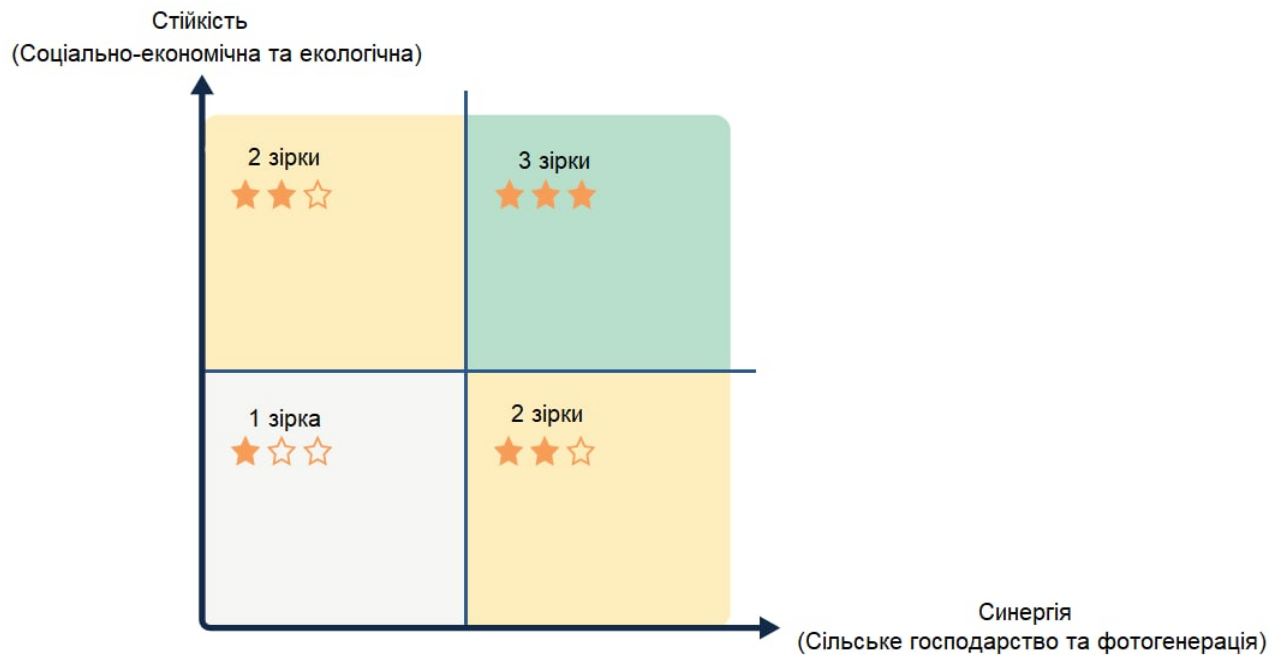


Рис. 3. Тризірковий еталон для проєктів Agri-PV

Fig. 3. Three-star benchmark for Agri-PV projects

Таблиця 1. Критерії оцінювання проєктів Agri-PV

Table 1. Agri-PV project evaluation criteria

	Обов'язкові критерії (Must criteria)	Додаткові критерії (Should criteria)	Додаткові критерії (Could criteria)
Сфера №1 Сільське господарство	Має концепцію SAC, яка містить загальну інформацію сільсько-господарської діяльності та фотогенерації системи, оцінку потреб сільськогосподарського учасника, інформацію про земельну ділянку проєкту, технічний план системи Agri-PV, оцінку використання обладнання / машин Задовольняє потреби сільськогосподарської діяльності та виробляє зелену електроенергію	Наявність синергії між фотогенерацією та сільським господарством Оцінка освітленості та мікрокліматичних умов Залучено водне господарство	Максимізація синергії між фотогенерацією та сільським господарством Покращення стійкості сільськогосподарської діяльності
Сфера №2 Довкілля	Ефективна оцінка впливу проєкту на довкілля (стандарт Оцінки впливу на довкілля) Оцінка впливу на ерозію ґрунтів, замулення ґрунтів, оцінка водності	Мінімальні норми збереження ґрунту під час будівництва та демонтажу Ефективна техніка, розкладаність конструкцій Підхід до життєвого циклу Зміна біорізноманіття, стійкіші методи ведення сільського господарства	Надання екосистемних послуг Збільшення заходів щодо збереження біорізноманіття (відсутність пестицидів, використання місцевого насіння) Регенерація ґрунту та вловлювання вуглецю

	Обов'язкові критерії (Must criteria)	Додаткові критерії (Should criteria)	Додаткові критерії (Could criteria)
Сфера №3 Соціально-економічний сектор	Наявність бізнес-плану проєкту Оцінка умов праці на фермі, включаючи міркування безпеки	Аналіз фінансових заощаджень протягом усього терміну служби від заміни матеріалів з коротким терміном служби Ступінь впливу на місцевий ланцюг поставок	Наявність плану дій, що враховує погляди та інтереси місцевих громад Створення / інтеграція в місцеве співтовариство сільськогосподарських та відновлюваних джерел енергії
Сфера №4 Оцінка життєвого циклу	Моніторинг продуктивності систем.	Збір даних щодо ефективності (сільськогосподарський, екологічний, енергетичний, соціально-економічний сектори)	Детальна оцінка ефективності наданих екосистемних і соціально-економічних послуг



Рис. 4. Захисні фотоелектричні панелі над посадками малини, Нідерланди

Fig. 4. Protective photovoltaic panels over raspberry plantings, the Netherlands

«Зараз працюємо над створенням нових напівпрозорих модулів зі світлопроникністю 33 %, – розповідає Едгар Гімбел. – У такому разі врожайність не знизиться більш ніж на 10 % порівняно зі звичайними плівковими тунелями».

Надалі Піт Альберс планує використовувати тунелі з сонячних панелей на всій малиновій плантації площею 3 га.

Успішне застосування агрофотовольтаїки в Україні

У 2020 році Харківським енергетичним кластером було запущено перший в Україні проєкт з агрофотовольтаїки за сприяння двох компаній з постачання й інсталяції сонячних панелей.

Як пояснює засновник Харківського енергетичного кластера та виконавчий директор Інституту сталого розвитку Станіслав Ігнат'єв, основні переваги інновації такі:

- земельна ділянка використовується відразу у двох видах господарювання, що збільшує економічний ефект;
- реалізується можливість підвищення урожайності, насамперед городини, за рахунок утворення мікроклімату для збереження вологи та дотримання

оптимальної температури, а також утворення штучної тіні у часи зеніту сонця;

- збільшується прибуток власника земельної ділянки (від продажу енергії та сільськогосподарської продукції) без додаткового навантаження на земельну ділянку.

За словами Станіслава Ігнат'єва, вітчизняний проєкт з агрофотовольтаїки було реалізовано на території СТОВ «Україна» Дергачівського району Харківської обл. Нове АГРО-ЕНЕРГЕТИЧНЕ господарство отримало назву «Солар Сمارт Енерджи» (Solar Smart Energy). Встановлена потужність першої черги – 30 кВт, другої – 200 кВт. Загалом під СЕС зараз розташоване дослідне поле загальною площею 0,4 га.

Спочатку, під час запуску першої черги, землю під сонячними панелями було засіяно кормовими травами. Вони, у порівнянні з кормовими травами на сусідніх ділянках (при всіх аналогічних умовах зростання), дали підвищення обсягу зеленої маси до 35 %. Посаджені під другою чергою овочеві культури (томати й огірки) дали підвищену врожайність до 40 %. При цьому їх термін плодоношення продовжився ще на 1 місяць.

Секрет полягає у мікрокліматі, що формується під сонячними панелями. Температура ґрунту залишається постійною завдяки затіненню вдень і утримувannya панелями тепла в нічний час.

Крім того, аграрії мають суттєву економію на поливі, адже волога майже не випаровується. Виявилось, що для зрошення рослин вдень достатньо ранкового конденсату з поверхні ґрунту, який акумулюється під сонячними батареями. Отже, полив здійснюється тільки у вечірній час.

Для обробки ґрунту використовується мінітрактор з відкритою кабіною, який проїжджає під підвищеними стоками СЕС. Овочі, як заведено, при таких обсягах збирають вручну. Трави ж на силосну масу скошують електрокосом.

Сьогодні агро-енергетичне підприємство вже має 2 МВт геліоенергетичних потужностей над 6 га агроугідь, на яких вирощуються овочі.

Завдяки новій технології прибутковість агробізнесу була підвищена майже вдвічі, а сонячна електростанція замість прийнятних 5 років окупності має цілих 3 роки на прогнозоване повернення інвестицій.

Фотовольтаїчний яблуневий сад в Німеччині

При застосуванні агрофотовольтаїки не йдеться виключно про польові культури. У Німеччині, наприклад, доповнили сонячними батареями яблуневий сад. Німецька компанія BayWa г.е. разом з Інститутом систем сонячної енергетики ім. Фраунгофера побудувала експериментальну фотоелектричну систему разом із садом для вирощування яблук та ягідних культур.

Під проєкт Agri-PV Fruit Growing, що став першою установкою такого стибу в Німеччині, на фруктовій фермі Nachtwey відведена ділянка площею 9100 м². Навіси із сонячних батарей загальною потужністю 258 кВт займають приблизно третину виділеної території (рис. 5).



Рис. 5. Фотовольтаїчний яблуневий сад, Німеччина

Fig. 5. Photovoltaic apple orchard, Germany

Разом із дослідженням щодо підвищення стійкості сільськогосподарства до зміни клімату та у освоєнні екологічних технологій вирощування плодів з використанням сонячної енергії програма передбачає вивчення впливу умов навколишнього середовища на розвиток яблунь 8 сортів та проведення випробувань систем захисту рослин, а також управління затіненням. Буде також перевірено, наскільки ефективно зафіксовані напівпрозорі фотопанелі з поворотними пристроями (трекерами), які можуть захищати рослини від граду, зливи, палючого сонця та іншого несприятливого атмосферного впливу в порівнянні із захисними плівками та протиградовими конструкціями.

Також планується вивчити залежність зростання культур та їх врожайності від тіні, яку створюють сонячні панелі

різних типів. Крім того, метою також є оцінювання фотоелектричної системи з погляду економічної ефективності, естетики та навіть соціальної сумісності.

Електроенергія, що генерується на Agri-PV Fruit Growing, витратиться на заряджання електротрактора Fendt e100 Vario, наданого компанією-виробником AGCO, та на роботу зрошувальної системи ділянки.

Також від сонця живиться холодильний склад ферми, через те, що батареї розміщені на його даху. Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє контролювати фізіологічні параметри рослин і керувати поливом та іншими процесами догляду за культурами, зокрема з урахуванням прогнозу погоди.

Сонячна електростанція на плантації ягід годжі, Китай

У 2014 році китайський інтернет-провайдер Baofeng Group вирішив розширити свою сонячну електростанцію, розташовану на 107 км² напівпустелі. Після введення в експлуатацію другої черги фотоелектричні модулі вироблятимуть 1 ГВт електроенергії. Головна особливість цієї СЕС полягає в тому, що вона поєднана з плантацією дереви звичайної, плоди якої відомі як ягоди годжі.

Спочатку практично неродючі землі засіяли люцерною з метою природного поліпшення якості ґрунту, а на самій ділянці збудували сонячну електростанцію з потужністю першої черги 640 МВт, яка почала працювати у 2016 році. У ній використано 13 тис. інверторів для сонячних батарей від Huawei. Для контролю роботи енергетичних установок застосовується інтелектуальна система управління та квадрокоптери.

Під панелями фотоелементів, встановлених на висоті 2,9 м від землі, посаджено дереву. В такий спосіб було розв'язано питання не лише з генерацією електроенергії, частина якої використовується для поливу, але й з відновленням родючості землі та створення продуктивної плантації. Внаслідок зрошення, для якого отримують енергію від СЕС, рослинний покрив загалом в колишній напівпустелі збільшився на 85 %, з'явилася фауна – тварини й птахи.

У районі розміщення електростанції випадає мало опадів, тому для рослин створено систему крапельного поливу. Наявність сонячних панелей дає змогу знизити загальні витрати води, оскільки за допомогою затінення землі випаровування вологи з ґрунту зменшується на 30–40 %.

Висновок

Для реалізації Європейської зеленої угоди та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року прискорення декарбонізації енергетичної системи та перехід до сталого сільського господарства стають надзвичайно важливими завданнями. На сьогоднішній день відкривається можливість досягнення цих цілей шляхом реалізації Agrisolar – успішної міжгалузевої ініціативи між сільськогосподарським та сонячним фотоелектричним секторами.

Agrisolar сприяє сталому розвитку сільських районів, підвищенню врожайності сільського господарства, збільшує доходи для фермерів та досягає 9 цілей СРП, виробляючи при цьому чисту електроенергію. Проекти Agri-PV спроможні зменшити використання одноразового пластику, створювати простори для процвітання дикої флори та фауни, а також мінімізувати потреби сільськогосподарських культур у воді. Деякі проекти спрямовані на регенерацію деградованих земель, перетворюючи їх на сільськогосподарські площі, тоді як інші – на відновлення сільського господарства на існуючих сонячних електростанціях.

Значущий аспект полягає в тому, що Agrisolar може не лише створювати екологічні, але й соціально-економічні вигоди для сільських громад. Окремі проекти справляють безпосередній вплив на добробут сільськогосподарських працівників та сприяють створенню додаткових робочих місць для місцевих мешканців. Багато інших проектів інтегруються в місцеві сільськогосподарські ланцюги створення вартості, забезпечуючи фруктами та овочами учнів місцевих шкіл або реалізуючи продукцію через місцеві сільськогосподарські кооперативи.

Agrisolar забезпечує можливість підвищити ефективність використання сільських територій, одночасно сприяючи сталим сільськогосподарським практикам, відновлюючи виснажені землі та виробляючи чисту електроенергію.

ПОСИЛАННЯ

1. SolarPower Europe (2021): Agrisolar Best Practices Guidelines Version 1.0. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solargrazing.org/wp-content/uploads/2021/06/SPE-Agrisolar-Best-Practices-Guidelines.pdf>. Дата звернення: 12.12.2023.
2. Офіційний сайт компанії ERC Ukraine – професійного дистрибутора міжнародного рівня. Огляд «Агрофотовольтаїка: підвищення ефективності землекористування». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://erc.ua/erc-reviews/20745/agrofotovoltayika-pidvishchennia-efektivnosti-zemlekoristuvannia/>. Дата звернення: 12.12.2023.
3. Українське інформаційне агентство «Главком». Стаття «Агрофотовольтаїка: напівпрозорі сонячні панелі вкрили плантації малини у Нідерландах». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://glavcom.ua/new_energy/news/agrofotovoltajik-a-napivprozori-sonyachni-paneli-vkrili-plantaciji-malini-u-niderlandah-670427.html. Дата звернення: 12.12.2023.
4. Журнал AW-Therm. Стаття «Агрофотовольтаїка – новий європейський тренд». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/agri-pv-agrofotovoltayika-novij-yevropejskij-trend/>. Дата звернення: 12.12.2023.
5. Офіційний сайт платформи рішень для менеджерів природоохоронної діяльності ECOBUSINESS GROUP. Стаття «ЯК АГРОХОЛДИНГ перетворити у ЕНЕРГОХОЛДИНГ – знають у ХАРКІВСЬКОМУ ЕНЕРГЕТИЧНОМУ КЛАСТЕРІ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/news/yak-agroholdyng-peretvoryty-u-energoholdyng-znayut-u-harkivskomu-energetychnomu-klasteri>. Дата звернення: 12.12.2023.
6. Рада зовнішньої політики «Українська призма». Стаття «ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС ТА ПОТЕНЦІЙНІ НАСЛІДКИ ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ СУСУДІННИМИ

ДЕРЖАВАМИ ДЛЯ УКРАЇНИ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://prismua.org/green_deal_1/. Дата звернення: 12.12.2023.

7. Діловий ресурс аграріїв України AGRO TIMES. Стаття «Під сонячними панелями виросло на 40% більше овочів». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/pid-sonyachnymy-panelyamy-vyroslo-na-40-ovochiv/>. Дата звернення: 12.12.2023.
8. Агроновини України та світу – AgroPortal.ua. Стаття «На CISOLAR 2021 презентують ефективне рішення сонячної енергетики для АПК». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agroportal.ua/news/ukraina/na-cisolar-2021-prezentuyut-effektivnoe-reshenie-solnechnoi-energetiki-dlya-apk>. Дата звернення: 12.12.2023.

REFERENCES

1. SolarPower Europe (2021): Agrisolar Best Practices Guidelines Version 1.0. [Electronic resource] – Access mode: <https://solargrazing.org/wp-content/uploads/2021/06/SPE-Agrisolar-Best-Practices-Guidelines.pdf>. Date of access: 12.12.2023.
2. The official website of ERC Ukraine, a professional distributor of international level. Review "Agrophotovoltaics: increasing the efficiency of land use". [Electronic resource]. – Access mode: <https://erc.ua/erc-reviews/20745/agrofotovoltayika-pidvishchennia-efektivnosti-zemlekoristuvannia/>. Date of access: 12.12.2023.
3. Ukrainian news agency "Glav-com". Article "Agrophotovoltaics: translucent solar panels cover raspberry plantations in the Netherlands". [Electronic resource]. – Access mode: https://glavcom.ua/new_energy/news/agrofotovoltajika-napivprozori-sonyachni-paneli-vkrili-plantaciji-malini-u-niderlandah-670427.html. Date of access: 12.12.2023.
4. AW-Therm magazine. Article "Agrophotovoltaics – a new European trend". [Electronic resource]. – Access mode: <https://aw-therm.com.ua/agri-pv-agrofotovoltayika-novij-yevropejskij-trend/>. Date of access: 12.12.2023.
5. The official website of the ECOBUSINESS GROUP platform of solutions for environmental managers. Article "HOW TO TRANSFORM AGROHOLDING INTO ENERGY HOLDING – They Know in the KHARKIV ENERGY CLUSTER". [Electronic resource]. – Access mode: <https://ecolog-ua.com/news/yak-agroholdyng-peretvoryty-u-energoholdyng-znayut-u-harkivskomu-energetychnomu-klasteri>. Date of access: 12.12.2023.
6. Foreign Policy Council "Ukrainian Prize". Article "The European Green Deal and the Potential Consequences of its Implementation by Neighboring States for Ukraine". [Electronic resource]. – Access mode: http://prismua.org/green_deal_1/. Date of access: 12.12.2023.
7. Business resource of Ukrainian agrarians AGRO TIMES. Article "Under solar panels grew 40% more vegetables". [Access mode: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/pid-sonyachnymy-panelyamy-vyroslo-na-40-ovochiv/>. Date of access: 12.12.2023.
8. Agricultural news of Ukraine and the world - AgroPortal.ua. Article "An effective solar energy solution for the agro-industrial complex will be presented at CISOLAR 2021". [Electronic resource]. – Access mode: <https://agroportal.ua/news/ukraina/na-cisolar-2021-prezentuyut-effektivnoe-reshenie-solnechnoi-energetiki-dlya-apk>. Date of access: 12.12.2023.