

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Асоціація агровольтаїки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.І.
ВЕРНАДСЬКОГО
UNIVERSITY OF LIÈGE - GEMBLoux AGRO-BIO TECH
ARMENIAN STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS
STATE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES IN KONIN
CHARUTAR VIDYA MANDAL UNIVERSITY
АКАДЕМІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ МОЛДОВИ
ВП НУБІП УКРАЇНИ "НІЖИНСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ДНІПРОВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА"
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМ. ЮРІЯ
КОНДРАТІЮКА"
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЮРИДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЯРОСЛАВА
МУДРОГО
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
УКРАЇНСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ ІНСТИТУТ АГРОПРОМИСЛОВОГО
ІНЖИНІРИНГУ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**II Міжнародна міжгалузева конференція
«СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ АГРОВОЛЬТАЇКИ: СТАН, ВИКЛИКИ ТА
КРОКИ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВІДБУДОВІ УКРАЇНИ»**

15 квітня 2026 року

м. Київ

Київ · 2026

Рекомендовано до друку Вченою радою Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського (протокол №11 від 5 травня 2026 р.)

Редакційна колегія:

Веремійчук Ю. А. – Голова Первинної профспілкової організації НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», к.т.н., доцент кафедри електропостачання НН ІЕЕ;

Горник В. Г. – доктор наук з державного управління, професор, директор Навчально-наукового інституту управління, економіки та природокористування ТНУ імені В. І. Вернадського;

Івкін В. І. – Голова правління Асоціації агровольтаїки України, аспірант Навчально-наукового інституту управління, економіки та природокористування ТНУ імені В. І. Вернадського;

Каплун В. В. – доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження;

Кваша С. М. – доктор економічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук, проректор з науково-педагогічної роботи та розвитку;

Ковальський А. О. – кандидат економічних наук, старший викладач кафедри менеджменту організацій Одеського національного економічного університету (за згодою);

Курман Т. В. – завідувач кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету ім. Ярослава Мудрого, доктор юридичних наук, професор (за згодою);

Путінцев А. В. – кандидат економічних наук, професор, завідувач кафедри фінансів Навчально-наукового інституту управління, економіки та природокористування ТНУ імені В. І. Вернадського;

Сухарев С.М. – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища ДВНЗ «Ужгородський національний університет»;

Тонха О.Л. – доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності.

Матеріали опубліковано в авторській редакції.

Повну відповідальність за достовірність та якість поданого матеріалу несуть учасники конференції, рецензенти та структурні підрозділи вищих навчальних закладів та установ, які рекомендували ці матеріали до друку.

Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження у відбудові України. Матеріали II міжнародної міжгалузевої конференції (м. Київ, 15 квітня 2026 року) / упоряд. Діана Починок. Київ 2026. 400 с.

У збірнику представлено стислий виклад доповідей і повідомлень, поданих на II міжнародну міжгалузеву конференцію “Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження у відбудові України”, яка відбулася на базі Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського та Національного університету біоресурсів і природокористування України 15 квітня 2026 року.

ЗМІСТ

ВІТАЛЬНЕ СЛОВО УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦІЇ.....	14

1. АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ПРОСТОРОВО-АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МАЙБУТНЬОГО.....	16

Литовченко Віктор Петрович

ІНТЕГРАЦІЯ ПАСІК У ЛАНДШАФТНИЙ ДИЗАЙН АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПАРКІВ.....	16

Самілик Валентина Іванівна

АГРОВОЛЬТАІКА В УМОВАХ ОСВІТНЬОГО ЗАКЛАДУ: ПОЄДНАННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЙ І STEM-ПІДХОДУ НА ШКІЛЬНИЙ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНИЙ ДІЛЯНЦІ.....	19

Сом Марія Олександрівна

ІНСТИТУЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В ПРОСТОРОВО-АРХІТЕКТУРНИЙ МОДЕЛІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МАЙБУТНЬОГО.....	21

Сторожук Світлана Сергіївна

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ДЕПРЕСИВНИХ ЛАНДШАФТІВ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ ОДЕСИ.....	24

Шевченко Аліса Анатоліївна, Кіторага Євгеній Сергійович

РОЗВИТОК «ЗЕЛЕНОГО» КООПЕРАТИВНОГО РУХУ НА ЗАСАДАХ АГРОВОЛЬТАІКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ДОБРОБУТУ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД.....	30

2. ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОВОЛЬТАІЦІ	34

Івановський Андрій Володимирович

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕРМООБРОБКА ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОРАДІАЦІЙНОГО НАГРІВУ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	34

Калініченко Роман Андрійович

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ДОСУШУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА В БУНКЕРАХ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРООСМОСУ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	36

Квак Володимир Михайлович, Воробйов Олександр Миколайович

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІСКАНТУСУ В СИСТЕМІ АГРОВОЛЬТАІКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ.....	39

Кохан Олександр Сергійович

МОДЕЛІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ТА	

ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОВОЛЬТАЦІ.....	43
Кушніренко Анатолій Григорович ПОЄДНАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ В ГОСПОДАРСТВАХ.....	47
Майбородіна Наталія Вікторівна, Герасименко В'ячеслав Панасович МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ОСНОВА ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	49
Онищенко Ярослав Дмитрович, Веремійчук Юрій Андрійович ВИКОРИСТАННЯ ДВОСТОРОННІХ (BIFACIAL) ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ В АГРОВОЛЬТАЦІ.....	53
Перекопський Ігор Сергійович МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ.....	57
Пунтус Дмитро Миколайович ПІДВИЩЕННЯ БІОБЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОАЕРОЗОЛІВ І СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	60
Семенов Анатолій Олексійович, Скрипник Вячеслав Олександрович ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ НАСОСНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЯК СКЛАДОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ.....	62
Степаненко Сергій Петрович ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА В ЕЛЕКТРОПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ АГРОПЕРЕРОБКИ.....	65
Стрілець Дмитро ЕЛЕКТРОФІЗИЧНА АКТИВАЦІЯ ВОЛОГОПЕРЕНОСУ ПРИ СУШІННІ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	67
Троханяк Віктор Іванович, Мартинюк Олексій Вікторович ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК.....	70
Шведенко Тетяна Євгеніївна, Мельник Євген Бориславович АГРОВОЛЬТАЇЧНІ СИСТЕМИ ЯК СКЛАДОВА РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ	

ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ	72

Kunyskyi M. O., Ivanchuk N. V.

MODERNIZATION OF URBAN INFRASTRUCTURE NETWORKS.....	76

Lan Yating, Dulschi Ion

EU DE-RISKING STRATEGY AMID THE GEOECONOMIC SHIFT AND ITS IMPLICATIONS FOR CHINA'S NEW ENERGY INDUSTRY	81

3. АГРОІНЖЕНЕРІЯ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ.....85

Барбашин Артем Андрійович

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ БАЛАНСУ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОЇ РАДІАЦІЇ ТА ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ.....	85

Дядюра Костянтин Олександрович

ГІС ТА СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ДЛЯ ВИБОРУ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПОЛІВ З МІНІМАЛЬНИМИ ВТРАТАМИ.....	91

Заболотній Олександр Анатолійович

ПОЄДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ ДЛЯ БАЛАНСУ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВРОЖАЙНОСТІ.....	96

Ікальчик Микола Іванович

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ.....	102

Калініченко Андрій

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА В ТЕХНОЛОГІЯХ АГРОВОЛЬТАЇКИ.....	107

**Кравчук Володимир Іванович, Ганженко Олександр Миколайович,
Квак Володимир Михайлович, Івкін Віктор Іванович**

РОЗВИТОК АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ: АСПЕКТИ ДЕФІНІЦІЙ ТА ДЕРЕГУЛЯЦІЇ.....	110

Макарець Валерій Володимирович

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ.....	115

Павлішин Павло Миколайович, Дядюра Костянтин Олександрович

КРАПЛИННЕ ЗРОШЕННЯ ПІД ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ: ІНТЕГРАЦІЯ, ГІДРАВЛІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВОЛОГОСТІ.....	119

**Ревтьо Олеся Ярославівна, Малярчук Анастасія Сергіївна,
Романенко Микола Володимирович**

МОДЕЛЮВАННЯ ТІНЬОВОГО ПРОФІЛЮ В СИСТЕМАХ АГРОВОЛЬТАЇКИ.....	125

Степаненко Сергій Петрович

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ.....	128

Федорина Тетяна Петрівна

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЯК ЕЛЕМЕНТИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ.....	131

Шейко Надія Володимирівна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....	135

4. АГРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ..... 138

Бондаренко Андрій Володимирович, Кохан Андрій Володимирович

АГРОВОЛЬТАЇЧНІ СИСТЕМИ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН УКРАЇНИ.....	138

Гайденко Олег Миколайович, Павлішин Павло Миколайович

НАУКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ.....	141

Дубонос Анна Дмитрівна, Орленко Ольга Михайлівна

АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ВИНОГРАДНИКІВ ОДЕЩИНИ.....	146

Кабак Софія Святославівна, Орленко Ольга Михайлівна

ВПЛИВ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА МІКРОКЛІМАТ І ВРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР.....	150

Коломієць Михайло Романович

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ ГОРОХУ В УМОВАХ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ.....	154

Мазурак Оксана Тимофіївна, Ковалів Юлія Володимирівна,

Мазурак Ростислав Андрійович

АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ПОЄДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА СТАЛОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	157

Малярчук Анастасія Сергіївна, Ревтьо Олеся Ярославівна,

Хохлов Богдан Володимирович

АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ІНСТРУМЕНТ АДАПТАЦІЇ АГРОВИРОБНИЦТВА	

ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	162

Садовов Артем Володимирович

ВПЛИВ АГРОФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ НА ДИНАМІКУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА СКЛАД ШКІДЛИВОГО ЕНТОМОКОМПЛЕКСУ СУНИЦІ САДОВОЇ (Fragaria × ananassa Duch.) ЗА УМОВ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	167

Сидякіна Олена Вікторівна, Житков Сергій Сергійович

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СИСТЕМАХ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	174

Shepel Andrii Vasylovych

CO-UTILIZATION OF AGRICULTURAL LAND, WATER BODIES, AND IRRIGATION INFRASTRUCTURE FOR THE DEPLOYMENT OF SOLAR ENERGY SYSTEMS IN THE FORMAT OF AGRIVOLTAICS.....	178

5. ЕКОНОМІКА, ФІНАНСИ, СТРАХУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ..... 180

Акулова Тетяна Сергіївна

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПРОЄКТІВ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	180

Аркушенко Катерина Андріївна

ОСОБЛИВОСТІ ПОРТФЕЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИМИ АКТИВАМИ.....	184

Бунда Ольга Миколаївна, Звєрева Марія Віталіївна

МІЖНАРОДНА ЕКОНОМІЧНА ІНТЕГРАЦІЯ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ.....	187

Вафіна Марія Маратівна

УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИМИ ПРОЄКТАМИ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ.....	190

Волчек Руслан Миколайович

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ У ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ВПРОВАДЖУЮТЬ АГРОВОЛЬТАЇКУ.....	193

Горбатюк Валентина Вікторівна

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ АГРОПІДПРИЄМСТВ НА ЗАСАДАХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	196

Горяча Катерина Андріївна

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИМИ ПРОЄКТАМИ ВИРОБНИЧИХ АГРОПІДПРИЄМСТВ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС.....	200

Гребінча Регіна Вячеславівна

РИЗИК-ОРІЄНТОВНЕ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ
ПРОЄКТІВ В АГРОБІЗНЕСІ..... 204

Джупіна Галина Миколаївна

МЕНЕДЖМЕНТ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО
ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ..... 207

Каламан Ольга Борисівна, Харенко Дмитро Олександрович

СИНЕРГІЯ АГРОВОЛЬТАІКИ ТА СІЛЬСЬКОГО ТУРИЗМУ: ІННОВАЦІЙНІ
БІЗНЕС-МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД..... 210

Карпов Володимир Анатолійович

ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ПО ІНВЕСТИЦІЙНОМУ
МОДЕЛЮВАННЮ У АГРОВОЛЬТАІЦІ..... 215

Мишаглі Вероніка Олегівна

УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ
АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПРОЄКТІВ У ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОБІЗНЕСУ
УКРАЇНИ..... 219

Москалюк Ганна Олександрівна

УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЮ ПРИВАБЛИВІСТЮ
АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ
КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ..... 223

Некрасова Єва Дмитрівна

УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЕМ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ІНВЕСТИЦІЙ У
АГРОХОЛДИНГАХ..... 228

Петровська Оксана Михайлівна

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ
АГРОВОЛЬТАІКИ В СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ: РОЛЬ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ..... 232

Петровська Ольга Ярославівна

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ: ДОСВІД ЄС ДЛЯ
УКРАЇНИ..... 236

Петренко Ольга Павлівна, Данильчак Роман Андрійович

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ФІНАНСОВІ ЕФЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ
АГРОВОЛЬТАІКИ ДЛЯ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ..... 241

Починок Діана Віталіївна

ФІНАНСОВІ РЕСУРСИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОСНОВА

ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПРОЄКТІВ У
ПРОЦЕСІ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ..... 247

Прокопенко Анна Володимирівна

СТРУКТУРНА ОРІЄНТАЦІЯ СТРАХОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ.....251

Решітко Аліна Валентинівна

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ
АГРОВОЛЬТАІСТИЧНИХ ПРОЄКТІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ.....254

Семенюк Андрій Олегович, Дячук Олександр Анатолійович,

Подолець Роман Здиславович

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ АГРОВОЛЬТАІКИ В УКРАЇНІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОНОВЛЕНОГО НІПЕК..... 257

Слоква Марина Григорівна

ГЛОБАЛЬНИЙ РИНОК АГРОВОЛЬТАІКИ: ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ.....263

Улянич Юлія Василівна

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ФІНАНСОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ..... 266

Улянич Костянтин Федорович

СОЦІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ..... 270

Янєв Микола Іванович

ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ВИНОРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ІННОВАЦІЙ.....272

Benderska Alina

MANAGERIAL CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF
AGROVOLTAIC SYSTEMS.....276

Chernyshevskaya Veronika, Tanklevskaya Nataliya

AGROVOLTAICS AS A FACTOR IN STRENGTHENING ENERGY
SECURITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN UKRAINE..... 279

Chobotok Maksym Dmytrovych

FINANCIAL MECHANISMS AND INSTRUMENTS FOR SUPPORTING
AGROVOLTAIC PROJECTS IN UKRAINE.....282

Dobrovolska Veronika

MANAGEMENT OF VALUE CREATION CHAINS AT ENTERPRISES USING
AGROVOLTAICS.....285

Levchenko Kseniia

MANAGEMENT OF FINANCIAL RISKS IN AGROVOLTAIC INVESTMENTS: FEATURES AND INSTRUMENTS.....	288

Sbrodova Kateryna

STAKEHOLDER INTERACTION MANAGEMENT IN THE IMPLEMENTATION OF AGROVOLTAIC PROJECTS IN UKRAINE.....	291

6. ПРАВО ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ.....295

Андрєєв В. І.

КОМПЛЕКСНЕ ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ.....	295

Бредіхіна Вікторія Леонідівна

АКТУАЛЬНІ ЕКОЛОГО-ПРАВОВІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	298

Володько Богдан Ігорович

АГРОВОЛЬТАЇКА: ВИКЛИКИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	302

Гарбуза Вікторія Вікторівна

ПРАВО ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ.	305

Григор'єва Христина Антонівна

АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ВИКЛИК СУЧАСНІЙ МЕТОДОЛОГІЇ НОРМОТВОРЧОСТІ.....	310

Данілік Дар'я Михайлівна, Гукалюк Альона Олексіївна

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ АГРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....	313

Гльїна Марія Олександрівна

АГРОВОЛЬТАЇКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	317

Кондратенко Дарина Юріївна

ВИКОРИСТАННЯ ІоТ ТА АІ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ: ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ОБРОБКИ ДАНИХ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.	321

Корват Олена Валеріївна

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ АГРОВОЛЬТАЇКИ.....	324

Корнієнко Ганна Сергіївна

СУСПІЛЬНІ ВІДНОСИНИ У СФЕРІ АГРОВОЛЬТАЇКИ: ПРАВОВА
ПРИРОДА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ..... 327

Курман Тетяна Вікторівна

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ
В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ..... 330

Лісова Тетяна Вікторівна

АГРОВОЛЬТАЇКА: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ..... 333

Малєй Анастасія Миколаївна

АГРОВОЛЬТАЇКА: ПРАВОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАРУБІЖНОГО
ДОСВІДУ..... 336

Покальчук Михайло Юрійович

ПРАВОВІ ПИТАННЯ ЗДІЙСНЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ НА ЗЕМЕЛЬНИХ
ДІЛЯНКАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ..... 342

Сушкова Вікторія Валеріївна

КОМПАРАТИВНИЙ АНАЛІЗ ПРАВОВИХ ЗАСАД АГРОВОЛЬТАЇКИ:
ФРАНЦУЗЬКА МОДЕЛЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ В
УКРАЇНІ..... 345

Фролов Ярослав Андрійович

ЗАКРІПЛЕННЯ НОРМ І ОБМЕЖЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВИХ ПРАВ
НА ЗЕМЛЮ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ УСТАНОВОК ЯК
УМОВА ПРЕВЕНЦІЇ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ДЛЯ ҐРУНТІВ..... 349

Чала Аліна Сергіївна

ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ ТА ЄС:
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ..... 354

Шарапова Світлана Володимирівна

ПРАВОВІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ В УМОВАХ
ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ..... 359

7. ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ, ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА ТА РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ..... 363

Дульськїї Іон

РЕФОРМА МІСЦЕВОГО ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ В РЕСПУБЛІЦІ
МОЛДОВА: ВІД ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ФРАГМЕНТАЦІЇ ДО ІНСТИТУЦІЙНОЇ
СПРОМОЖНОСТІ ТА ФІНАНСОВОЇ АВТОНОМІЇ..... 363

Оберемко Катерина Олександрівна

СИНЕРГІЯ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА ТА ЦИФРОВОГО
ВРЯДУВАННЯ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ.....366

Орленко Ольга Михайлівна, Моспаненко Іван Юрійович

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ
.....371

Chen Qiuyue, Dulschi Ion

FROM DEPENDENCY TO GRADUAL RESILIENCE: MOLDOVA'S ENERGY
SECURITY TRANSFORMATION UNDER THE RUSSIA–UKRAINE WAR..375

Dulschi Silvia

EVOLUȚIA CONCEPTULUI DE PERFORMANȚĂ ÎN ADMINISTRAȚIA
PUBLICĂ THE EVOLUTION OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN
PUBLIC ADMINISTRATION.....379

8. АГРОВОЛЬТАІКА ЯК НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПЛАТФОРМА: СИНЕРГІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПІДГОТОВКА КАДРІВ.....382

**Ключевич Михайло Михайлович, Вигера Сергій Михайлович,
Венгер Олег Володимирович**

АГРОВОЛЬТАІКА ТА ПЛАНТАЕКОВОЛЬТАІКА – ПРАВО НА
ГАРМОНІЙНИЙ РОЗВИТОК З ПЛАНТАЛОГІЄЮ.....382

**Кравчук Володимир Іванович, Івкін Віктор Іванович,
Самсоненко Іван Сергійович**

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ
ОСВІТНЬОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: КОНЦЕПТ
«АГРОВОЛЬТАІКА ДЛЯ ШКОЛИ».....386

Мільович Степан Степанович, Сухарев Сергій Миколайович

АГРОВОЛЬТАІКА, ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ
СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ.....389

Ревтьо Олеся Ярославівна, Малярчук Анастасія Сергіївна

ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗМІСТУ ВИБІРКОВОЇ
ДИСЦИПЛІНИ «АГРОВОЛЬТАІКА» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ АГРАРНИХ
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ.....391

Сухарев Сергій Миколайович, Сухарева Оксана Юріївна

АГРОВОЛЬТАІКА: ПРОБЛЕМА ПІДГОТОВКИ КАДРІВ.....393

Федорина Тетяна Петрівна

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ
ВИВЧЕННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН.....394

Ярошенко Тетяна Олександрівна

РОЛЬ ДЕРЖАВНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ БІБЛІОТЕКИ УКРАЇНИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОСТУПУ ДО СВІТОВИХ НАУКОВИХ РЕСУРСІВ З ПИТАНЬ АГРОВОЛЬТАЇКИ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	398

ВІТАЛЬНЕ СЛОВО УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦІЇ

Шановні учасники та гості міжнародної міжзакладної конференції «Агровольтаїка: стан, виклики та кроки впровадження в Україні»!

Від імені Асоціації Агровольтаїки України щиро вітаю вас на цій важливій події, що об'єднує провідних фахівців, науковців, представників бізнесу та влади навколо перспективного напрямку розвитку відновлюваної енергетики та аграрного сектору.

Агровольтаїка — це не просто технологія, а стратегічний вектор сталого розвитку, що здатен суттєво підсилити енергетичну безпеку України, підвищити ефективність використання земельних ресурсів та створити нові можливості для агробізнесу. В умовах глобальних кліматичних змін, зростаючого попиту на чисту енергію та необхідності енергетичної незалежності нашої держави розвиток агровольтаїки є не лише актуальним, а й життєво необхідним.

Перед галуззю стоять серйозні виклики. Насамперед це відсутність чіткого законодавчого регулювання, що створює бар'єри для розвитку нових проєктів та залучення інвестицій. Важливим питанням залишається фінансування: попри зростаючий інтерес до агровольтаїки, доступ до кредитних програм і механізмів підтримки поки обмежений. Технологічна адаптація також потребує інноваційних рішень, наукових досліджень і випробувань у польових умовах. Водночас зміни клімату та деградація ґрунтів створюють додаткові ризики, але саме агровольтаїка може стати ефективним механізмом їх подолання.

Важливо розглядати агровольтаїку і в контексті Цілей сталого розвитку ООН, зокрема Цілі №2 — «Подолання голоду». Використання агровольтаїчних систем дозволяє не лише виробляти чисту енергію, але й підвищувати врожайність завдяки оптимізації мікроклімату, зменшенню випаровування води та захисту культур від екстремальних погодних умов. Це особливо актуально для України як важливого гравця світового продовольчого ринку.

Щиро дякую партнерам та всім учасникам за підтримку і внесок у розвиток агровольтаїки в Україні. Закликаю до активної співпраці, обміну знаннями та спільного пошуку рішень, що допоможуть агровольтаїці стати невід'ємною частиною енергетичної та аграрної політики України. Разом ми зможемо зробити нашу державу лідером у цьому перспективному напрямі.

Бажаю всім продуктивної роботи, конструктивних дискусій та успішної реалізації ідей, які народяться під час конференції. Нехай ця подія стане ще одним важливим кроком на шляху до сталого майбутнього України!



Віктор Івкін
Голова Правління Асоціації
агровольтаїки України

Шановні учасники та організатори конференції!

Вітаємо з проведенням Другої міжнародної міжгалузевої конференції «Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження у відбудові України».

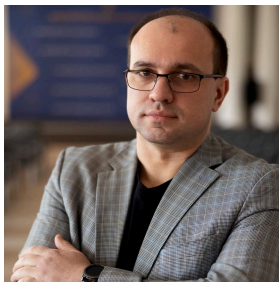
Міністерство освіти і науки України схвально ставиться до ініціатив Громадської організації «Асоціація Агровольтаїки України». Вже другий рік поспіль Асоціація, яка створена лише у 2024 році, проводить захід, який сприятиме перетворенню України у державу, де агровиробництво, чиста енергія та наука функціонуватимуть як єдина екосистема.

Особливістю проведення цієї конференції є акцент на відбудову країни. На четвертому році повномасштабної війни українська енергосистема зіштовхується з численними викликами. А відповіддю на головний запит щодо стабільного електропостачання є побудова генерації для власного споживання. І саме розвиток агровольтаїки в Україні спрямований на забезпечення енергетичної незалежності країни, підтримку її продовольчої безпеки, відновлення сільських територій. Важливо, що становлення агровольтаїки в Україні базується на тісній взаємодії науки, освіти та бізнесу.

Переконані, що результати вашої роботи сприятимуть розвитку наукових досліджень, розробці сучасних освітніх програм і підготовці фахівців, здатних відповідати на виклики часу та ефективно працювати на відновлення держави.

Бажаємо усім учасникам конференції плідної роботи з формування спільного бачення, продуктивного обміну досвідом, нових ідей та їх успішної реалізації.

Нехай ця конференція стане важливим кроком на шляху до енергетичної незалежності та сталого майбутнього України. Дякуємо за вашу працю!



Денис КУРБАТОВ

заступник Міністра освіти і науки
України

1. АГРОВОЛЬТАЙКА ЯК ПРОСТОРОВО-АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МАЙБУТНЬОГО

Литовченко Віктор Петрович, доцент
кафедри соціально-гуманітарних
дисциплін ВП НУБіП України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20207133>

ІНТЕГРАЦІЯ ПАСІК У ЛАНДШАФТНИЙ ДИЗАЙН АГРОВОЛЬТАЙЧНИХ ПАРКІВ

Сучасний глобальний тренд стимулює стрімке розширення площ сонячних електростанцій, що неминуче призводить до вилучення значних територій з традиційного сільськогосподарського обігу. Актуальність поєднання сонячної генерації з агросектором, зокрема через концепцію агровольтаїки, полягає у пошуку рішень, які дозволяють отримувати енергію без шкоди для продовольчої безпеки та екологічної рівноваги.

Бджільництво стає хорошим інструментом для такої інтеграції, створюючи унікальну природно-технічну синергію. Розміщення пасіки у межах сонячних електростанцій дозволяє використовувати специфічний мікроклімат об'єкта: панелі захищають бджіл від перегріву влітку та сильних вітрів, а стабільний режим охорони станцій гарантує збереження пасік від крадіжок та вандалізму. Водночас наявність бджіл стає потужним стимулом для відмови від пестицидів на території парку, що сприяє оздоровленню локальної екосистеми.

Для реалізації описаної ідеї ключовим етапом стає грамотна ландшафтна організація, де технічні порожнечі перетворюються на захищені локації для бджільництва. Ефективне використання підпанельного простору базується на аналізі специфічних мікрокліматичних умов. Затінення, що створюють фотоелектричні модулі, дозволяє підтримувати стабільніший температурний режим у вуликах, запобігаючи їхньому критичному перегріву в пікові години сонячної активності. Такі умови сприяють росту медоносних рослин. У результаті бджоли мають доступ до нектару поруч із місцем свого утримання.

Водночас дизайн міжрядних просторів вимагає ретельного планування логістичних шляхів. Важливо розмежувати зони так, щоб обслуговування пасіки – огляд вуликів чи збір меду – не створювало перешкод для технічного сервісу панелей та не затінювало їх. Оптимальним рішенням є шахове або лінійне розміщення груп вуликів з урахуванням радіуса розвороту сервісної техніки, що робить експлуатацію станції та пасіки автономними, але взаємодоповнювальними процесами.

Вертикальне зонування простору забезпечує додатковий захист: металеві та скляні панелі стають природним бар'єром, що оберігає бджолині сім'ї від

панівних вітрів та опадів. Такий розподіл дозволяє ефективно використовувати територію, де верхній ярус відведено під генерацію енергії, а нижній – під захищений «бджолиний готель». Це максимізує корисну площу парку, перетворюючи кожен квадратний метр на функціональну одиницю екосистеми.

Логічним продовженням архітектурного планування простору є його біологічне наповнення – створення стабільної кормової бази у вигляді «медоносного конвеєра», що діє протягом усього сезону. Основу такої бази становить ретельний підбір низькорослих тіньовитривалих медоносів, як-от конюшина повзуча чи певні види чебрецю, для висадки безпосередньо під панелями. Оскільки цей простір обмежений за висотою та рівнем інсоляції, використання культур із компактною кореневою системою, що добре почувуються в напівтіні, дозволяє перетворити затінені площі на стабільне джерело нектару та пилку.

У відкритих міжряддях ландшафт доповнюється формуванням смуг із ентомофільних культур, що не потребують високого скошування. Це стратегічно важливо для запобігання затіненню країв панелей рослинністю. Використання сумішей фацелії, еспарцету чи низькорослих сортів лаванди створює яскравий флористичний малюнок, який не лише приваблює запилювачів, а й мінімізує витрати на догляд за територією. Такий підхід забезпечує бджолам різноманітний раціон, що критично важливо для їхнього імунітету та продуктивності.

Головний екологічний ефект такої стратегії полягає у відмові від гербіцидів на користь природного заповнення медоносами. Замість хімічної боротьби з бур'янами, територія сонячної електростанції засівається корисними травами, які самостійно витісняють небажану рослинність. Це не лише захищає здоров'я бджіл і якість меду, а й сприяє відновленню родючості ґрунту та підтримці місцевої ентомофауни. Таким чином, енергетичний об'єкт перетворюється на підприємство, де технічна доцільність іде пліч-о-пліч з екологічною відповідальністю.

Наступним логічним етапом після біологічного облаштування території є опрацювання технологічних аспектів та безпеки, що дозволяють гармонізувати роботу високотехнологічного енергетичного обладнання з життєдіяльністю бджолиних сімей.

При інтеграції пасік на території сонячних станцій важливо враховувати вплив електромагнітного випромінювання на бджіл. Дослідження показують, що завдяки заземленню та ізоляції кабелів рівень випромінювання залишається безпечним і не заважає комахам орієнтуватися. Навпаки, нерухомі сонячні панелі створюють стабільне середовище та слугують для бджіл зручними візуальними орієнтирами під час польотів.

Особливе значення має взаємний вплив на мікроклімат: створення рослинного покриву під панелями забезпечує природний охолоджувальний ефект, що безпосередньо підвищує ККД сонячних модулів за рахунок зниження їхньої робочої температури. З іншого боку, самі сонячні щити виконують роль термічного буфера для вуликів, захищаючи їх від прямого сонячного випромінювання та перегріву в секотну днину. Така температурна стабільність

сприяє зменшенню витрат енергії бджолами на вентиляцію гнізда, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на їхній медовій продуктивності.

Завершальним етапом обґрунтування концепції є аналіз економічної та екологічної ефективності, що перетворює технологічний проєкт на життєздатну бізнес-модель із високою соціальною відповідальністю. В основі економічного успіху лежить мультифункціональність використання земельних ресурсів, що дозволяє диверсифікувати прибутки. Розрахунок вигоди базується на синергії трьох напрямів: стабільної генерації електроенергії та промислового збору меду. Присутність пасіки безпосередньо на території сонячної електростанції не лише створює додатковий продукт із високою доданою вартістю, а й підвищує врожайність сусідніх ентомофільних культур на 20-30%. Це робить енергетичний об'єкт стратегічним партнером для місцевих фермерських господарств, формуючи нову екосистему взаємовигідних економічних відносин.

Екологічність проєкту відповідає ідеї сталого розвитку, де сонячні парки стають справжніми осередками природи. Завдяки висадці медоносів та відмові від хімікатів тут відновлюються популяції диких комах, які часто гинуть на звичайних фермерських полях. У цій системі бджоли виступають природним індикатором: їхнє здоров'я підтверджує, що сонячна станція є екологічно чистою та безпечною для довкілля. За період експлуатації сонячні електростанції (20-25 років) земля не виснажується, а навпаки – акумулює природний потенціал. Це перетворює агровольтаїчні парки на зразкові майданчики екологічного відновлення, де технічний прогрес працює на регенерацію природних ресурсів регіону.

Таким чином, поєднання сонячних електростанцій та бджільництва – це розумний спосіб використовувати землю з подвійною користю. Поки панелі виробляють чисту енергію, простір під ними перетворюється на безпечну домівку для бджіл, де обладнання захищає вулики від спеки та вітру. Така співпраця вигідна всім: рослини під панелями охолоджують техніку, підвищуючи її ефективність, а відмова від хімікатів заради бджіл допомагає відновити природу та родючість ґрунту. Зрештою, агровольтаїка доводить, що сучасні технології можуть не витіснити сільське господарство, а допомагати йому. Це шлях до екологічно чистого майбутнього, де енергетика та природа працюють як одна команда.

Список використаних джерел

1. Davis R. Bees Find Solar Sanctuary. ABF Quarterly. 2018. № 76 (3). P. 29-31.
2. Dreves H. Beneath Solar Panels, the Seeds of Opportunity Sprout. National Laboratory of the Rockies. 2019. URL: <https://www.nlr.gov/news/feature/2019/beneath-solar-panels-the-seeds-of-opportunity-sprout> (дата звернення: 07.04.2026).
3. Özcaner M. Solar Bee Farms Swarm with Opportunities. Study Solar. URL: <https://www.study-solar.com/blog-article/solar-bee-farms-swarm-with-opportunities> (дата звернення: 07.04.2026).

Самілик Валентина Іванівна,
старший викладач кафедри теорії і
методики викладання природничих
дисциплін Глухівського НПУ ім.
О.Довженка
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20217925>

АГРОВОЛЬТАЙКА В УМОВАХ ОСВІТНЬОГО ЗАКЛАДУ: ПОЄДНАННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЙ І STEM-ПІДХОДУ НА ШКІЛЬНІЙ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНІЙ ДІЛЯНЦІ

В умовах глобальних екологічних викликів, зокрема наслідків воєнних дій, виснаження природних ресурсів та зростання енергетичних потреб суспільства, особливої ваги набуває формування екологічної компетентності здобувачів освіти як здатності усвідомлено взаємодіяти з довкіллям на засадах сталого розвитку. Сучасна освіта орієнтується не лише на засвоєння знань, а й на розвиток практичних умінь, критичного мислення та відповідального ставлення до природного середовища. У цьому контексті значний потенціал має STEM-освіта, яка інтегрує природничі науки, технології, інженерію та математику, забезпечуючи міждисциплінарний підхід до розв'язання реальних проблем. Поєднання екологічної компетентності зі STEM-підходом створює умови для формування цілісного наукового світогляду, розвитку дослідницьких навичок та практичного застосування знань у сфері раціонального природокористування й енергоефективності.

Впровадження агровольтаїки на шкільній навчально-дослідній ділянці виступає ефективним інструментом інтеграції екологічної освіти та STEM-технологій, оскільки дозволяє поєднати вивчення відновлюваної енергетики з дослідженням біологічних процесів, формуючи в учнів навички експериментальної діяльності, аналізу даних і прийняття екологічно відповідальних рішень.

Використання агровольтаїчних систем у шкільному середовищі характеризується вищим рівнем екологічної та санітарної безпеки порівняно з традиційними паливними генераторами, що застосовуються під час відключень електроенергії. На відміну від генераторів, які супроводжуються викидами забруднювальних речовин (зокрема чадного газу, оксидів азоту та вуглекислого газу), сонячні енергетичні установки не утворюють шкідливих викидів у процесі експлуатації, не створюють шумового навантаження та є безпечнішими для здоров'я учасників освітнього процесу за умови дотримання технічних норм їх встановлення і використання.

Агровольтаїка на шкільній навчально-дослідній ділянці дозволяє поєднати вивчення відновлюваної енергетики з дослідженням біологічних процесів, формуючи в здобувачів освіти навички експериментальної діяльності, аналізу даних і прийняття екологічно відповідальних рішень.

Ідея впровадження агровольтаїки на шкільній навчально-дослідній ділянці є перспективною, але потребує реалістичного підходу. Це не

обмежується уявленням «поставити сонячні панелі», а передбачає інтеграцію сталого методу в освітню інфраструктуру. Агровольтаїка в контексті шкільної навчально-дослідної ділянки – це поєднання вирощування рослин і встановлення сонячних панелей на одній території таким чином, щоб вони не заважали, а взаємодоповнювали одне одного, наприклад, часткове затінення може бути корисним для окремих культур.

Для наочної демонстрації концепції було створено модель (рис. 1) за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (Gemini), що дозволяє детально відтворити зонування ділянки та розташування обладнання.



Рис. 1. Модель проєкту агровольтаїки на шкільній навчально-дослідній ділянці

Джерело: візуалізацію створено за авторським запитом за допомогою мультимодальної моделі Google Gemini (Image Generation Tool).

Упровадження агровольтаїки сприятиме інтеграції відновлюваної енергетики в освітній процес, створенню умов для науково-дослідницької діяльності здобувачів освіти та популяризації принципів сталого розвитку. Найбільш доцільною для закладу освіти є маломасштабна агровольтаїчна установка навчально-дослідного типу (загальною вартістю $\approx 36\,000 - 50\,000$ грн на 1–2 панелі): вона не потребує потужних інвестицій (можна залучити спонсорів / гранти), проте забезпечує вагомий освітній ефект завдяки впровадженню сучасних STEM-підходів та активному формуванню екологічної культури молоді. Представлена модель агровольтаїки на шкільній навчально-дослідній ділянці розглядається як перспективний елемент просторово-архітектурної трансформації освітнього та сільського середовища.

Подальші розвідки охоплюватимуть як поглиблення теоретичної бази проєкту, так і прикладний етап – розробку паспорта агровольтаїчної установки, що забезпечить нормативно-організаційне підґрунтя для її впровадження в освітній простір.

Сом Марія Олександрівна, студентка
кафедри економіки / аграрної політики
Державно торговельно-економічний
університету, спеціальність 051
Економіка

Науковий керівник: Шинькович А.В.,
к.е.н., доцент кафедри ПУА ДТЕУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218065>

ІНСТИТУЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В ПРОСТОРОВО-АРХІТЕКТУРНІЙ МОДЕЛІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ МАЙБУТНЬОГО

Забезпечення продовольчої безпеки є одним із ключових завдань сучасної державної політики, особливо в умовах глобальних економічних змін, кліматичних викликів та військових ризиків. Для України ця проблема має особливе значення, оскільки аграрний сектор є важливою складовою національної економіки та основою розвитку сільських територій. У сучасних умовах виникає необхідність формування ефективного інституційного механізму забезпечення продовольчої безпеки, який враховуватиме не лише економічні, але й просторові та соціальні аспекти розвитку сільських територій.

Важливу роль у цьому процесі відіграють органи місцевого самоврядування, які забезпечують реалізацію політики продовольчої безпеки на локальному рівні. Саме на рівні територіальних громад формуються умови для розвитку аграрного виробництва, підтримки фермерства та ефективного використання природних ресурсів. Як зазначає А. В. Шинькович, продовольча безпека дедалі більше стає об'єктом уваги системи місцевого самоврядування, оскільки від ефективності управління на місцях залежить стабільність виробництва та доступність продуктів харчування для населення [1, с.116].

Разом з тим формування системи продовольчої безпеки потребує комплексного інституційного підходу. Інституційний механізм включає сукупність державних органів, нормативно-правових актів, економічних інструментів та організаційних структур, що забезпечують ефективне функціонування аграрного сектору. За словами О. Никоненка, формування ефективної системи інституційного забезпечення продовольчої безпеки передбачає взаємодію державної політики, аграрного бізнесу, наукових установ та місцевих громад [2, с.79].

У сучасних умовах особливого значення набуває інтеграція інституційних механізмів продовольчої безпеки з новими моделями розвитку сільських територій. Однією з таких моделей є просторово-архітектурна модель сільських територій, яка передбачає комплексне планування територій, раціональне використання земельних ресурсів, розвиток інфраструктури та збереження природного середовища.

Просторово-архітектурна модель розглядає сільські території не лише як місце ведення аграрного виробництва, а як багатофункціональний простір, де

поєднуються економічна діяльність, житлова інфраструктура, транспортні системи та екологічні елементи. Основними складовими такої моделі є просторове планування, архітектурна реновація, розвиток сучасної інфраструктури та забезпечення принципів сталого розвитку.

Просторове планування базується на врахуванні природних, економічних та соціальних умов розвитку територій. Воно включає раціональне землекористування, зонування територій та розробку схем землеустрою. Архітектурна реновація передбачає модернізацію житлової забудови, створення інвестиційно привабливих об'єктів та формування комфортного середовища для проживання населення.

Важливим елементом є розвиток інфраструктури, яка охоплює транспортні мережі, соціальні об'єкти, логістичні системи та цифрові сервіси. Саме інфраструктурний розвиток сприяє підвищенню ефективності аграрного виробництва та формує передумови для розвитку переробної промисловості та аграрного бізнесу.

Як зазначає О. О. Дубровський, розвиток потенціалу сільських територій у сучасних умовах повинен ґрунтуватися на комплексному підході, що поєднує економічні, соціальні та інноваційні складові розвитку [3]. Такий підхід дозволяє підвищити конкурентоспроможність сільських територій та створити нові можливості для економічного зростання.

Особливу роль у сучасній моделі розвитку сільських територій відіграють інновації та технологічні рішення. До них належать цифровізація аграрного виробництва, використання систем точного землеробства, розвиток логістичних центрів, а також впровадження нових енергетичних технологій, зокрема агровольтаїки.

Агровольтаїка передбачає поєднання сільськогосподарського виробництва з виробництвом сонячної енергії на одних і тих самих земельних ділянках. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність використання земельних ресурсів, забезпечити додаткові джерела доходів для сільських громад та сприяти енергетичній незалежності аграрного сектору.

Важливою умовою функціонування такої системи є ефективний інституційний механізм, який забезпечує координацію між державними органами влади, органами місцевого самоврядування, аграрним бізнесом та науковими установами. Саме така взаємодія створює передумови для сталого розвитку сільських територій та зміцнення продовольчої безпеки держави.

Таким чином, забезпечення продовольчої безпеки у сучасних умовах потребує комплексного підходу, який поєднує інституційні механізми управління з просторово-архітектурними моделями розвитку сільських територій. Інтеграція економічних, соціальних та екологічних компонентів дозволяє створити ефективну систему розвитку аграрного сектору та забезпечити стабільність продовольчого забезпечення населення.

Подальший розвиток аграрної політики України має бути спрямований на посилення інституційної взаємодії між державою, місцевими громадами та аграрним бізнесом, впровадження інноваційних технологій та формування сучасної інфраструктури сільських територій.

Список використаних джерел

1. Шинькович А. В. Продовольча безпека в фокусі уваги системи місцевого самоврядування. [1, с.116].
2. Никоненко О. Формування системи інституційного забезпечення продовольчої безпеки України. [2, с.79].
3. Дубровський О. О. Напрями розвитку потенціалу сільських територій в сучасних умовах. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка», 2025. [3].

Сторожук Світлана Сергіївна, канд.
арх., доцент, зав. кафедрою
містобудування ОДАБА, Архітектура та
містобудування

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218151>

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ДЕПРЕСИВНИХ ЛАНДШАФТІВ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ ОДЕСИ

Наявність багатофункціональних господарських територій у межах прибережної зони є проблемою багатьох приморських міст. Одним із таких міст є Одеса, де значні ділянки на прибережних територіях займають промислові споруди, які своїм протяжним фронтом закривають виходи із житлових районів до берега Чорноморської затоки. Використання цінних територій промислової забудовою загалом обумовлено бурхливим індустріальним розвитком у Європейських містах. За останній час в межах промислових та інших функціональних зон (складських, сільськогосподарських тощо) Одеси створилась мережа депресивних господарських територій, які виникли не тільки на прибережній території міста (район «Пересип»), але і поширились на його центральну і західну частини, а також на прибережну зону Хаджибейського та Куяльницького лиманів (північно-західна частина Одеси) [1, 2].

«Поля зрошення і фільтрації» – мережа замулених і зарослих очеретом каналів, куди надходять стічні води з центру міста; знаходяться у широкій низині біля Хаджибейського лиману, між Жеваховою та Шкодовою горами. Територія, що розташована на периферії полів фільтрації, знаходиться в занедбаному стані; ділянки наближені безпосередньо до полів фільтрації використовуються під складські приміщення та контейнерні термінали (Рис. 1).

Проте історія цих земель починається задовго від розвитку промисловості Одеси та міських оздоровчих курортів на Андріївському лимані (нині Куяльницький) [2, 3].

В античні часи через нинішню Одеську затоку пролягав морський торговельний шлях із Середземномор'я в найбільше грецьке місто північно-західного Причорномор'я – Ольвію, а також в кримські порти. У V – IV ст. до н.е. на Жеваховій горі знаходилося давньогрецьке поселення, коли нинішні Куяльницький та Хаджибейський лимани з'єднувалися з морем судноплавними протоками (рис. 2, а). У районі сучасного Приморського бульвару в той період розташовувалося велике портове місто «Гавань Істріан». Археологічні розкопки у 2006 р. свідчать про те, що тут знаходилися святилища Деметри і Афін, античне місто Істріан, святилище міста-держави Ольвії та Істрії, свідчення перебування поселенців Черняхівської культури, що сприяло наданню Жеваховій горі статусу пам'ятки археології, що охороняється законом. [1, 2, 4].



Рис. 1. Поля зрошення і фільтрації

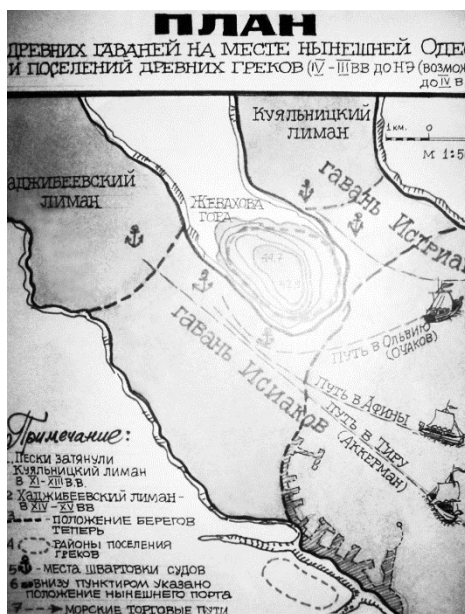
У 1775 році після знищення Запорізької Січі на Шкодовій та Жеваховій горах вздовж берегів Хаджибейського лиману стали оселятись запорізьки козаки (Жевахову гору вони називали «Довга Могила»); заснували кілька сіл, таких як Усатове, Нерубайське і Куяльник [5].

З кінця XIX століття цей район відрізнявся будівництвом дач заможних людей, пляжі Хаджибейського та Куяльницького лиманів використовувались з оздоровчою функцією; тут було побудовано одну з перших в Одесі ліній парового трамвая та конку, створено прибережний парк з ставками, альтанками і фонтанами. З середини XIX століття, на місці бувших соляних промислів, почала функціонувати «Лікарня грязьових і піщаних лиманських ванн» (сучасний санаторій «Куяльник»), яку обслуговували спеціальні колісні яхти – пароплави. Конки і трамвая там не було, але була станція залізниці. Будівництво бальнеологічного курорту Куяльник стало можливим завдяки генерал-майору князю Жевахову, чий хутір знаходився неподалік та саме на його честь названа ця гора [4, 6].

Благоустрій прилеглих до Куяльника солончаків і плавнів почався у 1874 році: міська влада вирішила, щоб не забруднювати море нечистотами каналізаційні стоки направити на зрошення безплідних солончаків Пересипу – низької широкої перемички між Чорним морем і лиманами. Було розроблено унікальний спосіб очищення стічних вод, який на той час визнавала вся Європа. Цей спосіб був заснований на природних процесах очищення води у природі, тобто створенні полів фільтрації. Проходячи через шар ґрунту, стічні води очищалися, а потім вільно йшли дренажними канавами. Надлишкову частину води відводили на спеціальні запасні ділянки для фільтрації. Після очищення її використовували з сільськогосподарською метою – для поливу садів та городів. Така система дозволяла займати все більше землі під зрошувані угіддя. 150 років потому ці землі нагадували квітучий оазис серед пустелі: цвіли та плодоносили буйні сади, які приносили багаті врожаї яблук, груш, персиків,

малини та винограду. У ті часи Одеса повністю забезпечувала себе сама фруктами та овочами [7, 8].

У 1850-х роках на Пересипу (поруч із полями фільтрації) росли ліси, висаджені за розпорядженням градоначальника Олексія Левшина. Однак проіснували вони менше півстоліття та до 1880-х років зникли остаточно через будівництво промислових об'єктів (склади, млини, заводи та фабрики). Таким чином ця територія почала перетворюватись на великий промисловий район. До 1937 року поля зрошення з мережами і дорогами займали 1200 га, з них 140 га знаходилося під полями фільтрації (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. Поля зрошення і фільтрації: а) План давніх гаваней на місці нинішньої Одеси (IV-III ст. до н.е.); б) фрагмент Плана міста Одеси «Заводи і Фабрики» (1920 р.)

Під час Другої Світової Війни дамба Хаджибейського лиману була підірвана і поля були затоплені. Відновити їх вдалося лише на початку 1950-х років, а після епідемії холери у 1970 році використовувати їх для сільського господарства було заборонено. З того часу поля поступово заростали очеретом, перетворювалися на звалище і набували слави кримінального району міста. З одного боку промзона Пересипу, що відокремлює їх від моря, з іншого – Шкодова гора з нафтопереробним заводом, нафтобазами, лакофарбовим та іншими шкідливими виробництвами. З третьої – Хаджибейський лиман з ненадійною дамбою, з четвертою – таємнича Жевахова гора та селище Більшовик – депресивна околиця міста з промисловістю, що розвалилася [7, 8, 9, 10].

Сьогодні поля фільтрації (офіційно залишилась саме ця назва) займають більше 900 га. У генеральному плані міста, який був розроблений у 2014 році (ДІПРОМІСТО) на полях було запроєктовано території з житлово-громадською забудовою (багатоквартирні житлові будинки), спеціалізовані парки (зоопарк,

дитячий, спортивний, історико-археологічний та виставковий парки) та багато інших громадських об'єктів.

Але існувало і багато інших цікавих проектних рішень на цій території. Наприклад у 2008 році була презентована комплексна програма під багатообіцяючою назвою «Екомісто – парк природи, спорту, відпочинку та розваг». Вона охоплювала не лише поля фільтрації, а й територію в районі Хаджибейського та Куяльницького лиманів, Лузанівських озер та Лузанівки, Жевахової гори з селищем Більшовик, Лиманчика та Пересипу. Це близько двох з лишком тисяч гектарів землі. Найпроблемнішу територію – поля фільтрації передбачали осушити, очистити та перетворити на «одеську Венецію», з'єднавши море та лиман каналом; розбити ветланд-парк (де туристи живуть у невеликих будиночках та плавають на човнах); зробити під куполом тропічний острів із джунглями (населеними екзотичними птахами та тваринами з невеликим теплим морем та піщаними пляжами); зоопарк з сафарі; критий гірськолижний курорт; одеський Лас-Вегас; археологічний заповідник на Жеваховій горі; ділові та культурні центри; виставкові комплекси; доступне житло для робочої сили та населення тощо.

Потенціал пересипу та міжлимання великий і для бізнесу дуже привабливий. Але якщо говорити про можливі варіанти освоєння цієї території, то місто насамперед отримало б можливість відновити свій багатий рекреаційний ресурс, а саме створення ландшафтного парку з історико-культурними та спортивними центрами. В першу чергу через те, що в Одесі площа зелених насаджень на душу населення вдвічі нижча за нормативну і постійно звужується. В районі Жевахової гори – відтворення античного грецького села, козацького табору та інших туристичних об'єктів.

Будівництво на полях фільтрації багатоповерхового житла не можливо через надзвичайно проблемну місцевість (з екологічної, санітарної, інженерно-геологічної, токсикологічної, соціодемографічної ситуацій). Через слабкі, підвищеної сейсмонебезпеки ґрунти проектування будинків можливо тільки із розрахунком на 8-9 балів; також недешево обійдеться і регенерація підтоплюваних, болотистих ділянок, токсично та біологічно забруднених. Більш того, поля фільтрації досі акумулюють міські дренажні стоки, тому якщо одні ділянки потребують незначної рекультиваци – очищення, осушення, то сильно забруднені – тривалої реабілітації: до п'яти-семи і більше десяти років. Сусідство з небезпечними промисловими підприємствами (територією полів проходять нафтові, газові, аміачні трубопроводи) порушить тендітну екологічну рівновагу. Небезпечна близькість огорожувальної греблі Хаджибейського лиману та непередбачувані ґрунтові води можуть будь-якої миті підняти до критичних позначок рівень лиману та затопити територію полів зрошення [11].

Загалом, освоєння полів зрошення пов'язане з ризиками, які є великими і недостатньо оцінені. Навіть питання про допустимість перетворення водно-болотного середовища на парк теж потребує системних, комплексних, повномасштабних наукових досліджень та сучасних технологій, як наприклад «natural wastewater treatment systems».

«Natural wastewater treatment systems» – це процес природного очищення стічних вод для використання їх в інших цілях. В той час, як на сільське господарство припадає близько 75% загального світового споживання води (а на інші види промислового використання – близько 20%), природні процеси очищення води не можуть впоратись з такими великими обсягами; очищення вод за вказаним методом зменшує забруднюючі речовини в стічних водах до рівня природи. Існують різні варіанти природного очищення стічних вод, наприклад: засобами водно-болотних угідь (як альтернатива біологічної очистки стічних вод від невеликих джерел забруднення); ставків (вторинна очистка стічних вод), які добре справляються зі стічними водами та нерівномірними гідравлічним і органічним навантаженнями; ставки прості у проектуванні, вони мають невелику площу з точки зору споживання енергії та низькі експлуатаційні витрати. Такий метод очищення дуже актуальний для створення комфортного природно-ландшафтного середовища на «Полях зрошення і фільтрації» [1, 12] (рис. 3).

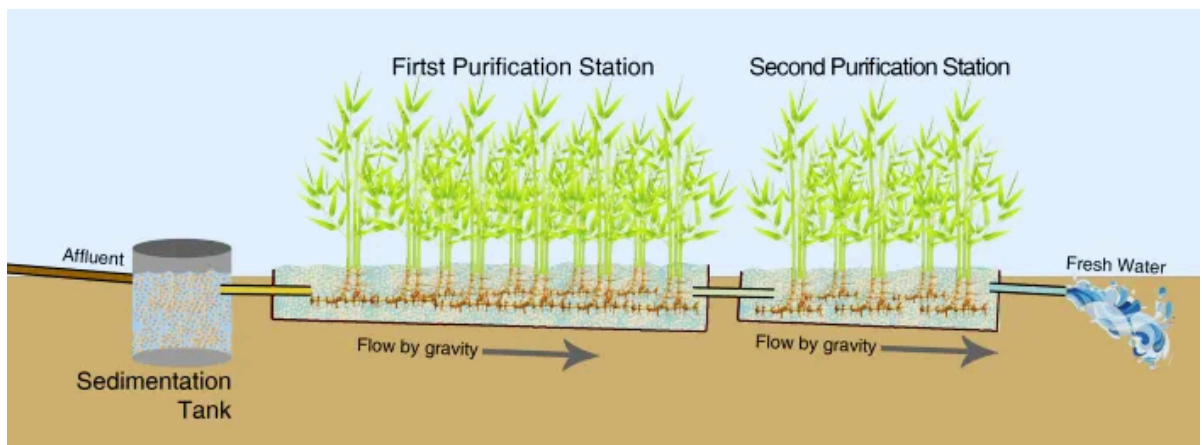


Рис. 3. Системи природного очищення стічних вод (Natural wastewater treatment systems)

Список використаних джерел

1. Сторожук С. С. Принципи рекреаційного використання депресивних господарських територій приморських міст (на прикладі міста Одеси): дис. канд. арх.: 18.00.04. Київ: КНУБА, 2019. 249 с.
2. Сторожук С. С., Пронченко А. В. Изучение исторической значимости промышленных территорий. Жевахова гора. Архітектурний вісник КНУБА: наук.-вироб. збірник. Київ, 2018 Вип.14–15. С. 318–325
3. Сторожук С. С. Формування та еволюція курортної системи Одеси й одеських лиманів у XIX–XX століттях. Просторовий розвиток. Збірник нау-кових праць. Київ: КНУБА, 2026. Вип. 16. С. 193–206 <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2026/%D0%BF%D1%8016.pdf>
4. Панченко Т. Ф., Сторожук С. С. Одеса: містобудівні особливості розвитку приморського міста: [монографія]. ОДАБА. Одеса, 2022. 196 с.
5. Де Рибас Александр. Старая Одесса. Исторические очерки и воспоминания. Одесса, 1913. 380 с.

6. Сторожук С. С., Овсянкін О. П. Передумови створення Етнографічного парку «Шкодова гора» в Одесі. Архітектурний вісник КНУБА. Науково-виробничий збірник. Київ: КНУБА, 2023. Вип. 26-27. С. 198–213 (спеціальності – 191) <https://doi.org/10.32347/2519-8661.2023.26-27.198-213>
7. Сторожук С. С., Чепелєв М.В. Історичний досвід залучення студентів до вирішення проєктних завдань у галузі геодезичних досліджень. VI Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології у плануванні територій». Одеса, ОДАБА. 20-22 листопада 2025 р. С. 357–360
8. Storozhuk S, Kolosiyuk A., Dolgikh M. Historical features of rainwater drainage and the emergence of sewerage in Odesa. V міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми та перспективні напрямки інноваційного розвитку міста» Одеса, ОДАБА. 6-7 листопада 2025 р. С. 273–276
9. Сорокіна Ірина. В Одесі на місці «міського відстійника» у XIX столітті цвіли сади (09.06.2020). Одеське життя. URL: <https://odessa-life.od.ua/article/v-odesse-na-meste-gorodskogo-otstojnika-v-xix-veke-cveli-sady> [Дата звернення 04 квітня 2026].
10. Дозор. Одеські поля зрошення: район між морем та лиманом показали з висоти (ВІДЕО) (26.04.2021). URL: <https://dozor.com.ua/news/region/1226914.html> [Дата звернення 04 квітня 2026].
11. Перстньова Ніна. Занедбані землі. За 15 хвилин їзди від Дерибасівської (01.07.2011). Зеркало недели. URL: https://zn.ua/ECOLOGY/zabroshennye_zemli_v_15_minutah_ezdy_ot_deribasovskoy.html [Дата звернення 09 квітня 2026].
12. theOtherDada. Natural Wastewater Treatment in Remhala Lebanon (21.06.2013). URL: <https://theotherdada.wordpress.com/2013/06/21/natural-wastewater-treatment/> [Дата звернення 10 квітня 2026].

Шевченко Аліса Анатоліївна, доцент
кафедри економічної теорії і економіки
підприємства Одеський державний
аграрний університет

Кіторага Євгеній Сергійович,
здобувач спеціальності С1 «Економіка
та міжнародні економічні відносини»
Одеський державний аграрний
університет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218210>

РОЗВИТОК «ЗЕЛЕНОГО» КООПЕРАТИВНОГО РУХУ НА ЗАСАДАХ АГРОВОЛЬТАЇКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ДОБРОБУТУ СІЛЬСЬКИХ ГРОМАД

В умовах воєнного стану та системної енергетичної кризи в Україні, пошук гібридних моделей землекористування стає стратегічним пріоритетом для відновлення аграрного сектору та зміцнення стійкості сільських територій. Впровадження агровольтаїчних систем у межах кооперативного руху дозволяє громадам не лише забезпечити енергетичну автономність критичної інфраструктури, а й капіталізувати земельні ресурси через механізми вертикальної інтеграції та перехід до «зелених» технологій. Така трансформація є ключовим фактором формування нової соціально - економічної реальності, що гарантує продовольчу безпеку та підвищує конкурентоспроможність вітчизняного агробізнесу на шляху до європейської інтеграції.

Концепція енергетичного кооперативу нового типу передбачає трансформацію традиційного об'єднання аграріїв у багатофункціональний сервісний хаб, де енергетична складова агровольтаїки інтегрується у виробничі цикли. Така модель базується на засадах вертикальної інтеграції, що дозволяє територіальним громадам контролювати ресурси та створювати закриті ланцюги доданої вартості для сталого розвитку територій [1]. Використання сонячної генерації безпосередньо на сільськогосподарських угіддях виступає екологічно - економічним рішенням, яке нівелює дефіцит потужностей та дозволяє ефективно використовувати побічні площі для отримання чистої енергії [2]. Впровадження альтернативних відновлюваних джерел у кооперативну структуру забезпечує технічну базу для автономного функціонування систем зрошення та переробки, що є критично важливим у національному та глобальному вимірах безпеки [3]. Спільне управління такими активами сприяє раціональному ресурсоспоживанню та впровадженню зеленої енергетики, що стає фундаментом стійкості підприємств у межах громади [4]. Таким чином, кооператив нового типу перетворюється на інноваційну платформу, де синергія енергетики та агробізнесу гарантує капіталізацію активів та соціальну стабільність сільських регіонів України.

Механізм спільного володіння в межах агровольтаїчного кооперативу передбачає участь мешканців громади як пайовиків, що трансформує їх із

пасивних спостерігачів на активних суб'єктів вертикальної інтеграції територіального розвитку. Така модель дозволяє диверсифікувати джерела прибутку через одночасне отримання доходів від генерації чистої енергії та частки від реалізації сільськогосподарської продукції, вирощеної в синергії з фотоелектричними системами. Спільне управління сонячними активами та аграрними площами виступає стратегічним екологічно-економічним рішенням, яке мінімізує фінансові ризики пайовиків в умовах системної енергетичної кризи. Використання альтернативних джерел енергії на кооперативних засадах створює стійкий фінансовий потік, незалежний від коливань цін на традиційні енергоносії, що є критично важливим для стабілізації національної економіки на локальному рівні [1]. Впровадження зеленої енергетики через пайову участь сприяє раціональному розподілу ресурсів підприємств громади та підвищує їхній загальний рівень інвестиційної привабливості.

Таким чином, інститут спільної власності в агровольтаїці стає інструментом капіталізації активів громади та гарантом довгострокової соціально-економічної стійкості сільських територій.

Перехід до моделі агровольтаїчного кооперативу створює багаторівневу систему економічних вигід для його учасників, що базується на синергії енергетичного та аграрного секторів. Впровадження такої гібридної моделі дозволяє пайовикам не лише оптимізувати власні витрати, а й сформувати стійку фінансову базу, адаптовану до сучасних викликів української економіки.

Таблиця 1

Економічні переваги для пайовиків агровольтаїчного кооперативу

Категорія переваг	Зміст та економічний ефект	Обґрунтування
Енергетична автономність	Отримання електроенергії за собівартістю для потреб домогосподарств, зрошення та первинної переробки.	Використання альтернативних джерел як база стабільності [3, 4]
Диверсифікація доходів	Одночасне отримання прибутку від генерації енергії та реалізації сільськогосподарської продукції.	Екологічно-економічне рішення енергетичної кризи [5]
Капіталізація активів	Зростання вартості земельних паїв та інфраструктури громади завдяки впровадженню високих технологій.	Вертикальна інтеграція розвитку територій [1]
Оптимізація витрат	Спільне використання техніки, систем захисту рослин та енергомереж, що знижує собівартість продукції.	Ефективне використання ресурсів для сталого розвитку [4]
Фінансова стійкість	Створення прогнозованого грошового потоку від енергетики, що нівелює аграрні ризики (неврожаї, цінові коливання).	Сталий розвиток підприємництва в громаді [1, 4]

Системне поєднання зазначених переваг перетворює агровольтаїчний кооператив на ефективний інструмент самозабезпечення громади, де кожен

пайовик стає бенефіціаром високотехнологічного виробництва. Така модель забезпечує не лише миттєву економію ресурсів, а й стратегічну інвестиційну привабливість сільських територій у довгостроковій перспективі відбудови України.

Фундаментом технологічної синергії в межах кооперативного об'єднання виступає конвергенція фотоелектричних систем та агробіоценозів, що реалізується через просторову оптимізацію та багатофункціональне використання земельного фонду територіальних громад [2]. Дана інтеграція дозволяє трансформувати побічні ефекти сонячної генерації, зокрема контрольоване затінення, у дієвий механізм екологічно-економічної адаптації агровиробництва до умов кліматичної нестабільності та енергетичного дефіциту. Технічне поєднання конструкційних елементів агровольтаїки з інфраструктурою відновлюваних джерел енергії створює автономний енерготехнологічний комплекс, здатний забезпечити сталу інтенсифікацію процесів зрошення та первинної переробки сировини на локальному рівні. Системне впровадження інноваційних рішень «зеленої» енергетики в межах сервісного хабу стимулює перехід до ресурсоефективних моделей сталого розвитку підприємств, мінімізуючи антропогенне навантаження та підвищуючи продуктивність агросистем. Відтак, формування єдиного технологічного контуру кооперативу забезпечує якісно новий рівень капіталізації технологічних активів та формує архітектуру енергетичної незалежності аграрного сектору.



Рис.1. Виклики та бар'єри впровадження

Сформовано авторами

Представлена ієрархія бар'єрів на рис.1 підтверджує, що впровадження агровольтаїки в Україні потребує системного підходу: від гармонізації

законодавства до стимулювання інвестиційної активності громад. Подолання цих викликів є необхідною умовою для перетворення агровольтаїки на дієвий інструмент сталого розвитку та енергетичної незалежності аграрного сектору.

Стратегічні кроки для відбудови України мають зосереджуватися на створенні мережі пілотних агровольтаїчних кооперативів на деокупованих та постраждалих територіях як фундаменту для швидкої ревіталізації сільської інфраструктури. Реалізація таких проєктів потребує активного залучення міжнародної грантової підтримки та коштів фондів відновлення енергетики для покриття первинних капітальних витрат на закупівлю обладнання. Впровадження цієї моделі дозволить громадам ефективно використовувати побічні продукти агровиробництва та сонячну генерацію для подолання енергетичної кризи на локальному рівні. Застосування альтернативних джерел енергії в межах кооперативів забезпечить стабільну роботу систем зрошення та переробки, що є критично важливим для національної продовольчої безпеки. Таким чином, поєднання фінансової допомоги донорів із інноваційними технологіями створить умови для переходу українського села до моделі сталого та енергонезалежного розвитку.

Список використаних джерел

1. Шевченко А.А., Петренко О.П., Ткачук І.Д., Цветкова-Попсуйко О.М. Вертикальна інтеграція як інструмент аграрного розвитку територіальних громад. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. №24. 2025. URL:<https://econp.com.ua/index.php/journal/article/view/675/632>
2. Tetiana Shabatura, Alisa Shevchenko, Olga Petrenko, and Oleksandr Halytskyi. (2024). The by-products of grain production are an ecological and economic solution to the energy crisis. International Conference on Agricultural, Biodiversity and Environmental Economics (ICABEE 2024). BIO Web of Conferences. Stara Zagora, Republic of Bulgaria, June 13, 2024. Volume 114. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411401019> URL: <https://bit.ly/3VI9rGk>
3. Shevchenko Alisa, Slukvina Viktoriia Alternative renewable energy sources. *Браславські читання. економіка XXI століття: національний та глобальний виміри: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції*. (06 листопада 2024, м. Одеса), Одеський державний аграрний університет. Одеса. 2024. с.320 – 324 URL:<https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/11/Braslavski-chytannya-Zbirnyk-2024.pdf>
4. Шевченко А.А., Поліщук В.С., Сімекчі А.Ф. Впровадження зеленої енергетики та ефективного використання ресурсів для сталого розвитку підприємств. *Матеріали Міжнар. наук.-практ. конференція «Сталий розвиток економіки, суспільства та підприємництва»* (м. Івано – Франківськ, 27-28 квітня 2023 р.) с.639-643 URL:<https://nung.edu.ua/news/mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiya-staly-y-rozvytok-ekonomiky-suspilstva-ta>
5. Агровольтаїка. URL:<https://www.ecotech.ua/agrovoltayika/>

2. ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ

Івановський Андрій Володимирович,
старший викладач, кафедра електричної
інженерії ВП НУБіП України «НАТІ»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218397>

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕРМООБРОБКА ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОРАДІАЦІЙНОГО НАГРІВУ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Термічне сушіння є ключовим етапом післязбиральної обробки зерна, що забезпечує його стабільний стан і довготривале зберігання. Традиційно цей процес реалізується переважно конвективними методами, які передбачають використання нагрітого повітря або топкових сумішей як теплоносія. Однак такі технології характеризуються значними енергетичними втратами, зокрема через відведення відпрацьованого теплоносія, що значно знижує їх загальну енергоефективність.

Перспективним напрямом підвищення ефективності сушіння в господарствах із власними СЕС є застосування адресних електрорадіаційних способів підведення енергії безпосередньо до вологи в зерні, зокрема інфрачервоним (ІЧ) та надвисокочастотним (НВЧ) енергопідведенням [1]. ІЧ-нагрів відзначається відносною простотою технічної реалізації, що обумовлює його більш широке використання в агропромислових технологіях термообробки зернових матеріалів в порівнянні з НВЧ. Додаткову інтенсифікацію процесу в ІЧ-сушарках забезпечує застосування вібраційних транспортерів, які створюють умови для рівномірного прогрівання зерна та запобігають локальному перегріву.

Дослідження підтверджують високу ефективність електрорадіаційного нагріву [2], проте розробка і проектування універсальних сушильних ІЧ-установок ускладнюється відсутністю надійних методів визначення раціональних режимних і конструктивних параметрів, а також потребою врахування змінної необхідної потужності енергопідводу в процесі термообробки термолабільних матеріалів. Вирішення зазначених проблем пов'язане з удосконаленням і уточненням математичних моделей нестационарного тепломасообміну.

Існуючі підходи до математичного моделювання процесів сушіння базуються на термодинамічній та дифузійній теоріях, а також емпіричних залежностях. Проте їх застосування обмежене через складність визначення коефіцієнтів тепломасообміну або недостатню універсальність. Перспективним є використання методу зворотних задач, що дозволяє поєднати точність емпіричних і універсальність аналітичних моделей, хоча і потребує додаткових значних обчислювальних ресурсів.

Висновки. За результатами проведених досліджень обґрунтовано доцільність імплементації електрорадіаційного (ІЧ) нагріву в системи термообробки зерна з використанням енергії, отриманої від СЕС господарств. Запропоновано підхід до побудови математичних моделей нестационарного тепломасообміну з урахуванням зміни потужності ІЧ-енергопідводу. Реалізація такого підходу дозволяє визначити напрями підвищення енергоефективності процесу термообробки, зниження питомих витрати енергії та забезпечити високу якість ІЧ-обробки зернових матеріалів

Список використаних джерел

1. Котов, Б.І., Бандура, В.М., Калініченко, Р.А. (2018). Математичне моделювання та ідентифікація тепломасопереносу в рослинному дисперсному матеріалі при сушінні і нагріванні електромагнітним полем надвисокої частоти. *Енергетика та автоматика*. №6. 33–50. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2018.06.033>
2. Kalinichenko, R., Bandura, V., Kotov, B., Pantsyr, Y., Garasymchuk, I., & Stepanenko, S. (2026). Kinetics of grain material drying in installations with intermittent energy supply by microwave and infrared radiation. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 16(1), 62–66. <https://doi.org/10.35784/iapgos.7318>

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ДОСУШУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА В БУНКЕРАХ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРООСМОСУ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Охолодження зерна після сушіння є необхідною технологічною операцією, що проводиться для запобігання конденсації вологи з повітря на поверхні нагрітого зерна і видалення залишкової вологи [1]. Найбільш розповсюджені шахтні охолоджувачі з коробами розподілу повітря, які вмонтовані в сушильні установки, є малоефективними, оскільки інтенсифікація охолодження обмежена швидкістю повітря для запобігання виносу зерна із коробів. Виносні колонкові охолоджувачі також мають суттєві недоліки: їх вертикальна компоновка зумовлює використання транспортних засобів (переважно норій) значної висоти.

Аналіз схем використання охолоджувачів зерна показує, що металоємність існуючих установок (особливо для ліній високотемпературної обробки) досягає 40% від загальної металоємності сушильного обладнання. Відомі методи інтенсифікації, такі як вібраційне та аеро транспортування, дозволяють підвищити ефективність тепломасообміну, проте потребують додаткових витрат енергії.

Для зниження металоємності та підвищення теплоенергетичної ефективності доцільно проводити досушування та охолодження в бункерах активного вентилявання коаксіального типу із застосуванням електрофізичного явища електроосмосу.

Конструктивно такий бункер представляє собою систему двох циліндрів, де зовнішній перфорований циліндр використовується в якості позитивного електрода (анода), внутрішній центральний циліндр (повітророзподільник) використовується в якості негативного електрода (катода).

Зерно є колоїдним капілярно-пористим тілом. При накладанні постійного електричного поля між стінками бункера виникає явище електроосмосу – спрямований дифузійний рух вологи (яка містить розчинені іони і має слабкий позитивний заряд) по капілярах зернівки до негативно зарядженого електрода.

Електроосмос прискорює також внутрішню дифузію – електричне поле "витягує" вологу з глибинних шарів зернівки на її поверхню значно швидше, ніж це відбувається за рахунок звичайного градієнта вологовмісту.

Оскільки волога інтенсивно мігрує до внутрішнього циліндра (звідки зазвичай подається або куди відсмоктується потік повітря), вона миттєво підхоплюється охолоджуючим агентом. Це дозволяє зменшити об'єм повітря, пропорційно до зменшення ентальпії зернового матеріалу.

Витрати електричної енергії на створення поля для електроосмосу є мінімальними порівняно з витратами на нагрівання повітря або механічне переміщення великих мас зерна.

Сформульована математична модель стаціонарного процесу охолодження та досушування зерна в умовах накладеного електричного поля може бути описана системою диференціальних рівнянь, де кінетика вологоперенесення враховує додаткову рушійну силу.

Рівняння швидкості зміни вологовмісту зерна набуває вигляду:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial r} \left(a_m \frac{\partial U}{\partial r} + a_m \delta \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) + k_E \frac{\partial E}{\partial r}; \quad (1)$$

де: U – вологовміст зерна; τ – час; r – радіальна координата бункера; a_m – коефіцієнт дифузії води; δ – термоградієнтний коефіцієнт; θ – температура зерна; k_E – коефіцієнт електроосмотичного перенесення води; E – напруженість постійного електричного поля між циліндрами бункера.

Інтенсифікація сушіння пришвидшує темп охолодження зерна, оскільки швидкість зміни температури матеріалу змінюється за залежністю [2]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{\varepsilon r_0}{c_z} \frac{\partial U}{\partial \tau}; \quad (2)$$

де: a – коефіцієнт температуропровідності ε – критерій фазового перетворення; c_z – питома теплоємність зерна, на одиницю маси кг; r_0 – питома теплота пароутворення; θ – температура зерна;

Важливим аспектом практичної реалізації запропонованого методу є його висока сумісність із системами відновлюваної енергетики, зокрема сонячними електростанціями (СЕС). Інтеграція СЕС у процес електроосмотичного досушування та охолодження зерна є технологічно та економічно доцільною з ряду причин:

1. Пряме використання постійного струму (DC): фотоелектричні модулі генерують постійний струм, який є необхідним для створення спрямованого електричного поля та перебігу явища електроосмосу. Це дозволяє живити електроди бункера напряму від сонячних панелей (через DC/DC контролер), уникаючи подвійного перетворення енергії (DC-AC-DC), що суттєво знижує технічні втрати та підвищує загальний ККД системи;

2. Сезонна синхронізація: період масового збирання, сушіння та закладання зерна на зберігання (кінець літа – перша половина осені) характеризується достатнім рівнем сонячної інсоляції. Це дозволяє максимально ефективно використовувати генеровану енергію саме в періоди пікових технологічних навантажень на підприємстві.

3. Локальна автономність: агропромислові об'єкти та зерносховища часто розташовані у сільській місцевості з обмеженими потужностями або нестабільною роботою централізованих електромереж. Використання СЕС забезпечує безперебійність процесу охолодження та досушування, що є критично важливим для збереження якості зернової маси.

4. Мінімізація експлуатаційних витрат: обладнання для реалізації електроосмосу є технічно і експлуатаційно не складним, живлення

електроосмотичної установки та вентиляторів від надлишкової генерації власної СЕС господарства дозволяє значно зменшити матеріальні витрати на фінальних етапах обробки зерна, одночасно зменшуючи вуглецевий слід продукції.

Висновки. Застосування бункерів активного вентилявання з інтегрованою системою електроосмотичної інтенсифікації (де зовнішній циліндр є анодом, а внутрішній – катодом) дозволяє підвищити вологовіддачу зерна на фінальних етапах обробки. Це забезпечує ефективне зняття залишкової вологи в єдиному технологічному потоці з охолодженням та підвищує продуктивність обладнання. Інтеграція такої установки із сонячними електростанціями відкриває шлях до прямого використання постійного струму без втрат на інвертування, що гарантує високу енергоефективність, екологічність та енергетичну автономність післязбиральної обробки зерна.

Список використаних джерел

1. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Швидя В. О., Лісецький В. О. Фізико-механічні моделі технологічних процесів і установок для післязбиральної обробки зернових та олійних культур : монографія. — Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2025. — 504 с.
<https://doi.org/10.37204/978-617-640-728-7>
2. Котов Б. І. Моделювання тепло- і масопереносу в процесах сушіння зерна під впливом електромагнітного поля / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, Ю. І. Панцир, І. Д. Герасимчук // Енергетика і автоматика. - 2024. - № 2. - С. 29-43.

Квак Володимир Михайлович,
завідувач лабораторії
науково-технічного забезпечення
технологій виробництва, переробки та
використання біомаси, Інституту
біоенергетичних культур і цукрових
буряків НААН України
ORCID ID: 0000-0001-8996-0101
Воробйов Олександр Миколайович,
аспірант Інституту біоенергетичних
культур і цукрових буряків НААН
України
ORCID ID: 0009-0005-9784-6313
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218547>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІСКАНТУСУ В СИСТЕМІ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ

В контексті сучасних кліматичних викликів, зростаючого попиту на відновлювані джерела енергії та необхідності раціонального використання земельних ресурсів актуальності набувають інтегровані агроенергетичні системи. Агровольтаїка (агровольтаїчні системи, АВС) — технологія одночасного використання земельної ділянки для виробництва сільськогосподарської продукції та генерації сонячної електроенергії — є одним із перспективних напрямів сталого землеробства. Впровадження АВС в Україні, яка має значний сонячний потенціал (до 1400–1500 кВт·год/м² на рік у південних регіонах) і понад 40 млн гектарів сільгоспземель, набуває стратегічного значення в умовах воєнного часу та кризи енергетичної безпеки. Перспективною культурою для інтеграції в АВС є міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus*) — багаторічна трав'яниста рослина з фотосинтезом типу C₄, яка поєднує надвисоку біомасову продуктивність, посухостійкість та здатність відновлювати деградовані ґрунти [1].

Міскантус гігантський є однією з найефективніших енергетичних культур у помірному кліматі. Стабільна врожайність сухої маси становить 18–25 т/га на рік, а в умовах оптимального агрофону досягає 20–25 т/га, що забезпечує енерговихід до 500 ГДж/га. Теплотворна здатність біомаси — 17 МДж/кг, а вміст вологи за природного висихання — 14–16%, що робить її придатною для виробництва пелет та прямого спалювання. Важливо, що культура є вуглецевонегативною: один гектар посівів поглинає близько 30 т CO₂ за сезон, а 40% вуглецю депонується в ґрунті у вигляді кореневищ [2].

Згідно з дослідженнями ІБКіЦБ НААН України, гранули з міскантусу мають теплотворну здатність на рівні 17,0–19,0 МДж/кг, що є одним із найкращих показників серед біоенергетичних культур. Для порівняння, одна тонна таких гранул енергетично еквівалентна приблизно 515 м³ природного газу

або 800 кг кам'яного вугілля, що підкреслює високу енергоефективність культури в системах автономного енергозабезпечення [9].

Польовий А.М. та співавт. [3], провели агроекологічну оцінку впливу кліматичних сценаріїв на продуктивність міскантусу в умовах Північного Степу України за сценаріями RCP6.0 та RCP8.5 (2021–2050 рр.). За сценарієм RCP6.0 очікується навіть збільшення врожайності до 23,4 т/га (115% від базового рівня 20,3 т/га) завдяки зростанню надходження ФАР. За «жорстким» сценарієм RCP8.5, попри суттєве зниження кількості опадів на 26%, продуктивність культури прогнозується на рівні 96% від базової (19,4 т/га), що свідчить про її виняткову посухостійкість. Це пов'язано з С4-типом фотосинтезу, завдяки якому міскантус економно витрачає воду та ефективно засвоює CO₂ навіть за підвищених температур.

Агровольтаїчні системи передбачають встановлення фотоелектричних панелей над посівами таким чином, щоб забезпечити одночасне виробництво електроенергії та сільськогосподарської продукції. Дослідження проведені в Чеській Республіці Janota L. та співавт. [4], демонструють успішне поєднання АВС з плантаціями *Miscanthus* × *giganteus* у рамках концепції енергетичних спільнот, спрямованих на підвищення енергетичної самодостатності сільських територій. Аналіз цього кейсу свідчить, що інтеграція міскантусу в АВС є комплексним рішенням з підвищення загальної стійкості регіональних енергосистем.

Доцільність поєднання міскантусу з сонячними панелями визначається кількома чинниками. По-перше, висота рослин (2–4 м) дозволяє раціонально проектувати конструкції з піднятими панелями без значного затінення культури. По-друге, міскантус є відносно тіньостійким порівняно з більшістю зернових завдяки ефективній С4-фотосинтетичній системі. По-третє, сонячні панелі захищають посіви від граду, сильних дощів та перегріву ґрунту, що особливо важливо в умовах екстремальних кліматичних явищ. За різними оцінками, агровольтаїчні системи підвищують продуктивність землекористування на 35–73% завдяки подвійному використанню площі [5].

Глобальні зміни клімату в Україні проявляються насамперед у зростанні частоти посух, підвищенні температур та нерівномірності опадів, що критично впливає на продуктивність агробіоценозів. У цьому контексті міскантус демонструє ряд адаптивних переваг: розвинена коренева система (понад 2,5 м завглибшки) забезпечує доступ до ґрунтової вологи в посушливий період, тривалий вегетаційний сезон (квітень–листопад) оптимізує використання сонячної радіації. Підвищення середньорічних температур на 1,8°C за сценарієм RCP6.0 не є лімітуючим чинником, а навпаки, сприяє пролонгації вегетаційного сезону [1, 3].

Особливої уваги заслуговує здатність міскантусу відновлювати деградовані та «маргінальні» ґрунти, у тому числі забруднені радіонуклідами, що є вкрай актуальним для постконфліктного відновлення земель в Україні. Вирощування культури протягом 10–15 років у ґрунті накопичується 15–20 т/га кореневищ (7,2–9,2 т/га вуглецю), що суттєво покращує структуру ґрунту та збільшує його родючість. В умовах АВС ці процеси посилюються завдяки

мікрокліматичним ефектам затінення: зниженню температури ґрунту, зменшенню випаровування та збереженню вологи [6].

Україна зберігає значні площі малопродуктивних і виведених з обороту сільськогосподарських угідь, де вирощування традиційних культур є нерентабельним. Впровадження АВС з міскантусом на таких площах дозволяє одночасно вирішити декілька стратегічних завдань: забезпечення відновлюваними джерелами електроенергії аграрного сектору, відновлення ґрунтового покриву, виробництво твердого біопалива та отримання карбонових кредитів. Оцінка економічної ефективності бінарних посівів міскантусу з бобовим компонентом показала рентабельність на рівні 179,3%, що підтверджує комерційну привабливість культури [7].

Водночас залишається ряд невирішених завдань: відсутність вітчизняних стандартів проектування АВС для енергетичних культур, недостатність польових досліджень взаємовпливу затінення сонячними панелями та продуктивності міскантусу в умовах різних кліматичних зон України, а також нормативно-правова неврегульованість статусу агроvoltaїки як форми землекористування [8].

Висновки

Міскантус гігантський є перспективною культурою для інтеграції в агроvoltaїчні системи завдяки поєднанню надвисокої біомасової продуктивності (до 25 т/га), кліматичної стійкості та екосистемних послуг.

Прогнозне моделювання за сценаріями ІРСС підтверджує стабільність урожайності міскантусу в умовах кліматичних змін до 2050 р. на рівні 96–115% від базових значень.

Синергетичний ефект поєднання АВС з міскантусом полягає у взаємному посиленні функцій: сонячні панелі захищають посіви від кліматичних стресів, а рослинний покрив знижує перегрів панелей та підвищує їх ефективність.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку типових проектних рішень АВС для умов різних агрокліматичних зон України та вдосконалення нормативно-правової бази у сфері агроvoltaїки.

Список використаних джерел

1. Кателевський В. М., Цапко Ю. Л. Міскантус — універсальна культура сьогодення. Агрохімія і ґрунтознавство. 2024. Вип. 96. С. 52–57.
2. Міскантус в Україні : монографія / М. В. Роїк, В. М. Сінченко, В. І. Пиркін та ін. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с.
3. Польовий А. М., Вольвач О. В., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Агроекологічна оцінка впливу змін клімату на умови вирощування і продуктивність насаджень міскантусу в Північному Степу. Екологічні науки. 2021. № 7 (34). С. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.19>.
4. Janota L., Vávrová K., Weger J., Knápek J., Králík T. Complex methodology for optimizing local energy supply and overall resilience of rural areas: A case study of Agrovoltaic system with *Miscanthus × giganteus* plantation within the energy

community in the Czech Republic. Renewable Energy. 2023. Vol. 214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.06.007>.

5. Артмаш. Міскантус проти кризи: як ця рослина змінює енергетичний баланс країни. Agromash.ua. 2025. URL: <https://artmash.ua/article/miskantus-protiv-krizisa-kak-eto-rastenie-menyaet-energetic-heskij-balans-strany> (дата звернення: 16.04.2026).

6. Solar Invest Group. Агровольтаїка в Україні — подвійний врожай сонця та землі. Sig.energy. 2025. 8 квіт. URL: <https://www.sig.energy/agrovoltayika-v-ukrayini-podvijnyj-vrozhaj-sonczya-ta-zemli/> (дата звернення: 16.04.2026).

7. Kulyk M., Kalinichenko O., Lesiuk V., Rozhko I., Teteriuk R. Assessment of the economic and energy efficiency of giant miscanthus biomass production depending on cultivation methods and crop fertilization. Scientific Progress & Innovations. 2025. Vol. 28, No. 4. P. 87–93. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.12>.

8. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Агровольтаїка: нові можливості для української енергетики та агросектора : новина. Офіційний сайт ДАЕТ. 10.06.2025. URL: <https://saee.gov.ua/news/ahrovoltaika-novi-mozhlyvosti-dlia-ukrainskoi-enerhetyky-t-a-ahrosektora> (дата звернення: 16.04.2026).

9. Роїк М. В., Кравчук В. І. Міскантус гігантеус: горизонти інноваційних досліджень. Біоенергетика. 2025. № 1-2. С. 4–6. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2023.290613>

Кохан Олександр Сергійович,
аспірант кафедри цифрових технологій
в інжинірингу, Національного
університету «Одеська політехніка»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218694>

МОДЕЛІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ

Актуальність. Агровольтаїка поєднує виробництво електроенергії з фотоелектричних модулів (ФЕМ) та сільськогосподарське виробництво на одній земельній ділянці [1, 2]. Для ефективного управління такими системами необхідне точне вимірювання ключових параметрів: фотосинтетично активної радіації (PAR), глобальної інсоляції, електричної потужності, напруги, струму, температури ФЕМ, вологості ґрунту тощо [2, 3]. Відсутність єдиних метрологічних моделей призводить до похибок у розрахунках балансу «енергія – врожай», що знижує ефективність агровольтаїчних проєктів. Тому актуальним є розробка моделей метрологічного забезпечення, які враховують специфічні умови експлуатації (затінення, запилення, зміну кута панелей) [4].

Мета роботи. Розробити комплексну модель метрологічного забезпечення для систем агровольтаїки, яка включає:

- номенклатуру вимірюваних величин та вимоги до точності;
- моделі похибок для основних сенсорів (PAR, інсоляція, потужність);
- методику калібрування та періодичності перевірки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в умовах агровольтаїчного поля.

Моделі метрологічного забезпечення. Номенклатура та вимоги до точності (таблиця 1) [5].

Таблиця 1. вимоги до ЗВТ для агровольтаїки:

Параметр	Діапазон	Допустима похибка
PAR	0–1500 Вт/м ²	±5 %
Глобальна радіація	0–1500 Вт/м ²	±3 %
Електрична потужність	0–100 кВт	±2 %
Температура ФЕМ	-20...+80 °C	±0,5 °C
Вологість ґрунту	0–100 % ПВ	±3 %

Об'єкти та методи дослідження. Об'єкт – агровольтаїчне поле потужністю 50 кВт (Львівська обл.) з вертикальними біфаціальними панелями. Використано:

- датчики PAR (SQ-520, Apogee) з діапазоном 0–2500 мкмоль·м⁻²·с⁻¹;
 - піранометри (CMP21, Kipp & Zonen) для глобальної радіації [6];
 - аналізатори потужності (Fluke 435) [7];
 - термопари та датчики вологості [8].
- Методи: математичне моделювання похибок за стандартом ISO/IEC Guide 98-3:2008 (GUM), розрахунок невизначеності вимірювань типу А та Б [9].

Модель похибки вимірювання PAR під панелями. Виміряний PAR у точці поля PAR_{meas} відрізняється від істинного PAR_{true} через:

- власну похибку сенсора δ_{sens} ;
- похибку позиціонування (відхилення від геометричного центра тіні) δ_{pos} ;
- похибку через нерівномірність світлового поля δ_{hom} .

Сумарна відносна похибка:

$$\frac{\Delta PAR}{PAR} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{sens}}{PAR}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{pos}}{PAR}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{hom}}{PAR}\right)^2} \quad (1)$$

Оцінки: $\delta_{sens} = 0,05 \cdot PAR$ (паспортні дані), $\delta_{pos} = 0,03 \cdot PAR$ (при відхиленні 0,1 м), $\delta_{hom} = 0,07 \cdot PAR$ (через плямистість тіней). Тоді:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta PAR}{PAR} &= \sqrt{0,05^2 + 0,03^2 + 0,07^2} = \sqrt{0,0025 + 0,0009 + 0,0049} = \\ &= \sqrt{0,0083} \approx 0,091 = 9,1\% \end{aligned}$$

Отже, похибка вимірювання PAR в агровольтаїчних умовах сягає 9 %, що вище паспортної (5 %). Необхідне коригування.

Модель калібрування піранометра під панелями.

Класичне калібрування піранометра виконується на відкритому просторі. В агровольтаїці частина поля знаходиться в тіні. Пропонується модель корекції:

$$G_{true} = G_{meas} \cdot k_{shade} \cdot k_{temp} \cdot k_{tilt} \quad (2)$$

де:

$k_{shade} = 1/(1 - S)$ – коефіцієнт затінення (S – частка тіні на сенсорі);

$k_{temp} = 1 + \beta(T_{sens} - 25^\circ\text{C})$ – температурна корекція ($\beta = 0,002 \text{ K}^{-1}$);

$k_{tilt} = \cos(\theta_{sens} - \theta_{sun})$ – корекція на нахил сенсора.

Для типових умов ($S = 0,2$, $T = 35^\circ\text{C}$, $\theta_{sens} = 25^\circ$, $\theta_{sun} = 40^\circ$):

$k_{shade} = 1/(0,8) = 1,25$, $k_{temp} = 1 + 0,002 \cdot 10 = 1,02$, $k_{tilt} = \cos(15^\circ) = 0,9659$

$$G_{true} = G_{meas} \cdot 1,25 \cdot 1,02 \cdot 0,9659 \approx 1,231 \cdot G_{meas}$$

Без корекції похибка склала б +23 %.

Модель невизначеності вимірювання потужності ФЕМ. Потужність ФЕМ обчислюється як $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$. Невизначеність вимірювання за GUM:

$$u_c(P) = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial U}\right)^2 u^2(U) + \left(\frac{\partial P}{\partial I}\right)^2 u^2(I) + \left(\frac{\partial P}{\partial \cos\phi}\right)^2 u^2(\cos\phi)} \quad (3)$$

При $U = 400 \text{ В}$, $I = 125 \text{ А}$, $\cos\phi = 0,95$, стандартні невизначеності:

$u(U) = 0,5 \text{ В}$, $u(I) = 0,2 \text{ А}$, $u(\cos\phi) = 0,005$:

$$\begin{aligned}
u_c(P) &= \sqrt{(125 \cdot 0,95)^2 \cdot 0,5^2 + (400 \cdot 0,95)^2 \cdot 0,2^2 + (400 \cdot 125)^2 \cdot 0,005^2} = \\
&= \sqrt{(118,75)^2 \cdot 0,25 + (380)^2 \cdot 0,04 + (50000)^2 \cdot 0,000025} = \\
&= \sqrt{14101,56 \cdot 0,25 + 144400 \cdot 0,04 + 2,5 \cdot 10^9 \cdot 0,000025} = \\
&= \sqrt{3525,39 + 5776 + 62500} = \sqrt{71801,39} \approx 268 \text{ Вт}
\end{aligned}$$

Розширена невизначеність ($k = 2$) – 536 Вт, що становить 1,07 % від 50 кВт – прийнятно.

Метрологічне забезпечення в часі. Рекомендована періодичність калібрування/перевірки:

- датчики PAR, піранометри – 1 раз на 6 місяців (через запилення та деградацію);

- аналізатори потужності – 1 раз на рік;

- датчики температури/вологості – 1 раз на 2 роки.

Додатково: щотижневе очищення сенсорів та візуальний контроль.

Висновки. Запропоновано номенклатуру вимірюваних величин для агровольтаїки з вимогами до точності (похибка PAR – 5 %, потужності – 2 %). Розроблено модель похибки вимірювання PAR під панелями, яка показує, що сумарна похибка сягає 9,1 % через нерівномірність освітлення. Виведено модель калібрування піранометра з коефіцієнтами корекції на затінення, температуру та нахил; без корекції похибка може досягати 23 %. Виконано розрахунок невизначеності вимірювання потужності за GUM – розширена невизначеність становить 1,07 %. Рекомендовано періодичність калібрування: для оптичних сенсорів – 6 місяців, для електричних – 1 рік. Перспективи. Інтеграція моделей метрологічного забезпечення в цифровий двійник агровольтаїчного поля; розробка мобільного калібрувального стенду для польових умов.

Список використаних джерел

1. Іваненко М.В. Метрологічне забезпечення енергетичних систем. Монографія. Київ: Аграрна наука. 2023. 280 с.
2. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Geneva: ISO. 2008. 134 p.
3. Weselek A., Ehmann A., Zikeli S., Lewandowski I., Schindele S., Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 39. Article 35. P. 1-20.
4. Trommsdorff M., Kang J., Reise C., Schindele S., Bopp G., Ehmann A., Weselek A., Högy P., Obergefell T. Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable farming. *Applied Energy*. 2021. Vol. 304. 117743.
5. Apogee Instruments. *SQ-520 Series Quantum Sensor: Owner's Manual*. Logan: Apogee Instruments. 2024. 28 p.

6. Kipp & Zonen. *CMP21 Pyranometer Manual*. Delft: Kipp & Zonen. 2022. 40 p.
7. Fluke Corporation. *Fluke 435 Power Quality Analyzer User Manual*. Everett: Fluke. 2023. 112 p.
8. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops is possible: First results of the SUNRISE agrivoltaic project in southern France. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2011. Vol. 26(2). P. 104-120.
9. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2019. 32 с.

Кушніренко Анатолій Григорович,
к.т.н., доцент, кафедра електричної
інженерії ВП НУБіП України «НАТІ»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218741>

ПОЄДНАННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ В ГОСПОДАРСТВАХ

Сучасне сільське господарство функціонує в умовах прогресуючих змін клімату (посухи, зниження родючості ґрунтів) та зростаючих вимог до екологічності продукції. Це зумовлює необхідність пошуку та впровадження інноваційних, енергоефективних і безпечних для довкілля технологій. Одним із таких рішень є використання електротехнологій, зокрема мікрохвильового (НВЧ) обробітку насіння перед посівом. Водночас, стрімкий розвиток відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) відкриває шляхи для автономного енергозабезпечення таких процесів.

Мета дослідження – проаналізувати ефективність передпосівної мікрохвильової стимуляції насіння зернових культур та обґрунтувати доцільність її поєднання з використанням енергії локальних ВДЕ у межах окремих господарств.

Передпосівна мікрохвильова обробка базується на впливі електромагнітного поля надвисокої частоти на посівний матеріал, що активізує його внутрішні біологічні процеси. Серед основних позитивних ефектів НВЧ-стимуляції варто виділити глибоке знезараження насіння шляхом знищення грибків та плісняви, що створює передумови для суттєвого зменшення або навіть повної відмови від використання хімічних протруйників [1]. Крім того, така обробка сприяє значному підвищенню енергії проростання, формуванню потужної кореневої системи, прискоренню дозрівання сільськогосподарських культур та покращенню виживаності рослин після перезимівлі. Багаторічні дослідження вітчизняних наукових установ підтверджують високу ефективність технології, фіксуючи суттєвий приріст урожайності: до 32% для озимої пшениці, 13% для озимого ячменю, 59% для гороху та до 70% для гречки [2]. Завдяки збільшенню обсягів збору врожаю, економії на пестицидах та покращенню якості зерна, окупність інвестицій та реальний економічний ефект досягаються в середньому вже за чотири місяці.

Попри очевидні переваги, головним стримуючим фактором для широкого масштабування технології залишається значна енергоємність НВЧ-установок. Рациональним вирішенням цієї проблеми є їхня впровадження в енергосистему господарств, які володіють власними ВДЕ. Таке поєднання забезпечує підприємству високий рівень енергетичної автономності та мінімізує залежність від зовнішніх мереж. Використання доступної «зеленої» енергії від ВДЕ робить мікрохвильову обробку значно рентабельнішою, дозволяючи ефективно балансувати енергосистему шляхом спрямування надлишкової потужності в періоди пікової генерації безпосередньо на технологічний процес. Поєднання

безхімічної підготовки насіння з відновлюваною енергетикою гарантує абсолютну екологічність виробництва та дозволяє отримувати продукцію з мінімальним вуглецевим слідом. Для успішної практичної реалізації цього підходу критично важливою є детальна оптимізація режимів обробки під конкретні культури, повна автоматизація процесів, а також технічна сумісність НВЧ-обладнання із сучасними Smart-системами ВДЕ та накопичувачами енергії для нівелювання добової нерівномірності генерації.

Висновки. Поєднання передпосівного мікрохвильового обробітку насіння з локальними ВДЕ є перспективним інноваційним напрямом для аграрного сектору. Технологія гарантує підвищення врожайності, зниження операційних витрат на хімічний захист і електроенергію, а також сприяє екологізації сільського господарства. Подальше впровадження потребує активнішої інформаційної та державної підтримки інноваційно орієнтованих агровиробників.

Список використаних джерел

1. Мікрохвильовий протруювач насіння від заводу «Вітязь». *Завод «Вітязь» : офіційний сайт.* URL: <https://mzv.com.ua/product/mikrosvilovij-protruyuvach-nasinnya-vid-zavodu-vityaz/> (дата звернення: 10.04.2026).
2. Медуниця Ю. Мікрохвилі стають у пригоді аграріям. *Урядовий кур'єр.* 2015. 23 груд. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/mikrosvili-stayut-u-prigodi-agraryam/>

Майбородіна Наталія Вікторівна,
доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедри
природничо-математичних та
загальноінженерних дисциплін ВП
НУБіП України «НАТІ»

Герасименко В'ячеслав Панасович,
доцент, к.т.н., доцент кафедри
електричної інженерії ВП НУБіП
України «НАТІ»

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218753>

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ОСНОВА ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

У роботі досліджено використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області як базу для впровадження агровольтаїчних систем у регіоні. Побудовано математичну модель електроспоживання на основі статистичних даних за 2016–2024 роки [1]. Обґрунтовано можливості використання отриманих результатів для планування гібридних енергетичних систем «аграрне виробництво + сонячна генерація». Визначено перспективи застосування агровольтаїки як інструменту енергетичної незалежності та відбудови регіону.

В умовах післявоєнної відбудови України особливого значення набуває забезпечення енергетичної незалежності регіонів, особливо прикордонних, таких як Чернігівська область. Руйнування енергетичної інфраструктури, нестабільність електропостачання та зростання вартості енергоресурсів створюють необхідність пошуку альтернативних джерел енергії.

Агровольтаїка — як поєднання сільськогосподарського виробництва та генерації сонячної енергії — розглядається як перспективний напрям відновлення економіки. Проте ефективне впровадження таких систем потребує попереднього аналізу енергоспоживання підприємств, що дозволяє визначити параметри генерації, накопичення та розподілу електроенергії [2].

Таким чином, актуальним є дослідження закономірностей використання електричної енергії підприємствами та побудова математичних моделей, які можуть слугувати основою для інтеграції агровольтаїчних систем [3, 4].

Сучасні дослідження у сфері агровольтаїки демонструють значний потенціал поєднання аграрного виробництва з генерацією електроенергії [5, 6]. Водночас питання оптимального узгодження виробництва та споживання енергії залишаються недостатньо дослідженими, особливо для регіонального рівня [7].

Методи прогнозування електроспоживання включають як класичні статистичні підходи (регресійний аналіз, ARIMA), так і сучасні методи машинного навчання. Проте для умов обмежених даних та необхідності

швидкого впровадження рішень доцільним є використання економетричних моделей, що забезпечують достатню точність і простоту інтерпретації [2].

Метою роботи є побудова математичної моделі використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області та обґрунтування можливостей її застосування для впровадження агровольтаїчних систем у регіоні.

Інформаційну базу дослідження становлять статистичні дані щодо використання електроенергії підприємствами Чернігівської області за 2016–2024 роки [1].

У роботі використано:

- методи описової статистики;
- кореляційний аналіз;
- регресійний аналіз (метод найменших квадратів);
- інструменти табличного процесора Microsoft Excel.

Моделювання здійснювалося шляхом побудови трендових залежностей та оцінювання їх адекватності за коефіцієнтом детермінації.

Аналіз динаміки електроспоживання підприємствами показав:

- 2016–2018 рр. - стабільний рівень споживання;
- 2019–2021 рр. - поступове зниження (вплив COVID-19);
- 2022 р. — різке падіння через військові дії;
- 2023–2024 рр. - часткове відновлення.

Ці тенденції свідчать, що електроспоживання є чутливим індикатором економічної активності та стійкості регіону.

У результаті моделювання встановлено, що найкращу апроксимацію забезпечує поліноміальна модель третього степеню з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9303$, що підтверджує її високу достовірність.

Отримані результати моделювання основі розробленої моделі зображено на рис. 1.



Рис.1. Отримані результати моделювання основі розробленої моделі

Отримані результати дозволяють сформувати підґрунтя для впровадження агровольтаїчних систем у Чернігівській області:

1. Оцінка енергетичних потреб підприємств - модель дозволяє визначити прогностні обсяги споживання, що є ключовим для розрахунку потужності сонячних установок.

2. Оптимізація генерації та споживання - узгодження графіків споживання електроенергії з генерацією сонячних електростанцій.

3. Зменшення залежності від централізованих мереж - використання локальної генерації підвищує енергетичну стійкість підприємств.

4. Підвищення ефективності використання земель - агровольтаїка дозволяє поєднувати виробництво сільськогосподарської продукції та генерацію електроенергії.

5. Формування енергетичних кластерів - можливе створення локальних енергетичних систем на базі агропідприємств.

Наукова новизна полягає у поєднанні математичного моделювання електроспоживання з концепцією впровадження агровольтаїки на регіональному рівні, що дозволяє обґрунтувати параметри енергетичних систем у процесі післявоєнної відбудови.

Результати дослідження можуть бути використані:

- органами влади — для формування енергетичної політики регіону;
- аграрними підприємствами — для впровадження власної генерації;
- інвесторами — для оцінки доцільності агровольтаїчних проєктів;
- енергетичними компаніями — для планування навантажень.

Висновки. У роботі побудовано математичну модель використання електричної енергії підприємствами Чернігівської області, яка дозволяє здійснювати прогнозування енергоспоживання. Встановлено, що електроспоживання регіону суттєво залежить від зовнішніх економічних і соціальних факторів.

Отримані результати можуть бути використані як основа для впровадження агровольтаїчних систем, що сприятиме підвищенню енергетичної незалежності, ефективному використанню ресурсів та сталому розвитку регіону.

Перспективи подальших досліджень полягають у:

- врахуванні кліматичних факторів;
- застосуванні методів машинного навчання;
- розробці оптимізаційних моделей агровольтаїчних систем.

Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk> (дата звернення: 15.03.2026).

2. Майбородина Н. В. *Економетрика: навчальний посібник*. Ніжин: ПП Лисенко М. М., 2021. 280 с.

3. Gerasymenko V., Kozyrskyi V., Maiborodina N., Kovalov O. Mathematical model changing the value of the process of leakage current in 0.38 kV networks. In:

Nadykto V. (ed.). *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Cham: Springer, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_35.

4. Gerasymenko V., Vasylenko V., Maiborodina N., Kozyrskyi V., Kovalov O. Development of an intelligent forecasting unit for the protection device against leakage currents in electric motors. *Proceedings of the 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*. Jaroslaw, Poland, 2023. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/CADSM58174.2023.10076495>.

5. Habbak H., Mahmoud M., Metwally K., Fouda M. M., Ibrahim M. I. Load forecasting techniques and their applications in smart grids. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 3. 1480. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031480>.

6. Holt C. C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*. 2004. Vol. 20. P. 5–10.

7. Lindberg K. B., Seljom P., Madsen H., Fischer D., Korpås M. Long-term electricity load forecasting: Current and future trends. *Utilities Policy*. 2019. Vol. 58. P. 102–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.04.001>.

Онищенко Ярослав Дмитрович,
асистент кафедри електропостачання
Національному технічному університеті
України "Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського"

Веремійчук Юрій Андрійович, доцент
кафедри електропостачання
Національному технічному
університеті України "Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського"

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218810>

ВИКОРИСТАННЯ ДВОСТОРОННІХ (BIFACIAL) ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ

Концепція агровольтаїки була науково обґрунтована в Німеччині ще 1982 року, але активне використання bifacial модулів у поєднанні з сільським господарством розпочалося після 2010 року з появою нових технологій. Європа стала лідером у цій сфері: Німеччина реалізувала перші великі вертикальні агровольтаїчні установки у 2020–2022 роках, а Данія та Швейцарія підтвердили ефективність таких систем для вирощування пшениці, суміші трав та ягідних культур. В Азії, Японія впроваджує вертикальні bifacial панелі на рисових полях з 2024 року, фіксуючи мінімальні втрати врожаю (до 5%), а Індія розгортає пілотні проекти у співпраці з німецькими партнерами. Сьогодні агровольтаїка з bifacial модулями активно розвивається в Німеччині, Франції, Італії, Данії, Швейцарії, Йорданії, Японії, Індії та США за підтримки державних програм і європейських фондів.

В науковому середовищі проведено низку досліджень щодо продуктивності технології виробництва електроенергії за допомогою двосторонніх сонячних фотоелектричних модулів у аграрному секторі. Науковці проводять моделювання та розробку рішень щодо розташування фотоелектричних модулів, режимів експлуатації, визначення ефективності відбиття сонячних променів в залежності від використання посівних культур та ін. На сьогоднішній день використання двохсторонніх модулів в сільському господарстві стає новим витком розвитку фотовольтаїчних систем, тому для України аналіз сучасних підходів є актуальною задачею.

Метою дослідження є аналіз світових практики щодо ефективності використання bifacial модулів в аграрному секторі.

В роботі авторами [1, с.1–13] проведено дослідження щодо ефективності функціонування bifacial модулів у агровольтаїчній системі на пшеничному полі в Туреччині (Аксарай) за допомогою симуляції в програмному забезпеченні PVsyst. Моделювалася фотоелектрична станція потужністю 350 кВт. Порівнювалися три сценарії:

1. MPV (Monofacial): Монофасіальні модулі на висоті 4 м.

2. AV1 (Agrivoltaic 1): Bifacial модулі на висоті 4 м.

3. AV2 (Agrivoltaic 2): Bifacial модулі на висоті 5 м.

За результатами дослідження, встановлено що bifacial модулі дозволяють отримати на 19,46% більше енергії порівняно з односторонніми модулями за однакових умов. Річне виробництво AV1 склало 587,9 МВт·год проти 492,1 МВт·год. Збільшення висоти монтажу bifacial модулів з 4 м (AV1) до 5 м (AV2) дало лише незначний приріст у 380 кВт·год на рік, що свідчить про низьку чутливість енергетичної ефективності до цього параметра в діапазоні 4-5 м. Коефіцієнт продуктивності (PR): для системи з bifacial модулями склав 84,6%, що значно вище, ніж для monofacial системи (70,7%). Це вказує на вищу якість перетворення сонячної енергії в корисну. Авторами було зазначено, що вплив агровольтаїки на врожайність пшениці не є однозначно негативним. Хоча затінення може знижувати врожайність до 62,8% при повному затіненні.

У статті [2, с. 1–13] розглядається доцільність вертикальної установки сонячних фотоелектричних модулів у регіонах з високими широтами (понад 60° пн. ш.), таких як Фінляндія, традиційні південно-орієнтовані сонячні панелі стикаються з унікальними викликами: низький кут сонця над горизонтом, тривалі зимові періоди зі сніговим покривом та значна сезонна варіативність інсоляції. Ці умови вимагають альтернативних підходів до інтеграції фотоелектрики в сільське господарство. Особливу перспективу для високих широт демонструють вертикально орієнтовані двосторонні bifacial фотоелектричні модулі. Їхня перевага полягає у здатності ефективно генерувати енергію при низькому куті сонця (ранок та вечір), зменшенні впливу снігового покриву (сніг не накопичується на вертикальних поверхнях) та кращому показнику альbedo від поверхні землі та сільськогосподарських культур. Дослідження [2, с. 1–13], проведене фінськими науковцями, заповнює важливу прогалину в науковій літературі, зосереджуючись на моделюванні великомасштабних вертикальних агровольтаїчних систем саме у високих широтах з урахуванням реальних погодних умов, змінного альbedo різних культур та впливу затінення.

Результати їхнього дослідження [2, с. 1–13], підтверджують високий потенціал вертикальних двосторонніх систем для агровольтаїки у високих широтах та визначають ключові фактори їхньої ефективності. Також було з'ясовано, що збільшення відстані між рядами панелей призводить до зростання виробітку енергії на одну панель.

Вибір культури впливає на виробіток енергії через зміну альbedo. Найвищий річний виробіток спостерігався для поля з озимим ячменем (високе альbedo восени та взимку), найнижчий — для вівса. Однак максимальна різниця між різними культурами становила лише 4%, що свідчить про те, що навіть з культурами з низьким альbedo система залишається ефективною.

Вплив на сільське господарство:

-при відстані між рядами 8 м рослини отримують не менше 75% сонячної радіації порівняно з незатіненим полем, що згідно з літературними даними є прийнятним рівнем для більшості культур (поріг у 25% втрат радіації вважається безпечним).

-при відстані 10 м (що відповідає 10% зайнятої землі під панелі) втрати радіації для культур складають 17,5-20,1%.

Змодельована система [2, с. 1–13], з 10-метровою відстанню між рядами займає лише 10% землі, дозволяючи використовувати решту 90% для сільського господарства. При цьому вона виробляє понад 1/3 енергії від спеціалізованої СЕС тієї ж потужності, що займає всю землю. Для поля площею 1.6 га річне виробництво становило 548 МВт·год. Системи з вертикальною установкою двосторонніх фотоелектричних перетворювачів мають двопіковий профіль генерації (ранковий та вечірній пік), що краще корелює з типовими добовими піками споживання електроенергії, ніж південно-орієнтовані системи (з піком опівдні). Проте система виявилася найбільш чутливою до затінення зі сходу та заходу, оскільки саме в ці години (ранок та вечір) відбувається пік їхньої генерації. Затінення з цих напрямків може суттєво знизити виробіток. Не зважаючи на це, переваги даної системи підвищують її економічну цінність. Дохід системи визначається насамперед ринковими цінами на електроенергію, що робить такі системи привабливими в умовах нестабільного енергоринку.

З урахуванням географічних особливостей України доцільним є диференційований підхід до вибору конфігурації СЕС з двохсторонніми модулями. Для південних та східних областей з високою інсоляцією оптимальними є похилі bifacial модулі на висоті 4–5 м, які забезпечують максимальний енергетичний приріст. Для центральних та північних регіонів перспективними є вертикальні bifacial системи, які краще адаптовані до сніжних зим, забезпечують двопіковий профіль генерації (ранок-вечір) та спрощують доступ сільськогосподарської техніки.

Подальші дослідження в даному напрямку потребують реалізації пілотних проєкти в різних кліматичних зонах нашої держави, для створення вітчизняної бази даних альbedo для основних культур, що може бути основою для розробки державної програми підтримки агровольтаїки як складової стратегії енергетичної незалежності.

Висновок

Аналіз наукових робіт свідчить, що застосування двосторонніх (bifacial) фотоелектричних модулів в агровольтаїчних системах забезпечує збільшення річного виробітку електроенергії на 19–20% порівняно з традиційними односторонніми панелями без додаткового вилучення земель з аграрного обігу. Для України, де сільськогосподарські угіддя займають понад 70% території, це відкриває можливість поєднання продовольчої безпеки з розвитком розподіленої генерації. Ключовими факторами ефективності є врахування сезонної динаміки альbedo (від 0,24 на зелених посівах до 0,74 на сніговому покриві) та оптимізація просторової конфігурації — при відстані між рядами 8-10 м втрати сонячної радіації для культур становлять 17-25%, що може бути агрономічно прийнятним.

Список використаних джерел

1. Demir, H., Cosgun, A. E., Endiz, M. S., & Senol, B. Maximizing Energy Generation in Agrivoltaic Systems: A Comparative Analysis of Bifacial and

Monofacial PV Modules with Field-Measured Albedo. Energy Science & Engineering, 2026. 16p.

2. Szarek, M., Jouttijärvi, S., Karttunen, L., Hynnä, T., Ranta, S., & Miettunen, K. Performance evaluation of high latitude agrivoltaic systems with vertically mounted bifacial panels. Applied Energy, 402, 127022. 2026. 13p.

Перекопський Ігор Сергійович,
бакалавр електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки,
УДУНТ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218837>

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Агровольтаїчні системи є перспективним напрямом розвитку відновлюваної енергетики, що поєднує генерацію електричної енергії за допомогою фотоелектричних установок із веденням сільськогосподарського виробництва на одній території. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність використання земельних ресурсів і забезпечити інтеграцію енергетичних та аграрних процесів. Водночас ефективність функціонування агровольтаїчних систем визначається значною кількістю змінних факторів, серед яких провідну роль відіграють кліматичні умови, режими роботи електричних навантажень та параметри інтеграції в енергетичні мережі. У зв'язку з цим ключовим завданням є застосування методів підвищення ефективності, що базуються на використанні систем моніторингу та алгоритмів оптимізації режимів роботи.

Ефективність агровольтаїчних установок залежить від рівня сонячної радіації, температури навколишнього середовища, конфігурації фотоелектричних модулів, а також від агротехнічних параметрів, таких як тип культур, густота їх розміщення та ступінь затінення. Змінність цих факторів призводить до нестабільності генерації електроенергії, що проявляється у значних добових і сезонних коливаннях потужності. Така нестабільність ускладнює інтеграцію агровольтаїчних систем у електричні мережі та знижує загальну ефективність їх функціонування.

Одним із важливих інструментів підвищення ефективності є системи моніторингу, які забезпечують безперервний контроль параметрів роботи агровольтаїчної установки. Сучасні системи моніторингу базуються на використанні розподілених датчиків, інформаційно-вимірювальних комплексів та засобів передачі даних, що дозволяє здійснювати збір інформації в режимі реального часу. Контроль охоплює як електричні параметри (напруга, струм, потужність, коефіцієнт потужності), так і зовнішні умови (сонячна радіація, температура повітря, температура модулів, швидкість вітру, вологість), а також агротехнічні показники (вологість ґрунту, рівень освітленості під панелями, стан рослин). У сучасних умовах такі системи функціонують як складова інтелектуальних енергетичних мереж Smart Grid, що забезпечують двосторонній обмін даними між елементами системи та дозволяють інтегрувати агровольтаїчні установки в єдину інформаційно-керуючу інфраструктуру.

Застосування систем моніторингу дозволяє формувати детальну інформаційну модель функціонування агровольтаїчної системи. На основі цієї інформації здійснюється аналіз ефективності генерації, визначення втрат

електроенергії та виявлення відхилень у роботі обладнання. Наприклад, зниження виробітку окремих фотоелектричних модулів може свідчити про їх забруднення, деградацію або часткове затінення. Оперативне виявлення таких відхилень дозволяє своєчасно вживати заходів щодо їх усунення, що безпосередньо впливає на підвищення ефективності системи. Використання технологій Smart Grid при цьому забезпечує централізований аналіз даних і можливість віддаленого керування параметрами роботи системи.

Крім того, системи моніторингу забезпечують можливість оцінки впливу агровольтаїчної установки на умови вирощування сільськогосподарських культур. Аналіз параметрів мікроклімату дозволяє визначити оптимальні режими розміщення та експлуатації панелей, що сприяє збереженню або підвищенню врожайності. Таким чином, моніторинг виконує не лише функцію контролю, але й є основою для прийняття рішень щодо оптимізації роботи системи в рамках інтелектуального керування, реалізованого на базі Smart Grid.

Подальшим етапом підвищення ефективності є застосування алгоритмів оптимізації режимів роботи агровольтаїчних систем. Такі алгоритми використовують дані моніторингу для адаптації режимів генерації та споживання електроенергії. Одним із базових методів є використання алгоритмів відстеження точки максимальної потужності, які забезпечують роботу фотоелектричних модулів у режимі максимальної ефективності за змінних умов освітлення та температури. Це дозволяє мінімізувати втрати енергії та підвищити коефіцієнт використання встановленої потужності.

Важливим напрямом є прогнозування генерації електроенергії на основі метеорологічних даних. Застосування математичних моделей та методів машинного навчання дає можливість з високою точністю оцінювати майбутній рівень виробітку електроенергії. Це дає змогу заздалегідь планувати режими роботи системи, зокрема керувати накопиченням енергії та розподілом навантаження. У поєднанні з технологіями Smart Grid це забезпечує більш ефективне балансування генерації та споживання електроенергії в межах енергетичної мережі.

Оптимізація режимів споживання електроенергії є ще одним важливим аспектом підвищення ефективності. Узгодження графіків роботи споживачів із періодами максимальної генерації дозволяє забезпечити більш раціональне використання електроенергії. У агровольтаїчних системах це може реалізовуватися шляхом автоматичного керування процесами зрошення, вентиляції, освітлення або переробки продукції. Такий підхід дозволяє зменшити навантаження на електричну мережу та підвищити рівень самоспоживання виробленої електроенергії, що є однією з ключових функцій Smart Grid.

Значну роль у підвищенні ефективності відіграє використання накопичувачів енергії, які працюють у складі оптимізованих систем керування. Вони дозволяють акумулювати надлишкову електроенергію в періоди пікової генерації та використовувати її в періоди дефіциту. У поєднанні з технологіями Smart Grid це сприяє згладжуванню графіків навантаження, зменшенню пікових перевантажень і підвищенню стабільності роботи енергосистеми.

Інтеграція систем моніторингу та алгоритмів оптимізації забезпечує створення інтелектуальних систем керування агровольтаїчними установками, що функціонують у рамках концепції Smart Grid. Такі системи працюють у режимі реального часу, адаптуючи параметри роботи відповідно до змін зовнішніх умов і стану мережі. Зокрема, вони можуть регулювати параметри інверторів, керувати потоками електроенергії, змінювати режими накопичення та оптимізувати положення фотоелектричних панелей.

Важливою особливістю інтелектуальних систем керування є їх здатність забезпечувати баланс між енергетичною та аграрною складовими агровольтаїчної системи. Регулювання рівня затінення дозволяє підтримувати оптимальні умови для росту рослин, одночасно забезпечуючи ефективну генерацію електроенергії. Це досягається шляхом адаптивного керування кутом нахилу фотоелектричних панелей або їх просторовим розміщенням з врахуванням поточних кліматичних умов, рівня сонячної радіації та потреб сільськогосподарських культур. Зокрема, зміна кута нахилу панелей дозволяє оптимізувати кількість сонячної енергії, що надходить на їх поверхню, забезпечуючи максимальну генерацію електроенергії в різні періоди доби та сезону. Одночасно регулювання просторового розташування або орієнтації панелей дає можливість контролювати рівень затінення ґрунту та рослин, створюючи сприятливі умови для їх росту та розвитку. Використання автоматизованих систем керування та трекерів дозволяє здійснювати таку адаптацію в режимі реального часу, враховуючи зміну погодних умов і параметрів навколишнього середовища. У результаті досягається баланс між ефективністю генерації електроенергії та аграрною продуктивністю.

Таким чином, застосування систем моніторингу, алгоритмів оптимізації та технологій Smart Grid є ключовим напрямом підвищення ефективності агровольтаїчних систем. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє забезпечити стабільність генерації, зменшити втрати електроенергії, підвищити надійність функціонування та досягти оптимального балансу між виробництвом електроенергії та сільськогосподарською діяльністю. Це відкриває широкі перспективи для подальшого розвитку агровольтаїки та її інтеграції в сучасні інтелектуальні енергетичні системи.

Список використаних джерел

1. Кудря С. О. Відновлювані джерела енергії : підручник. Київ : Ін-т відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 392 с.
2. Бурячок В. Л., Толубко В. Б. Основи побудови та функціонування Smart Grid систем : навч. посіб. Київ : Держ. ун-т телекомунікацій, 2019. 312 с.
3. Жуйков В. Я., Петренко О. М. Системи моніторингу та керування в енергетиці : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 280 с.
4. Лукутін Б. В., Ганджа С. А. Відновлювані джерела енергії : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХП», 2017. 176 с.

ПІДВИЩЕННЯ БІОБЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОАЕРОЗОЛІВ І СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Сучасні системи утримання молодняка сільськогосподарських тварин забезпечують високий рівень автоматизації та формування керованого мікроклімату, що сприяє зростанню продуктивності. Водночас інтенсифікація виробництва підвищує ризики поширення патогенних мікроорганізмів. Це обумовлює критичну необхідність вдосконалення санітарно-ветеринарних заходів, насамперед – систем дезінфекції повітря та лікувально-профілактичної обробки тварин.

Одним із найефективніших напрямів підвищення біобезпеки є використання аерозольних технологій [1]. Вони дозволяють якісно обробляти як повітряне середовище, так і поверхні (включаючи шкірний покрив тварин), забезпечуючи проникнення діючих речовин у важкодоступні зони [2].

З метою максимального покращення характеристик розпилення перспективним є застосування електроаерозольних технологій, які передбачають надання частинкам електричного заряду. Заряджені краплі інтенсивніше взаємодіють між собою, з повітрям та оброблюваними поверхнями. Це дає змогу:

підвищити рівномірність осадження препарату; суттєво зменшити його втрати; ефективно керувати траєкторією руху частинок, що особливо важливо при груповому утриманні тварин.

Процес формування електрозарядженого аерозолу базується на створенні тонкої плівки рідини на обертовому дисковому електроді з вертикальною віссю обертання. Рідина подається перпендикулярно до диска, під дією відцентрових сил переміщується до його периферії та розпилюється у напрямку циліндричного електрода. Зазор між електродами забезпечує підведення повітряного потоку.

Для ефективної електризації крапель на дисковий електрод подається високовольтний потенціал (до 20 кВ). Поєднання таких параметрів, як сила струму (до 2 мА), частота обертання диска (до 2800 об/хв) та витрата рідини (0,1–0,15 л/хв), дозволяє формувати високодисперсний, стабільний аерозоль із краплями ультрамалого діаметра (до 0,003 мкм).

Для теоретичного опису цього процесу розроблено математичну модель, яка враховує дію електричного поля та аеродинамічних сил. Вона дозволяє точно визначати траєкторії частинок і оптимізувати режими роботи установок.

Впровадження електроаерозольних технологій дозволяє знизити витрати препаратів та покращити санітарний стан приміщень. Однак в умовах зростання вартості енергоресурсів та курсу на зменшення вуглецевого сліду, логічним

кроком є об'єднання цих установок із відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ), зокрема – сонячними електростанціями (СЕС).

Хоча електроаерозольні установки є відносно економічними, вони потребують стабільного джерела живлення для створення високовольтного поля та роботи приводів. Використання СЕС забезпечує автономність систем, що є критично важливим для віддалених господарств.

Переваги поєднання електроаерозолів із фотоелектричними системами: економічність – суттєве зниження експлуатаційних витрат завдяки безкоштовній сонячній енергії; енергонезалежність – зменшення залежності агропідприємства від централізованих електромереж; екологічність – скорочення викидів парникових газів; синхронізація процесів – денна профілактична обробка тварин ідеально збігається з періодами пікової сонячної активності, що дозволяє використовувати згенеровану енергію напряму, без потреби у дорогих акумуляторах (хоча гібридні системи можливі для цілодобової роботи).

Крім того, наявність власного джерела енергії відкриває шлях до впровадження систем керування. Вони здатні автоматично адаптувати режими аерозольної обробки залежно від рівня генерації струму від СЕС, поточного мікроклімату та технологічних потреб стада.

Висновок. Інтеграція електроаерозольних технологій із сонячними електростанціями є комплексним і перспективним рішенням для тваринництва. Вона гарантує високу якість ветеринарно-санітарних заходів, одночасно забезпечуючи енергетичну автономність та екологічну безпеку сучасних агропідприємств.

Список використаних джерел

1. Bolo, R., Predicala, B., Barraza-Garcia, F., Martel, M., Thompson, B., Guo, H., Kirychuk, S., & Zhang, L. (2025). Pilot-scale electro-nanospray system for decontamination of pig barns. *Environmental Technology & Innovation*, 104490. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104490>
2. Ouyang H, Wang L, Sapkota D, Yang M, Morán J, Li L, Olson BA, Schwartz M, Hogan Jr. CJ and Torremorell M (2023) Control technologies to prevent aerosol-based disease transmission in animal agriculture production settings: a review of established and emerging approaches. *Front. Vet. Sci.* 10:1291312. doi: 10.3389/fvets.2023.1291312

Семенов Анатолій Олексійович,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент, професор кафедри механічної
та електричної інженерії, Полтавський
державний аграрний університет
Скрипник Вячеслав Олександрович,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри механічної та
електричної інженерії, Полтавський
державний аграрний університет
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218889>

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ НАСОСНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЯК СКЛADOVA ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ

У сучасних умовах відбудови України особливого значення набуває пошук технічних рішень, які здатні одночасно забезпечити енергетичну стійкість, ресурсозбереження та підвищити ефективність аграрного виробництва. Це зумовлено не лише потребою у відновленні пошкодженої інфраструктури, а й необхідністю переходу до нової моделі господарювання, орієнтованої на енергоефективність, технологічну модернізацію з врахуванням екологічної безпеки. Одним із перспективних напрямів у цьому напрямку є розвиток агровольтаїки, яка поєднує виробництво сільськогосподарської продукції з генерацією електричної енергії з використанням енергії сонця. Такий підхід дозволяє раціонально використовувати земельні ресурси та забезпечити автономність аграрних об'єктів. Ефективність агровольтаїчних комплексів значною мірою залежить не лише від параметрів фотоелектричних модулів, а й від роботи допоміжних систем, зокрема насосних установок, які забезпечують водопостачання, зрошення та функціонування локальних енергетичних вузлів.

Насосні установки належать до найбільш енергоємних у комунальному господарстві, промисловості та аграрному секторі. Їх використання є значним, а в умовах нерівномірного навантаження традиційні способи керування часто призводять до суттєвих втрат електроенергії [1, с. 23; 2, р. 10]. У системах водопостачання та зрошення це особливо помітно впродовж доби, коли обсяги споживання води істотно змінюються залежно від виробничих потреб, погодних умов і сезонних чинників. Більшість діючих насосних агрегатів на сьогоднішній день і далі працюють на базі нерегульованих асинхронних двигунів із прямим пуском від мережі, що супроводжується підвищеними пусковими струмами, гідравлічними ударами, нестабільністю тиску та прискореним зношуванням обладнання [3, с. 80]. У результаті зростають експлуатаційні витрати, погіршується надійність функціонування систем і зменшується строк служби основних технічних елементів.

Для агровольтаїчних систем така проблема є особливо актуальною. Енергетична інфраструктура таких об'єктів повинна бути адаптивною до змін

генерації, навантаження та режимів водоспоживання, оскільки обсяги виробництва електроенергії сонячними модулями мають змінний характер і залежать від часу доби, рівня інсоляції та метеорологічних умов. Саме тому застосування частотно-регульованих електроприводів та комбінованих схем керування насосними агрегатами є доцільним не лише з позицій енергозбереження, а й як інструмент узгодження роботи електромеханічних систем із децентралізованими джерелами енергії. Такий підхід створює передумови для підвищення гнучкості систем водозабезпечення, оптимізації режимів споживання електроенергії та більш ефективного використання виробленої сонячної енергії.

Метою дослідження є обґрунтування раціональних режимів роботи насосних електроприводів на основі частотного та комбінованого регулювання для підвищення енергоефективності, надійності та адаптивності систем водопостачання, які можуть бути інтегровані в сучасні агровольтаїчні та інші відновлювані енергетичні комплекси. Досягнення цієї мети дає можливість сформулювати практичні підходи до модернізації насосних станцій з урахуванням сучасних вимог до стабільності роботи, мінімізації енергетичних витрат і сумісності з цифровими системами моніторингу та керування.

В основу дослідження покладено аналітичні розрахунки, математичне моделювання та експериментальну оцінку енергоємності насосних установок при різних режимах роботи. Для аналізу використовувалися закони подібності відцентрових насосів, відповідно до яких подача пропорційна частоті обертання, напір – квадрату частоти, а споживана потужність – кубу частоти обертання. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити зміну енергетичних показників при переході від нерегульованого режиму до частотного та комбінованого керування [2, р. 12; 4, article 117311]. Завдяки цьому стало можливим не лише визначити технічні переваги регульованих електроприводів, а й обґрунтувати доцільність їх застосування в умовах змінного навантаження, характерного для аграрного виробництва та агровольтаїчних систем.

Результати дослідження показали, що впровадження частотного регулювання насосної установки дає змогу суттєво знизити питомі витрати електроенергії. Середнє значення питомої енергоємності при такому підході становило близько $0,32 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, а в години пікового водоспоживання знижувалося до $0,122 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$. Це підтверджує високу ефективність адаптації швидкості обертання насоса до реального графіка споживання води [1, с. 24]. Крім енергетичного ефекту, частотне регулювання забезпечує більш плавний пуск і зупинку агрегатів, знижує механічні навантаження на елементи системи та покращує умови експлуатації насосного обладнання.

Ще кращі результати отримано при використанні комбінованої схеми регулювання, за якої один насосний агрегат працює під керуванням частотного перетворювача, а інший – у фіксованому режимі. Така схема дозволила знизити середню питому енергоємність до $0,12 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, а мінімальні значення – до $0,09 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$. У порівнянні з базовим нерегульованим режимом енергозбереження сягало до 60 % [1, с. 25]. Водночас зменшувалися пускові струми, знижувався ризик гідравлічних ударів і підвищувалася стабільність

тиску в мережі. Отже, комбінований принцип керування забезпечує не лише більше зниження енерговитрат, а й більш високий рівень адаптивності системи до реальних умов експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані режими керування можуть бути використані при модернізації насосних станцій у системах водозабезпечення аграрних підприємств, зрошувальних комплексах, локальних енергетичних вузлах і об'єктах агровольтаїки. У таких системах електроенергія, вироблена фотоелектричними панелями, може більш ефективно використовуватися саме за наявності адаптивних електроприводів, здатних працювати в умовах змінного енергетичного балансу та нерівномірного навантаження. Це особливо важливо для аграрних підприємств, що прагнуть зменшити залежність від зовнішніх джерел енергії та підвищити економічну ефективність власної виробничої діяльності.

Отже, частотне та особливо комбіноване регулювання насосних електроприводів доцільно розглядати як важливу складову енергетичних технологій в агровольтаїці. Це рішення сприяє не лише скороченню витрат електроенергії, а й підвищенню технічної надійності, довговічності обладнання та готовності інженерної інфраструктури до інтеграції з цифровими системами моніторингу і керування. У контексті відбудови України такі технології можуть стати одним із практичних інструментів створення стійких, енергоефективних і технологічно сучасних аграрних територій, здатних поєднувати виробництво, генерацію енергії та раціональне використання ресурсів.

Список використаних джерел

1. Semenov A., Kharak R., Bychkov Y., Skrypnyk V. The efficiency of the controlled electric drive in water supply pump installations. *Slovak International Scientific Journal*. 2024. No. 82. P. 23-27. DOI: 10.5281/zenodo.10952901.
2. Wang C., Shi W., Wang X. et al. Optimal design of multistage centrifugal pump based on the combined energy loss model and computational fluid dynamics. *Applied Energy*. 2017. Vol. 187. P. 10-26. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.11.046.
3. Семенов А. О., Скрипник В. О., Харак Р. М., Супрович О. С. Обґрунтування раціональних параметрів електроприводів насосних агрегатів для систем агропромислового комплексу. *Збірник наукових праць НУК*. 2024. No. 3(496). С. 80-86.
4. Hieninger T., Schmidt-Vollus R., Schlücker E. Improving energy efficiency of individual centrifugal pump systems using model-free and on-line optimization methods. *Applied Energy*. 2021. Vol. 304. Article 117311. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117311.

Степаненко Сергій Петрович, д.т.н.,
с.н.с., Інститут механіки та автоматики
агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук
України (ІМА АПВ НААН)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218903>

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА В ЕЛЕКТРОПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ АГРОПЕРЕРОБКИ

У контексті розвитку енергоефективних агротехнологій та інтеграції з концепціями агровольтаїки актуальним є зниження енерговитрат у процесах післязбиральної обробки зерна. Застосування електропневмогравітаційного фракціонування зернових матеріалів у вертикальному кільцевому повітряному каналі з накладеним електростатичним полем є інноваційним енергоощадним підходом [1, 2].

Запропонована технологія базується на поєднанні аеродинамічного поділу зернового вороху та керованого впливу електричного поля на частинки. Встановлено, що однією з основних причин низької ефективності традиційних пневмосепараторів є нестабільність орієнтації зернівок у турбулентному повітряному потоці, що призводить до коливань аеродинамічних характеристик та зниження якості сепарації.

Доведено, що накладання електростатичного поля забезпечує стабілізацію просторової орієнтації зернівок (еліпсоїдної форми) вздовж силових ліній поля, що зменшує варіацію їх міделевого перерізу та підвищує прогнозованість траєкторій руху. Додатково електричні сили створюють керований вплив на компоненти зернової суміші, посилюючи ефект розділення за комплексом аеродинамічних та електрофізичних властивостей.

Розроблена математична модель динаміки руху зернівок у двофазному середовищі «повітря-частинка» з урахуванням дії гравітаційних, аеродинамічних та електричних сил. Як критерій ефективності прийнято відносне розходження траєкторій частинок у зоні вивантаження. Чисельне моделювання показало, що при напруженості електричного поля 2-3 кВ/см величина розходження траєкторій збільшується до 25 %, що забезпечує підвищення якості фракціонування.

Важливим результатом є зниження необхідної швидкості повітряного потоку, що дозволяє скоротити енергоспоживання процесу до 25 %. Це створює передумови для інтеграції даних систем у енергообмежені комплекси, де частина енергії генерується фотоелектричними установками.

Висновки. Поєднання електричного та пневматичного впливів у процесі фракціонування зерна дозволяє: підвищити ефективність поділу за рахунок керованої орієнтації частинок; зменшити енерговитрати на створення повітряного потоку; забезпечити адаптивне керування технологічним процесом;

створити передумови для впровадження енергоефективних рішень в галузі АПК.

Список використаних джерел

1. Степаненко С. П. Науково-практичні основи створення комбінованих решітно-повітряних машин для сепарації зерна : монографія. - Вінниця : ТОВ «НІЛАН-ЛТД», 2025. - 300 с. <https://doi.org/10.37204/978-617-558-385-2>
2. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Швидя В. О., Лісецький В. О. Фізико-механічні моделі технологічних процесів і установок для післязбиральної обробки зернових та олійних культур : монографія. – Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2025. - 504 с. <https://doi.org/10.37204/978-617-640-728-7>

Стрілець Дмитро студент 4 курсу, кафедри електричної інженерії ВП НУБіП України «НАПІ», спеціальність «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Науковий керівник: Калініченко Р.А., к.т.н., доцент, завідувач кафедри електричної інженерії

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218921>

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНА АКТИВАЦІЯ ВОЛОГОПЕРЕНОСУ ПРИ СУШІННІ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Сушіння є найважливішою операцією в процесі післязбиральної обробки зерна і є найважливішим процесом для отримання якісного насіння. У сучасних умовах до 60% всього зібраного врожаю зернових підлягає сушінню. Існуючі технології сушіння насіння, насамперед конвективний спосіб, хоча й забезпечують необхідне зниження його вологості до кондиційних значень, проте потребують суттєвих витрат енергії до 5-7 МДж на 1 кг випаруваної води [1]. Для насінневого матеріалу ситуація ще складніша: енергії витрачається більше, оскільки сушіння в сушарках має відбуватися за нижчих температур (40-45°C) для уникнення термічного пошкодження зародка.

З огляду на постійне зростання вартості енергоресурсів та зростаючі екологічні вимоги, виникає гостра потреба у пошуку нових, екологічних та енергоефективних методів зневоднення насіння.

Перспективним рішенням є використання активного вентилявання зерна з поєднанням двох електрофізичних методів: електроосмотичного вологопереносу та вентилявання насіння електроактивованим повітрям (ЕАП).

Електроосмотичний вологоперенос (електроосмос) виникає при накладенні зовнішнього електричного поля на вологе середовище зернівки. Під дією електричних сил позитивні іони дифузійного шару захоплюють дипольні молекули вологи і стрімко рухаються до катода. Об'ємна швидкість течії вологи за таких умов може бути описана класичною формулою електроосмосу Гельмгольца-Смолуховського [2]:

$$q_E = - S_d \varpi \frac{\varepsilon E_z \xi}{4\pi\eta}; \quad (1)$$

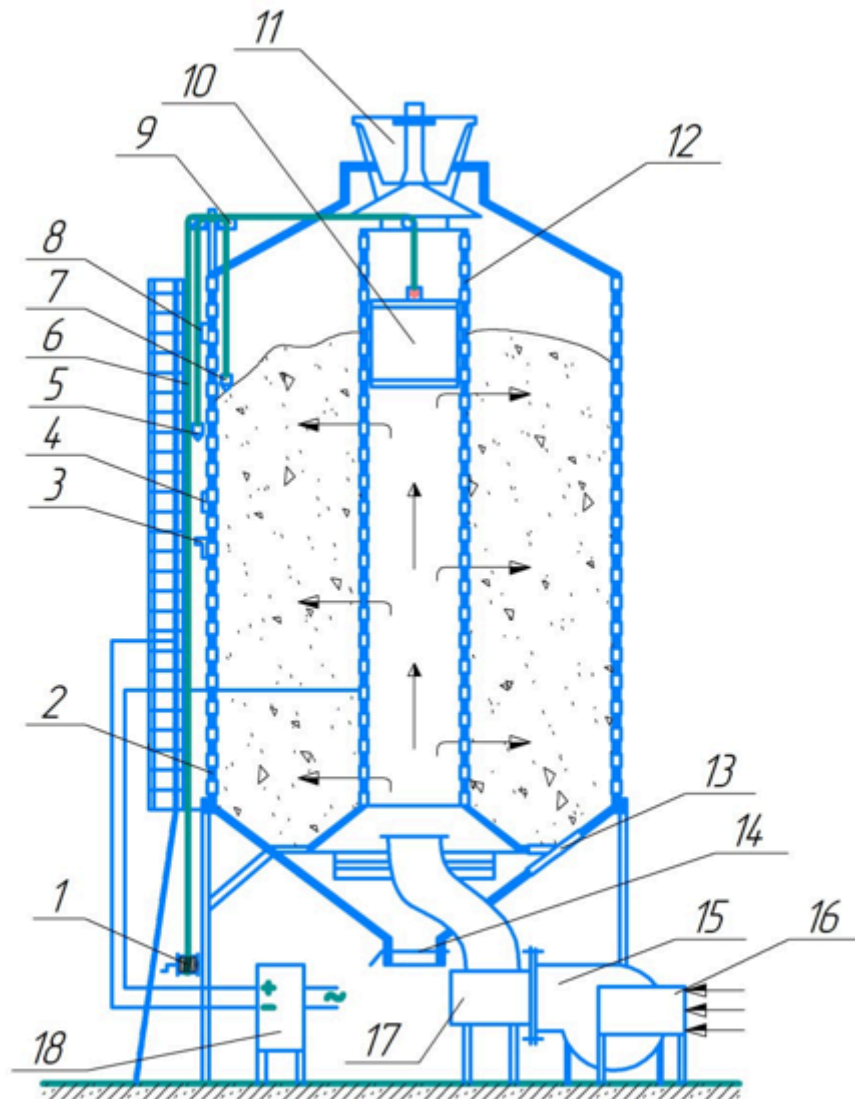
де: S_d – поперечний переріз діафрагми; ϖ – пористість матеріалу; ε – відносна діелектрична проникність рідини; η – коефіцієнт зсувної в'язкості рідини; ξ – електрокінетичний потенціал; E_z – проекція вектора напруженості електричного поля.

Електроактивоване повітря (ЕАП) утворюється шляхом обробки звичайного повітря в полі коронного електричного розряду, завдяки чому воно збагачується озоном та негативними іонами кисню. На відміну від звичайного теплого повітря, яке лише випаровує вологу, ЕАП здатне вступати в хімічні

реакції з рідкою водою безпосередньо в порах насіння. Під час цих реакцій утворюються леткі речовини, які очищують та розширюють капіляри, значно підвищуючи їхню пропускну здатність для вологи. Крім того, озонування створює значну кількість позитивних водневих іонів, які насичують зернівку і діють як транспортні агенти, допомагаючи швидше виводити воду на поверхню.

Дослідження проводилися на насінні пшениці в спеціальній вентиляційній електродній камері з використанням електричного поля напруженістю 20, 70 та 100 В/см та ЕАП з концентрацією озону 8-12 мг/м³. Отримані такі результати: застосування постійного електричного поля разом з ЕАП скорочує тривалість сушіння пшениці на 30-50% порівняно з традиційним активним вентиляванням; залежно від початкової вологості насіння, зниження питомих енерговитрати складає до 30%; завдяки бактерицидній дії озону фітопатогенна мікрофлора в масі насіння знижується більше ніж у 2 рази.

Конструктивно процес найкраще реалізовувати у стандартних бункерах активного вентилявання зерна типу БВ, які потребують лише мінімальної модернізації рис.1.



1 – лебідка; 2 – зовнішній циліндр; 3 – пробознімачі; 4 – регулятор вологості; 5, 7 – вантажки; 6 – прапорець; 8 – вимірний перетворювач рівня зерна; 9 – кранистелін з блоками; 10 – циліндричний клапан; 11 – конусний розподільч зерна; 12 – підтяжнорозподільча труба; 13 – регуляційне кільце; 14 – випускна заслінка; 15 – вентилятор; 16 – електрокалорифер; 17 – генератор озону; 18 – блок живлення

Рис.1. Технологічна схема БВ-25 з системою електрофізичної активації

Так, для створення робочої камери зовнішній циліндр бункера та центральну повітророзподільну трубу необхідно ізолювати один від одного та підключити як електроди і зовнішній циліндр заземлити. Напруженість поля між зовнішнім і внутрішнім циліндрами у стандартному бункері БВ-25, визначається із емпіричної залежності:

$$E = 8.65U; \quad (2)$$

де, E – напруженість електричного поля, В/см; U – постійна напруга між електродами, кВ, $U \sim 2-12$ кВ.

Генератор озону, монтується у повітропроводі після вентилятора і споживає електроенергії до 0,4 кВт·год/т.

Висновки. Інноваційний підхід, що поєднує електроосмос та електроактивоване повітря, є високоефективним доповнення традиційному сушінню насіння активним вентиляванням. Завдяки інтенсифікації внутрішнього вологопереносу електроосмосом та хімічній активності озону що інтенсифікує зовнішній вологообмін, вдається не лише скоротити час сушіння, а й суттєво заощадити енергоресурси. Дана технологія сушіння є особливо перспективною в господарствах які мають власну СЕС і надлишок генерації в сонячні дні.

Список використаних джерел

1. Котов Б. І. Моделювання тепло- і масопереносу в процесах сушіння зерна під впливом електромагнітного поля / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, Ю. І. Панцир, І. Д. Герасимчук // Енергетика і автоматика. - 2024. - № 2. - С. 29-43.
2. Намітоков К. К. Конспект лекцій з технічної фізики для студентів вищих технічних навчальних закладів / К. К. Намітоков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2015. – 522 с.

Троханяк Віктор Іванович, доцент
кафедри інженерії енергосистем
Національного університету біоресурсів
і природокористування України

Мартинюк Олексій Вікторович,
аспірант Національного університету
біоресурсів і природокористування
України

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218952>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Технологія виробництва біогазу може забезпечити взаємозв'язок між тваринництвом та рослинництвом, відіграючи важливу роль у самодостатньому екологічному сільському господарстві [1]. Попередня обробка є одним із найважливіших етапів у загальному перетворенні біомаси, оскільки вона безпосередньо впливає на економічну ефективність переробки рослинної сировини в цілому. Головною метою попередньої обробки є підвищення доступності целюлози для мікробного розкладу шляхом руйнування зв'язків лігноцелюлозного комплексу, видалення лігніну та геміцелюлоз, зниження кристалічності целюлози та підвищення пористості матеріалу [2]. Для підвищення біодоступності лігноцелюлозних матеріалів у біогазовому реакторі можуть використовуватися різні типи фізичних процесів, такі як подрібнення, помел, ультразвук та опромінення. Енерговитрати під час фізичної обробки біомаси залежать від кінцевого розміру частинок та ступеня зниження кристалічності лігноцелюлозного матеріалу. Розмір матеріалів, як правило, зменшується до 10–30 мм після дроблення та до 0,2–2 мм після подрібнення.

Відомі результати досліджень, присвячених вивченню реакції мікроорганізмів на соломі, а саме груп бактерій, що розкладають целюлозу в лабораторних біогазових установках, які працюють на гної окремо або разом із соломою [3]. Застосовуючи попередню обробку (паровий вибух) у чотирьох лабораторних ферментерах при різних температурах, вивчався вплив на структуру спільноти бактерій, що належать до типів Firmicutes та Bacteroidetes і розкладають целюлозу. Додавання соломи, її попередня обробка та робоча температура впливали на бактеріальну спільноту, але істотних відмінностей у продуктивності установок та виходу газу не було. В іншому дослідженні вивчався мікробний консорціум, що складається з бактерій та грибів, які синергічно виявляють велику здатність до розкладання лігноцелюлози [4].

З огляду на попередні роботи, пропонується проводити екструзію для біоматеріалу. У процесі екструзії солома піддається короткочасному, але дуже інтенсивному механічному впливу. Завдяки високій температурі 110–180 °С, тиску 5,1 МПа та зусиллям у робочих частинах екструдера у вихідній сировині відбуваються структурно-механічні та хімічні зміни. Завдяки різкому зниженню тиску при виході нагрітої маси відбувається «вибух» (збільшення об'єму)

продукту, що робить його більш доступним для впливу ферментів. Під час екструзії до робочої зони подавалася вода з певним співвідношенням солома-вода (R_{sw}) для запобігання пригоранню сировини в місцях контакту з робочими поверхнями екструдера.

Список використаних джерел

1. Diaz J.P, Reyes I.P, Lundi M., Horvath I.S. Co-digestion of different waste mixtures from agro-industrial activities, kinetic evaluation and synergetic effects. *Bioresource Technology*, 2011, vol. 102, pp. 10834-10840.
2. Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S. Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Bio-mass and bioenergy*, 2004, vol. 27, no. 4, pp.
3. Risberg K., Sun L., Levén L., Horn S. J., Schnürer A. Biogas production from wheat straw and manure—impact of pretreatment and process operating parameters. *Bioresource Technology*, 2013, vol. 149, pp. 232-237.
4. Zhong C., Wang C., Wang F., Jia H., Wei P., Zhao Y. Enhanced biogas production from wheat straw with the application of synergistic microbial consortium pretreatment. *RSC advances*, 2016, vol. 6, no. 65, pp. 60187-60195.

Шведенко Тетяна Євгеніївна,
студентка факультету економіки та
управління підприємництвом
спеціальність «Підприємництво,
торгівля та біржова діяльність»
Одеського національного економічного
університету
Мельник Євген Бориславович,
викладач кафедри економіки
підприємства та організації
підприємницької діяльності, ОНЕУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20218964>

АГРОВОЛЬТАІЧНІ СИСТЕМИ ЯК СКЛADOVA РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ

Глобальна трансформація енергетичного ринку супроводжується прискореним переходом до низьковуглецевих джерел генерації, що актуалізує пошук технологічних рішень, здатних поєднати енергетичну ефективність із раціональним використанням земельних ресурсів. Агровольтаїчні системи формують нову модель інтегрованого землекористування, яка дозволяє одночасно забезпечувати виробництво електроенергії та аграрної продукції.

Це розглядається як інструмент досягнення синергії між продовольчою та енергетичною безпекою, що набуває особливого значення в умовах нестабільності глобальних енергетичних ланцюгів постачання та зростання попиту на відновлювану електроенергію [1, с. 4].

Правове регулювання агровольтаїчних проєктів у країнах Європейського Союзу демонструє поступове формування нормативної бази, спрямованої на стимулювання подвійного використання земель сільськогосподарського призначення без втрати їх продуктивності [1, с. 6]. Застосування відповідних механізмів підтримки, включаючи спеціальні тарифні стимули та адаптовані просторові плани розвитку територій, створює передумови для масштабування агровольтаїчних установок як складової кліматичної політики.

Технологічна еволюція агровольтаїчних систем характеризується переходом від експериментальних установок до повномасштабних комерційних проєктів, що функціонують у різних кліматичних регіонах світу. Сучасні конструктивні рішення передбачають використання регульованих кутів нахилу фотоелектричних панелей, оптимізацію світлового режиму для рослин та інтеграцію систем моніторингу мікроклімату.

Дослідження демонструють, що агровольтаїка здатна підвищувати ефективність використання земельних ресурсів на 60-70%, забезпечуючи стабільний рівень врожайності навіть за умов часткового затінення, що підтверджує її перспективність як інструменту кліматично адаптивного землеробства [2, р. 5].

Особливе значення для обґрунтування економічної доцільності впровадження агровольтаїчних систем має аналіз показника LCOE, який відображає середньозважену приведену вартість виробництва електроенергії протягом життєвого циклу енергетичного об'єкта. Дані, представлені на рис. 1, демонструють суттєву конкурентоспроможність фотоелектричних технологій порівняно з традиційними джерелами генерації в умовах Німеччини у 2024 році. Зокрема, наземні сонячні електростанції характеризуються діапазоном LCOE приблизно 4-7 євроцентів за кВт/год, тоді як показники для вугільної генерації перевищують 15-26 євроцентів за кВт/год, а для атомних електростанцій можуть досягати 49 євроцентів за кВт/год [3, с. 8].

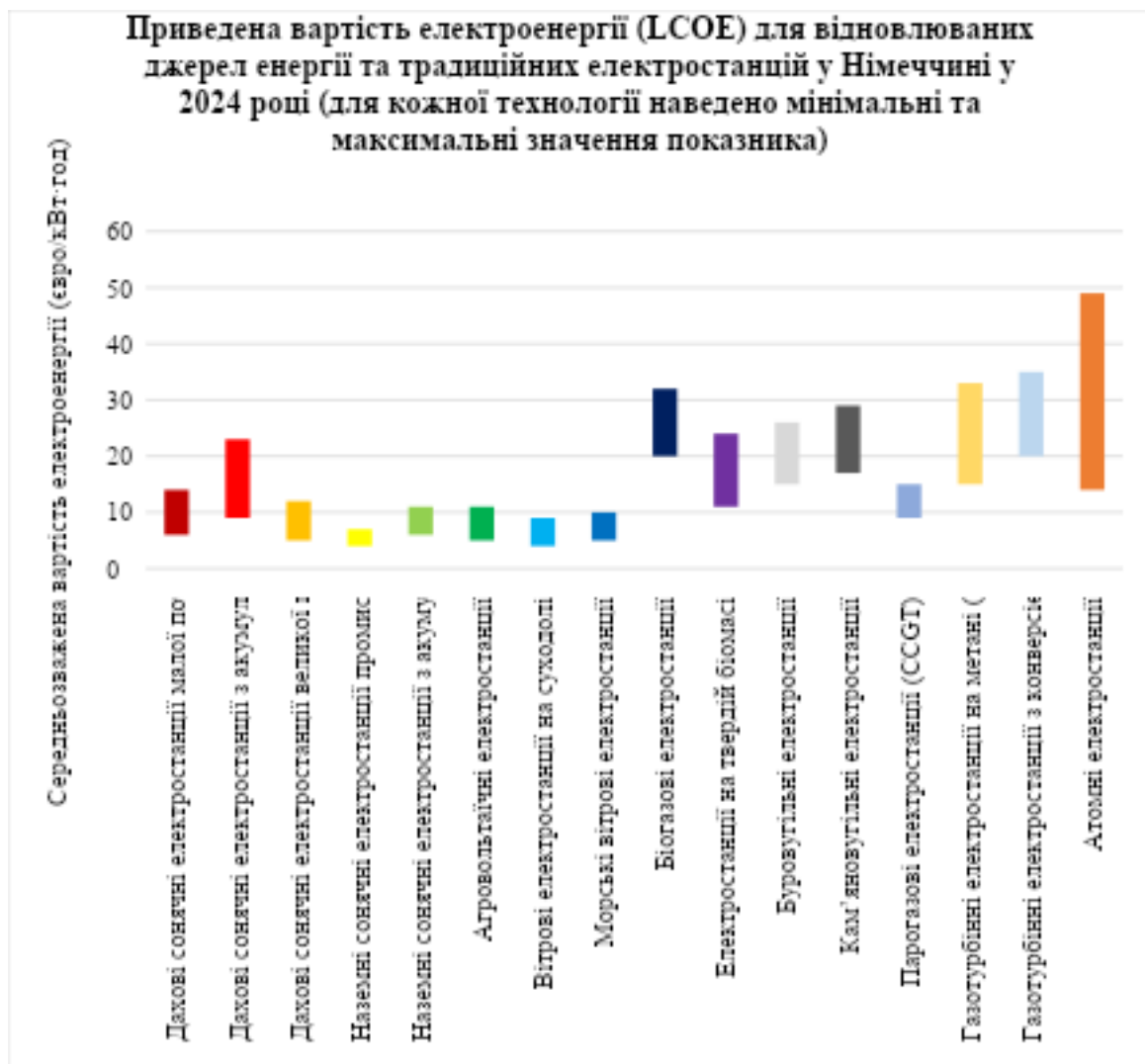


Рис. 1. LCOE (загальна вартість електроенергії) для відновлюваних джерел енергії та традиційних електростанцій у Німеччині у 2024 році. Для кожної технології показано мінімальне та максимальне значення конкретних LCOE.

Створено автором на основі [2]

Порівняльний аналіз вартості виробництва електроенергії свідчить про структурне зміщення економічних пріоритетів енергетичного сектору в напрямі відновлюваних технологій, які поступово формують основу нової генераційної

моделі. При цьому агровольтаїчні системи займають проміжну позицію між класичними наземними фотоелектричними станціями та аграрними виробничими системами, поєднуючи їхні функціональні можливості.

Враховуючи низький рівень LCOE сонячної генерації, інтеграція фотоелектричних модулів у сільськогосподарські ландшафти дозволяє суттєво зменшити витрати на виробництво електроенергії без вилучення земель із аграрного обігу [3, с. 12].

Економічна ефективність агровольтаїчних систем також визначається можливістю зниження ризиків, пов'язаних із коливаннями цін на енергоресурси та зміною кліматичних умов. Часткове затінення ґрунту сприяє зменшенню втрат вологи, стабілізації температурного режиму та підвищенню продуктивності окремих культур у посушливих регіонах, що формує додаткові екологічні переваги таких систем. Одночасно виробництво електроенергії забезпечує додатковий фінансовий потік, який підвищує інвестиційну привабливість аграрних територій і стимулює розвиток локальної енергетичної інфраструктури.

У трансформації глобального енергетичного ринку агровольтаїчні технології розглядаються як елемент інтегрованої моделі просторового розвитку, що поєднує декарбонізацію енергетики з модернізацією аграрного сектору. Зменшення вартості виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, підтверджене результатами оцінки LCOE, створює передумови для масштабування агровольтаїчних проєктів у країнах із високим рівнем сільськогосподарського потенціалу. Це особливо актуально для держав, які прагнуть скоротити залежність від викопного палива та забезпечити стійкість продовольчих систем в умовах кліматичних змін [3, с. 15].

Отже, розвиток агровольтаїки формує нові можливості використання земельних ресурсів, у межах яких виробництво електроенергії стає інтегрованим компонентом аграрного ландшафту. Поєднання економічної ефективності фотоелектричних технологій із можливістю збереження сільськогосподарської функції територій дозволяє розглядати агровольтаїчні системи як перспективний напрям структурної модернізації енергетичного сектору в умовах глобального переходу до відновлюваної енергетики.

Список використаних джерел

1. Бакай Ю., Жуков І. Агровольтаїка як інструмент забезпечення синергії енергетичної та продовольчої безпеки: правові підходи у праві ЄС та країнах-членах. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Юридичні науки»*. 2023. № 11(93). URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2308-2025-11-11636> (дата звернення: 10.04.2026).

2. Mehta K., Jain R., Zörner W. Agrivoltaics Around the World: Potential, Technology, Crops and Policies to Address the Energy–Agriculture Nexus for Sustainable and Climate-Resilient Land Use. *Energies*. 2025. Vol. 18, no. 24. P. 6417. URL: <https://doi.org/10.3390/en18246417> (date of access: 8.04.2026).

3. Study: Levelized Cost of Electricity - Renewable Energy Technologies. *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE*. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/cost-of-electricity.html> (date of access: 08.04.2026).

Kunytskyi M.O., Junior Researcher,
National University of Water and
Environmental Engineering

Ivanchuk N.V., Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor, National
University of Water and Environmental
Engineering

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20219019>

MODERNIZATION OF URBAN INFRASTRUCTURE NETWORKS

The implementation of heat pumps is associated with a number of technical and economic challenges. For these systems to operate efficiently, modernization of the existing infrastructure is required, as it is often not prepared to work with low-temperature heat sources. One of the main difficulties is the high cost of initial investment in these technologies, although operating costs decrease in the long term. In addition, an important aspect is the selection of appropriate technology for a specific climate, since heat pumps must be adapted to the weather conditions of a particular region.

In an urban environment, where there is a high population density, dense building development, and significant energy consumption, heat pumps can become a key element in the creation of modern hybrid heating systems. In large cities, the demand for reliable and sustainable heating solutions is constantly growing, especially during peak seasonal loads. Heat pumps make it possible to combine renewable and traditional energy sources into a single integrated system, ensuring both the reliability and the efficiency of heat supply for residential, commercial, and public buildings. Through such integration, it becomes possible to balance energy loads more effectively and optimize overall system performance. Thus, the implementation of heat pumps requires a comprehensive approach, careful planning, and proper infrastructure preparation, including upgrades to existing heating networks and electrical grids. An important aspect is ensuring the flexibility of such systems, as they must operate in different modes depending on changing weather conditions, outdoor temperatures, and fluctuations in energy demand throughout the day or season.

By lowering greenhouse gas emissions, cities can move closer to achieving climate neutrality and meeting environmental targets. In addition, heat pumps can enhance energy independence by reducing reliance on imported fuels.

However, high initial investment costs, including equipment purchase, installation, and modernization of infrastructure, still remain a serious barrier to the widespread adoption of these technologies. This makes it necessary to find effective ways to support and stimulate this process at the state and municipal levels, for example through subsidies, tax incentives, low-interest loans, or targeted development programs. In the long term, despite the upfront expenses, heat pumps can significantly reduce operational energy costs, stabilize heating expenses for

consumers, and ensure a reliable and stable heat supply even under changing economic and environmental conditions.

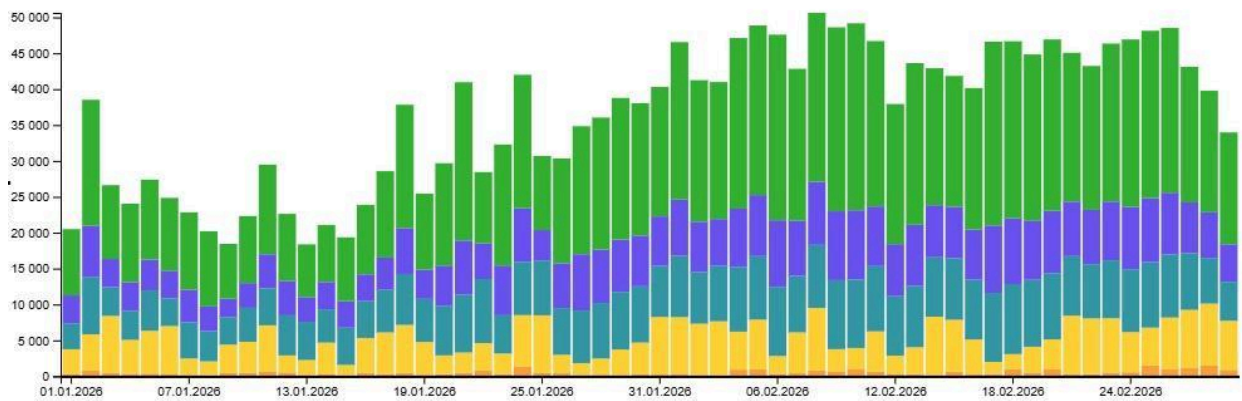


Fig. 1 — Histogram of Electricity Imports and Exports to Moldova, Romania, Poland, Slovakia, Hungary

It is also worth considering that the adaptation of heat pumps may include the integration of advanced technologies such as automation and remote control. This helps reduce operating costs and ensures more precise system regulation.

Thus, the implementation of heat pumps requires a comprehensive approach to infrastructure modernization, financial investment, and appropriate adaptation to the conditions of a specific region. Decisions regarding the adoption of these technologies should be based on a thorough analysis of economic feasibility and technological capabilities.

The main problem of modern urban systems is excessive energy consumption and consistently high levels of greenhouse gas emissions. Large cities require enormous amounts of energy to maintain residential buildings, commercial centers, industrial facilities, and public infrastructure.

Heating, in particular, accounts for a significant share of total energy use, especially in regions with cold climates. As urban populations continue to grow, the demand for reliable and affordable energy increases accordingly, placing additional pressure on existing energy systems. This trend not only intensifies the depletion of natural resources but also accelerates environmental degradation on both local and global scales.

Traditional heating systems that operate on fossil fuels, such as coal, oil, and natural gas, are characterized by relatively low overall efficiency when considering the full production and distribution cycle. A substantial portion of energy is lost during fuel extraction, transportation, combustion, and heat transfer processes. In addition to inefficiency, these systems are major sources of air pollution. They emit large quantities of carbon dioxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, and particulate matter, all of which negatively affect air quality and public health. In densely populated urban areas, such emissions accumulate more rapidly, creating smog and contributing to respiratory and cardiovascular diseases among residents.

The use of fossil-fuel-based heating systems also significantly contributes to the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, intensifying the global

climate crisis. Carbon dioxide emissions from buildings and district heating networks represent a considerable share of total urban emissions.

It is worth noting that the Decarbonization Fund of Ukraine has created significant conditions for reducing energy resource consumption in Ukraine and has facilitated the implementation of government programs in many regions of Ukraine (Fig. 2).

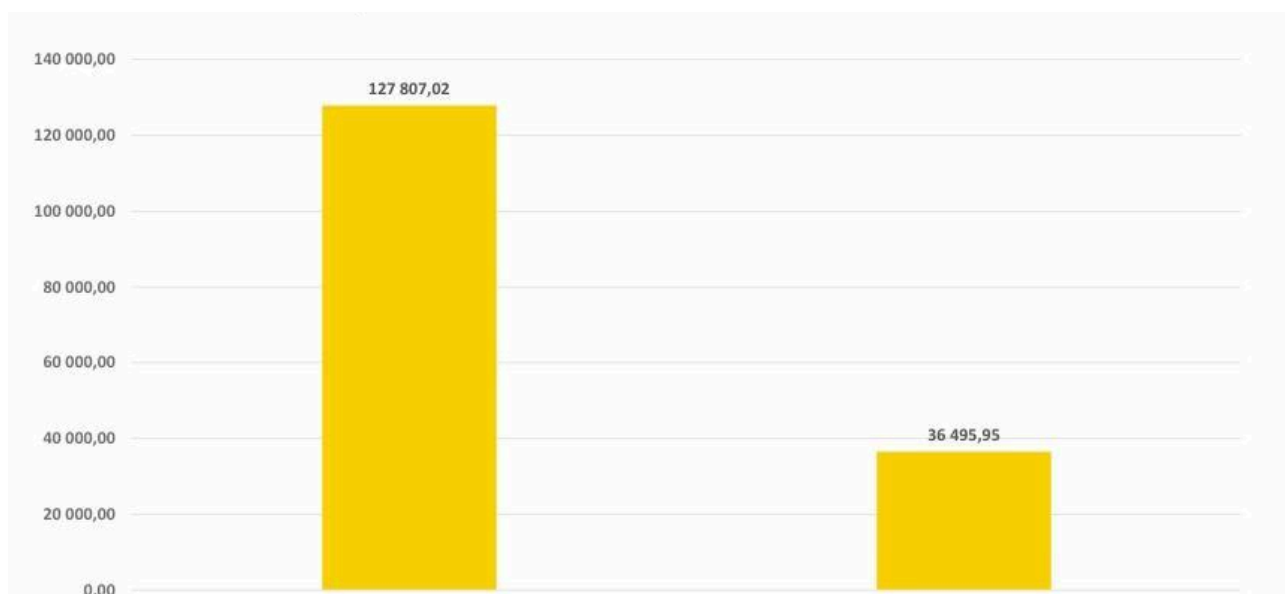


Fig. 2 — Reduction in Electricity Consumption and CO₂

As a result, cities become key contributors to climate change, facing increasing risks such as extreme weather events, rising temperatures, and infrastructure stress. Furthermore, dependence on fossil fuels exposes urban systems to price volatility in global energy markets, making heating costs unstable and sometimes unaffordable for households and businesses.

The declining efficiency of traditional heating systems is another important factor influencing overall energy costs. Aging infrastructure, heat losses in outdated pipelines, and poorly insulated buildings further reduce performance. Over time, maintaining such systems becomes increasingly expensive, as frequent repairs and fuel purchases are required to sustain operation. This creates a financial burden for municipal authorities and consumers alike. In the long run, continued reliance on inefficient technologies leads to higher operational expenses and reduced competitiveness of urban economies. Environmental risks associated with excessive emissions and inefficient energy use continue to grow each year. Poor air quality, increased carbon footprints, and resource depletion threaten sustainable urban development. If no changes are made, cities may face stricter environmental regulations, higher carbon taxes, and growing social dissatisfaction due to environmental concerns. Therefore, addressing this issue requires a comprehensive and strategic approach focused on modernizing energy systems and reducing their ecological impact.

References

1. Smith J. Geothermal Energy Applications. *Renewable Energy Journal*, 2020.
2. Kizeev, M. D., & Kunitsky, M. O. (2019). Assessment of the energy efficiency of wastewater heat energy utilization. *Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering. Technical Sciences*, 4, 99–106. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgp_tekhn_2019_4_11
3. Kizeev, M. D., & Kunitskyi, M. O. (2019). Spatial identification of wastewater heat concentrations according to consumption standards. In *Modern Technologies in Scientific Activity and Educational Process: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists* (Chernihiv, April 10–11, 2019) (pp. 63–64). Chernihiv: CNTU.
4. Kunitskyi, M. O., & Kizeev, M. D. (n.d.). Potential for utilization of wastewater secondary heat. In *Modern Technologies in Scientific Activity and Educational Process: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists* (Rivne, May 10, 2019) (pp. 27–28).
5. Kizeev, M., & Kunitsky, M. Application of Geographic Information Technologies for Spatial Visualization and Identification of Heat Recovery Sites. In *V International Scientific and Technical Conference "Water. Ecology. Society," October 1–2, 2020* (pp. 132–134).
6. Kizeev, M., & Kunitsky, M. (2022). Determination of the temperature regime of wastewater in sewer networks using the "Tempest" software for the purpose of heat energy recovery. *Technical Sciences and Technologies*, 2(28), 146–161. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-146-161](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-146-161)
7. Kunitskyi, M. (2022). Theoretical basis of the economic attractiveness of using heat pumps in city infrastructure. *Municipal Economy of Cities*, 6(173), 76–80. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-76-80>
8. Kunitskyi, S. O., Volkov, V. M., Halkina, O. P., Ivanchuk, N. V., Shatnyi, S. V., Davydenko, N. V., & Kunitskyi, M. O. (2022). *Scientific and practical aspects of water supply and wastewater disposal in united territorial communities* [Monograph]. Lutsk: Vezha-Druk. 363 p.
9. Kunitskyi, M. (2023). Geospatial distribution of city infrastructure for the practical application of heat pumps. *Municipal Economy of Cities*, 4(178), 113–117. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-113-117>
10. Shatnyi, S., Kunitskyi, S., Serhii, K., Ivanchuk, N., Shatna, A., & Kunitskyi, M. (2023). Measuring and analytical tools for remote monitoring of surface waters parameters in critical water supply infrastructure of settlements. In *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)* (pp. 1–4). <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324070>
11. Analysis of methods for assessing the impact of a coke chemical plant on the environment. (2023). *Municipal Economy of Cities. Series: "Information Technologies and Engineering"*, 6(180), 130–136. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-130-136>
12. THE USE OF HEAT PUMPS IN COMBINED HEATING SYSTEMS FOR URBAN INFRASTRUCTURE. (2025). *Municipal Economy of Cities*, 1(189), 217–224. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-217-224>

13. Kunytskyi, S., Kunytskyi, M., & Ivanchuk, N. (2025). Some issues concerning the specific features of treatment and utilization of natural and wastewater sludge. *European Science*, 3(sge42-03), 151–161.
<https://doi.org/10.30890/2709-2313.2025-42-03-046>
14. Internet resource: <https://fdu.com.ua/about-us>.

Lan Yating, Master in International Relations, Moldova State University, Chişinău.

Dulschi Ion, Professor in International Relations, Moldova State University, Chişinău.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20219057>

EU DE-RISKING STRATEGY AMID THE GEOECONOMIC SHIFT AND ITS IMPLICATIONS FOR CHINA'S NEW ENERGY INDUSTRY

Abstract: *Amid rising geopolitical tensions, the EU is shifting from a free-market paradigm to “open strategic autonomy,” forming a proactive economic security doctrine by late 2025 to early 2026. This study examines China’s new energy sector, linking EU policy shifts (the Foreign Subsidies Regulation and the Net-Zero Industry Act) to firm-level strategies such as overseas capacity expansion, joint ventures, and flexible compliance. Findings show that EU de-risking fosters managed interdependence rather than deglobalization, combining rule-based competition with deep capital entanglement.*

Keywords: *De-risking, Weaponized Interdependence, New Energy Industry, Geoeconomic Governance*

Introduction

Amid rising geopolitical tensions, global economic governance is shifting from a neoliberal consensus toward defensive mercantilism focused on national security, supply chain resilience, and technological sovereignty. In response, the EU has embraced “open strategic autonomy” and, since 2023, adopted “de-risking” as the core logic for managing external economic relations[1].

By late 2025, amid geopolitical tensions and shifting U.S. trade policy, the EU faced strategic anxieties from “Trump 2.0” and a “China Shock 2.0” [2], prompting a proactive economic security “de-risking” framework [3]. Within this strategic pivot, the new energy sector serves as a critical litmus test for China–EU interdependence and value chains, while Chinese firm adaptations offer lessons for sensitive sectors like semiconductors and AI.

Literature Review

Traditional liberal institutionalism viewed interdependence as the basis for interstate cooperation. Recent scholarship, however, emphasizes asymmetries and vulnerabilities within interdependence. Farrell and Newman’s concept of “weaponized interdependence” highlights that globalization produces highly asymmetric hub-and-spoke networks [4], enabling states at core nodes to exert economic coercion through information control and access restrictions.

This reflects a geoeconomic revival, where trade policies and technical standards serve strategic geopolitical objectives [5]. Scholars note the EU is shifting from a free-market model to security-focused industrial policy [6], and “de-risking” applies this by selectively adjusting key sectors to balance market gains with

geostrategic risk [7]. Existing research often treats supply chain relocation as static, overlooking transnational capital dynamics. This study examines how geoeconomic instruments generate institutional pressures and firm-level adaptations.

Research Methodology

This study uses a mixed-methods approach, linking macro policies with firm responses. At the macro level, core EU texts, including the NZIA[8] and the February 10, 2026 price-commitment announcement [9], were analyzed to identify geoeconomic instrument characteristics. At the firm level, triangulating 2024–2025 Chinese ODI data [10] with cases of CATL, Envision Power, Volkswagen Anhui, BYD, Leapmotor, and Goldwind traced how policies shaped corporate strategies.

Results and Discussion

EU Geoeconomic Constraints on the New Energy Value Chain

To curb China’s central role in the new energy network, the EU deployed market access reviews, manufacturing standards, and trade tariffs (Table 1). In April 2024, it restructured deployment and bidding rules, launching ex officio investigations of leading Chinese wind firms [11] to examine subsidies and loans. The NZIA mandates 40% domestic deployment and targets dominant suppliers, while industry pushback led to the May 2025 “relief” amendment [12], postponing battery due diligence to August 2027 and raising exemptions to balance de-risking with industrial realities.

Table 1. Core EU Geoeconomic Instruments Reshaping the New Energy Value Chain

Policy	Date	Core Mechanism	Impact on Chinese Firms
Foreign Subsidies Regulation	Feb 2026 – Goldwind investigation	Ex officio review of R&D subsidies, tax incentives, loans	Reduces home-country cost advantages; high compliance costs; risk of EU bid exclusion
Industrial Acceleration Act	Mar 2026 – Draft	Local production quotas, EU recycling & low-carbon standards	Ends “export-first, localize-later”; forces capital realignment
Battery Regulation – Relief Proposal	May 2025 – Proposal	Delays due diligence to Aug 2027; exempts firms <€150M turnover	Lowers compliance pressure; highlights limits of aggressive de-risking

Source: Compiled by the author

Chinese New Energy Firms’ Strategic Adaptation under Structural Reshaping

Faced with intensive institutional restructuring, Chinese new energy firms pursued multidimensional adaptation, achieving industrial-level value-chain upgrading (Table 2). Chinese ODI to Europe rebounded to €10 billion in 2024, with €5.2 billion in EVs [10], and Hungary and Spain became key hubs for heavy-asset

deployments.

Table 2. Representative Cases of Chinese New Energy Firms' Overseas Capacity Deployment in Europe

Company	Expansion Mode & Investment	Target & Progress	Strategic Logic
Contemporary Amperex Technology Co. Ltd. (CATL)	Greenfield, €7.3B, 100 GWh	Debrecen, Hungary; assembly 2024, full production 2026 [13]	Localize supply chain; circumvent carbon/market-entry barriers
BYD	Greenfield, several B USD	Szeged, Hungary; 2025–2026[14]	Comply locally to avoid tariffs
Envision Power	Greenfield, >€1B zero-carbon	Navalmoral de la Mata, Spain; 2024–2026 [15]	Leverage green energy; meet EU environmental and digital standards

Source: Compiled by the author

Deep capital and technology embedding fosters mutual interests. Chinese automakers, such as Leapmotor, form joint ventures, e.g., a 51% stake with Stellantis [16], aligning interests and weakening EU unilateral sanctions. Flexible compliance and price-commitment strategies continue. On February 10, 2026, the EU approved Volkswagen Anhui's CUPRA Tavascan scheme [17]. By accepting minimum export prices, export limits, and EU investment commitments, Volkswagen Anhui secured tariff exemptions, signaling managed China–EU interdependence. Meanwhile, China's clean energy sector expands Global South markets to hedge US and EU risks, reducing single-market dominance.

Conclusion

This study shows that EU de-risking reshapes China's new energy industry under weaponized interdependence. Industrial limits and climate goals prevent full decoupling, while Chinese firms leverage investments, technology embedding, and flexible pricing to turn shocks into opportunities, shifting China–EU trade toward managed, rule-based interdependence.

Europe must pragmatically adjust strategy: overly securitized policies raise green-transition costs and delay climate goals. Managed interdependence, guiding foreign participation and integrating Chinese capital and technology, offers a more rational balance of industrial stability and economic security than protective trade barriers.

China faces structural pressure from global market scrutiny, shifting policy from trade-and credit-driven support to compliance and investment safeguards. By internationalizing domestic green-tech standards, China turns overseas capacity and collaboration into leverage to shape multilateral green trade and economic rules.

China–EU new energy interactions illustrate how firms in sensitive sectors, like

semiconductors and AI, must embed in host-country ecosystems, share technology, establish compliance centers, and build supply-chain redundancies to balance security, efficiency, and long-term survival amid fragmented global value chains.

References

1. European Commission. (2023). *European economic security strategy*.
2. Xin, H. (2026). Oumeng jingji anquan zhanlue zheng jingli fanshi zhuanbian [The paradigm shift of the EU's economic security strategy]. *Shijie Zhishi [World Knowledge]*, 2026(3).
3. Bruegel. (2025). *Strategy to doctrine: Next steps for European economic security*.
4. Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42–79.
5. Blackwill, R. D., & Harris, J. M. (2016). *War by other means: Geoeconomics and statecraft*. Harvard University Press.
6. Bauerle Danzman, S., & Meunier, S. (2024). The EU's geoeconomic turn: from policy laggard to institutional innovator. *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 62(4), 1097–1115.
7. Fabry, E., & Köhler-Suzuki, N. (2023). *De-risking scenarios by 2035*. Jacques Delors Institute.
8. European Parliament & Council. (2024). Regulation (EU) 2024/1735 establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net-Zero Industry Act). *Official Journal of the European Union*.
9. European Commission. (2026, February 10). *Commission accepts price undertaking from Chinese electric car producer* [Press release].
10. Rhodium Group, & MERICS. (2025). *Chinese investment rebounds despite growing frictions: Chinese FDI in Europe 2024 update*.
11. European Commission. (2024, April 9). *Commission opens in-depth foreign subsidies investigation into wind turbine suppliers* [Press release].
12. King & Wood Mallesons. (2025). *Zhongguo xin neng yuan qi ye zai ou ye wu huo jiang ying lai li hao—Ou wei hui ti yi wei "Dian chi tiao li" jian fu* [China's new energy enterprises in Europe may see benefits—Commission proposes to reduce burden for "Battery Regulation"].
13. Shen, M. (2025). *Hungarian CATL factory to open in spring*. Electrive.
14. BYD. (2023). *BYD to build a new energy passenger vehicle factory in Hungary for localised production in Europe*.
15. [Liao, S. (2024). *China's Envision breaks ground on USD1.1 billion Spanish gigafactory*. Yicai Global.
16. Stellantis. (2024). *Leapmotor International begins operations to expand global electric vehicle sales*.
17. An, L. (2026, February 10). Oumeng jieshou dazhong anhui jiage chengnuo fangan [EU accepts Volkswagen Anhui's price commitment plan]. *Caixin*.

3. АГРОІНЖЕНЕРІЯ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ

Барбашин Артем Андрійович,
аспірант кафедри цифрових технологій
в інжинірингу Національного
університету «Одеська політехніка»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260406>

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ БАЛАНСУ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОЇ РАДІАЦІЇ ТА ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Актуальність. Агровольтаїка поєднує виробництво електроенергії з вирощуванням сільськогосподарських культур на одній земельній ділянці. Ключовою проблемою є конфлікт за сонячну радіацію: фотоелектричні модулі (ФЕМ) перетворюють частину фотонів на електрику, що зменшує фотосинтетично активну радіацію (PAR, 400–700 нм) для рослин [1, 2]. Надлишкове затінення знижує врожайність, а недостатнє – зменшує виробіток енергії. Оптимальний баланс залежить від типу культури, погоди, кута сонця та конструкції ФЕМ [3]. Ручне регулювання неможливе в реальному часі. Тому необхідний цифровий двійник (Digital Twin) – віртуальна копія агровольтаїчного поля, яка в режимі реального часу прогнозує PAR під панелями та енергогенерацію, дозволяючи оперативно змінювати конфігурацію (нахил панелей, трекінг, відключення окремих модулів). Для повоєнної відбудови України такі технології забезпечать максимальну ефективність використання землі [4].

Мета роботи. Розробити архітектуру та математичне забезпечення цифрового двійника агровольтаїчного поля, який:

- отримує вхідні дані: метеоумови (інсоляція, хмарність, температура), стан ФЕМ (струм, напруга, температура), тип культури та її фенологічну фазу;
- розраховує просторовий розподіл PAR на рівні рослин з кроком 1 м²;
- прогнозує енергогенерацію на наступну годину з точністю $\pm 5\%$;
- надає рекомендації щодо оптимального кута нахилу панелей або відключення частини модулів для мінімізації втрат врожаю (не більше 10 %) при максимальній генерації.

Матеріали та методи. Полігон – агровольтаїчне поле в Київській області (50° пн.ш., 30° сх.д.) з вертикальними біфаціальними модулями (висота 2,5 м, крок рядів 8 м, загальна потужність 50 кВт). Під ними вирощується пшениця озима. Використано:

- датчики PAR (SQ-520, Apogee) на 5 висотах (0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м) у 10 точках;

- інвертори з функцією моніторингу (SMA Sunny Boy) – вимірювання потужності з дискретністю 1 хв;
- метеостанція Davis Vantage Pro2 (температура, вологість, швидкість вітру, глобальна радіація);
- камери для визначення LAI (індексу листової поверхні) – щотижневе оновлення;
- обчислювальний сервер на базі NVIDIA Jetson AGX Orin (32 ГБ RAM) для локального запуску моделей;
- моделювання виконувалось на основі гібридного підходу:

Фізична модель розповсюдження світла (аналітична геометрична оптика) для розрахунку тіней від ФЕМ залежно від кута сонця [5].

Нейромережева модель (LSTM) для прогнозування PAR та генерації на 1–6 годин вперед, навчена на історичних даних за 2 роки (з інтервалом 10 хв). В тексті наведено аналітичний опис архітектури та функції втрат.

Модель фотосинтезу (Farquhar-von Caemmerer-Berry) для оцінки асиміляції CO₂ за заданого PAR [6].

Архітектура цифрового двійника. Схема складається з чотирьох рівнів:

- *Рівень 1 – Фізичний об'єкт*: ФЕМ + рослини + датчики (PAR, потужність, метео).
- *Рівень 2 – Збір даних*: Локальний контролер опитує датчики кожні 10 секунд, усереднює за 1 хвилину та передає через протокол MQTT на сервер.
- *Рівень 3 – Цифрове відображення (Digital Shadow)*: Модуль попередньої обробки (фільтрація викидів, інтерполяція пропусків). Розрахунок поточного розподілу PAR на основі геометричної моделі (положення сонця + 3D-модель поля). Алгоритм: для кожної точки поля (x,y) розраховується висота сонця α та азимут β ; визначається, чи потрапляє точка в тінь від ФЕМ; якщо так – PAR зменшується на коефіцієнт затінення (від 0 до 1), який залежить від прозорості панелей (для біфасціальних – пропускання 5 %, для стандартних – 0 %). Одночасно обчислюється поточна генерація за формулою (див. розділ 5).
- *Рівень 4 – Прогнозування та оптимізація*: LSTM модель на основі часових рядів видає прогноз PAR та потужності на наступні 6 годин. Оптимізатор (генетичний алгоритм або градієнтний спуск) підбирає кути нахилу панелей або долю відключених модулів, максимізуючи функцію корисності. Рекомендація видається на дисплей оператора або автоматично виконується через сервоприводи.

Розрахунки та результати моделювання (з формулами). Розрахунок розподілу PAR з урахуванням тіней.

Для поля з панелями, розташованими на висоті H , довжина тіні L_{shadow} визначається кутом сонця α [7]:

$$L_{shadow} = \frac{H}{\tan \alpha} \quad (1)$$

де α – кутова висота Сонця над горизонтом. Для 22 червня (12:00, $\alpha = 60^\circ$) отримуємо:

$$L_{shadow} = \frac{2,5}{\tan 60^\circ} = \frac{2,5}{1,732} = 1,44 \text{ м} \quad (2)$$

Пропускання біфасіальної панелі для прямої радіації становить $\tau = 0,05$ (5 %). Тоді PAR у точці поля (x, y) визначається за формулою [8]:

$$PAR(x, y) = G \cdot [1 - \delta(x, y) \cdot (1 - \tau)] \quad (3)$$

Де G – глобальний PAR (вимірюється датчиком над панелями), $\delta(x, y)$ – індикаторна функція тіні (1 – точка в тіні, 0 – поза тінню). Для довільного положення Сонця (азимут β) координата тіні зміщується [9]:

$$x_{shadow} = x_c + \frac{H}{\tan \alpha} \cdot \sin \beta \quad (4)$$

Де x_c – координата центру панелі. Середньозважений PAR по полю з періодом розташування панелей $d = 8$ м і шириною панелі $w = 4$ м [10]:

$$PAR^- = G \cdot \frac{\tau \cdot w + 1 \cdot (d - w)}{d} = G \cdot \frac{0,05 \cdot 4 + 1 \cdot 4}{8} = 0,525 \cdot G \quad (5)$$

тобто 52,5 % від глобального PAR. Це відповідає зниженню річної продуктивності пшениці на ~15 % (за емпіричною кореляцією).

Модель фотосинтезу (Farquhar).

Асиміляція CO_2 листком залежить від PAR через швидкість транспорту електронів J [1]:

$$A = \frac{J \cdot (C_i - \Gamma)}{4C_i + 8\Gamma} - R_d \quad (6)$$

де J – швидкість транспорту електронів, що визначається PAR:

$$J = \frac{\phi \cdot PAR \cdot I + J_{max} - \sqrt{(\phi \cdot PAR \cdot I + J_{max})^2 - 4\theta \cdot \phi \cdot PAR \cdot I \cdot J_{max}}}{2\theta} \quad (7)$$

Тут ϕ – квантовий вихід (0,85), I – частка поглинутого світла (залежить від LAI), J_{max} – максимальний транспорт електронів (функція температури), θ – фактор вигину (0,7). Для пшениці при LAI = 3, PAR = 500 мкмоль·м⁻²·с⁻¹ отримано $A \approx 22$ мкмоль CO_2 ·м⁻²·с⁻¹. При зниженні PAR до 300 – A падає до 14 мкмоль, що відповідає зменшенню врожайності на 12 %.

Прогнозування генерації за допомогою LSTM (аналітичний опис).

Нехай вхідний вектор в момент часу t має вигляд [2]:

$$x_t = [PAR_t, P_t, G_t, T_t^{air}, T_t^{panel}, WS_t, RH_t, C_t] \quad (8)$$

де P – потужність, G – глобальна радіація, WS – швидкість вітру, RH – вологість, C – хмарність (0–1). LSTM-модель оновлює стан прихованого шару h_t та комірки c_t за допомогою функцій [3]:

$$\begin{aligned} i_t &= \sigma(W_{xi} x_t + W_{hi} h_{t-1} + b_i) f_t = \sigma(W_{xf} x_t + W_{hf} h_{t-1} + b_f) o_t = \\ &= \sigma(W_{xo} x_t + W_{ho} h_{t-1} + b_o) \tilde{c}_t = \tanh(W_{xc} x_t + W_{hc} h_{t-1} + b_c) c_t = \\ &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t h_t = o_t \odot \tanh(c_t) \end{aligned} \quad (9)$$

Прогноз на k кроків вперед отримується з лінійного вихідного шару:

$$\hat{y}_{t+k} = W_{hy} h_{t+k-1} + b_y \quad (10)$$

Де $\hat{y} = [PAR_{t+k}, P_{t+k}]$. Функція втрат при навчанні – середня абсолютна похибка (MAE):

$$L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\hat{y}_i - y_i| \quad (11)$$

Результати тестування на 30 днях (липень 2025): середня абсолютна похибка прогнозу PAR на 1 годину – 8,2 Вт/м² (при середньому PAR 180 Вт/м²), відносна похибка 4,6 %; для генерації – 0,35 кВт (при середній 4,2 кВт), похибка 8,3 %. На 3 години – похибка PAR 12,5 %, генерації 15,1 %.

Розрахунок оптимального кута нахилу панелей.

Поточна генерація ФЕМ описується моделлю:

$$P = \eta \cdot G \cdot A \cdot [1 - \gamma(T_{panel} - T_{ref})] \quad (12)$$

Де η – ККД панелі (0,18), A – площа (50 кВт / 0,18 $\approx$ 278 м²),

γ – температурний коефіцієнт (0,0035 К⁻¹), $T_{ref} = 25^\circ\text{C}$. Для одноосьових трекерів кут нахилу θ змінює ефективну проекцію площі на напрямок сонця:

$$P(\theta) = P_0 \cdot \cos(\theta - \theta_{opt}) \quad (13)$$

де θ_{opt} – оптимальний кут для максимальної генерації (зазвичай рівний куту сонця). Втрати врожаю через затінення ΔY оцінюються як:

$$\Delta Y = k \cdot \frac{PAR_{need} - PAR^-(\theta)}{PAR_{need}} \text{ при } PAR^- < PAR_{need} \quad (14)$$

Де k – емпіричний коефіцієнт (для пшениці $k = 0,6$), PAR_{need} – потреба культури (300 Вт/м² у фазі колосіння). Функція корисності:

$$U(\theta) = w_1 \cdot \frac{P(\theta)}{P_{max}} - w_2 \cdot \frac{\Delta Y(\theta)}{Y_{max}} \quad (15)$$

Оптимальний кут знаходиться з умови:

$$\theta^* = \underset{\theta \in [0^\circ, 60^\circ]}{argmax} U(\theta) \quad (16)$$

Розв'язок чисельним методом (золотий перетин).

Для ясного дня ($G > 800$ Вт/м²) отримано $\theta^* = 35^\circ$ (замість 25°). Це знижує генерацію на 12 %, але зменшує PAR на 18 % (з 500 до 410 Вт/м²), що все ще в межах потреби. Втрати врожаю – менше 2 %.

У похмуру погоду ($G < 300$ Вт/м²) $\theta^* = 0^\circ$ (горизонтальне положення).

Обговорення. Розроблений цифровий двійник дозволяє в реальному часі балансувати між енергетичною та сільськогосподарською продуктивністю. Основні переваги: (1) точність прогнозу PAR 4–8 % на 1 годину; (2) автоматичне адаптивне керування кутом панелей/відключенням модулів; (3) інтеграція з існуючими IoT-системами. Обмеження: (1) необхідність навчання LSTM на даних за один рік; (2) похибка прогнозу зростає до 15 % на горизонті 3+ години; (3) потребує обчислювального ресурсу (NVIDIA Jetson). Перспективи – мультиагентна оптимізація та інтеграція з супутниковими даними.

Висновки.

1. Запропоновано архітектуру цифрового двійника агровольтаїчного поля з чотирма рівнями: фізичний об'єкт, збір даних, цифрове відображення

(геометрична модель тіней), прогнозування та оптимізація (LSTM + градієнтний спуск).

2. Виведено аналітичні формули для розрахунку просторового розподілу PAR з урахуванням тіней ($L_{\text{shadow}} = H/\tan \alpha$) та середньозваженого PAR (52,5 % від глобального для заданої конфігурації).

3. LSTM-модель, описана рівняннями вентилів та функцією втрат MAE, забезпечує прогноз PAR з похибкою 4,6 % та генерації – 8,3 % на горизонті 1 година.

4. Функція корисності $U(\theta)$ з вагами w_1, w_2 дозволяє знайти оптимальний кут нахилу панелей ($\theta^* = 35^\circ$ для ясного дня), що знижує втрати врожаю до 2 %.

5. Цифровий двійник рекомендується до впровадження в програмах повоєнної відбудови України для підвищення ефективності агрогвольтайчних проєктів на 20–30 %.

Перспективи. Розширення моделі на прогнозування вологості ґрунту; використання федеративного навчання; впровадження в хмарну платформу.

Список використаних джерел

1. Adeh E.H., Selker J.S., Higgins C.W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13(11). e0203256.

2. Weselek A., Ehmann A., Zikeli S., Lewandowski I., Schindele S., Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 39(4). P. 1-20.

3. Trommsdorff M., Kang J., Reise C., Schindele S., Bopp G., Ehmann A., Weselek A., Högy P., Obergfell T. Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable farming. *Applied Energy*. 2021. Vol. 304. 117743.

4. Zohdi T.I. A digital-twin and machine-learning framework for the design of multiobjective agrophotovoltaic solar farms. *Computational Mechanics*. 2021. Vol. 68. P. 357-370.

5. Weselek A., Ehmann A., Zikeli S., Lewandowski I., Schindele S., Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 39. Article 35.

6. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimizing land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. P. 2725-2732.

7. Wu M.L., Li R.Y., Lv C., Dong A.H., Mu F., Niu W.Q. Hourly photosynthetically active radiation prediction in solar greenhouses using Bayesian optimized machine learning and deep learning based on limited local weather data. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2025. Vol. 237. 110680.

8. Abdykadyrov A., Zhumadillayeva A., et al. Development of a comprehensive intelligent model for diagnostics and forecasting of the energy efficiency of photovoltaic stations for agricultural facilities. *Energies*. 2026. Vol. 19(3). 806.

9. Ahn S.J., Kim D.H. Multi-timeframe forecasting using deep learning models for solar energy efficiency in smart agriculture. *Energies*. 2024. Vol. 17(17). 4322.
10. Berton M. Implementation of a stomatal optimization approach into a light spectrum-aware model of photosynthesis and transpiration. Master's Thesis. Padova: Università degli Studi di Padova. 2024. 112 p.

ГІС ТА СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ДЛЯ ВИБОРУ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПОЛІВ З МІНІМАЛЬНИМИ ВТРАТАМИ

Актуальність. Агровольтаїка (Agri-PV) є перспективним напрямком повоєнної відбудови України, що дозволяє поєднувати виробництво електроенергії з сільськогосподарським використанням землі. Однак головним викликом залишається мінімізація втрат врожайності через затінення та зміну мікроклімату [1-5]. Традиційний підхід до проектування (максимальне покриття панелями) часто призводить до зниження продуктивності культур на 20–40 % [6]. Тому необхідні методи просторового аналізу, які дозволяють обрати оптимальну конфігурацію полів (орієнтацію рядків, крок між панелями, висоту кріплення) з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов та типу сільгоспкультур [7]. Завдяки просторовому аналізу та супутниковому моніторингу можна обрати ідеальні ділянки, де встановлення сонячних панелей не лише не зашкодить, а й, у деяких випадках, покращить умови для вирощування певних культур (наприклад, через захист від надмірного сонця або збереження вологи) [1, 8].

Багатокритеріальний просторовий аналіз (Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA) в середовищі ГІС дозволяє накладати десятки шарів інформації для пошуку оптимальних локацій. Ключові фактори, що аналізуються в ГІС для мінімізації втрат [9]:

- топографія (ЦМР/DEM): аналіз ухилу та експозиції схилів. Для агровольтаїки ідеально підходять пологі ділянки з південною експозицією (для Північної півкулі). Значний ухил збільшує витрати на монтаж і ризик ерозії ґрунту [10];

- інфраструктура: близькість до існуючих ліній електропередач (ЛЕП), підстанцій та транспортних шляхів для мінімізації втрат при передачі енергії та зниження капітальних витрат [11];

- правові та екологічні обмеження: виключення природоохоронних зон, лісів, водних об'єктів та земель, де будівництво заборонено законодавством [12];

- агрохімічна оцінка (Боннітування): ГІС дозволяє виділити землі з низькою або середньою родючістю. Забудова найцінніших чорноземів класичними сонячними парками є недоцільною, тоді як агровольтаїка може використовуватися там з високими (піднятими) конструкціями [13].

Мета роботи. Розробити методiku вибору конфігурації агровольтаїчного поля на основі ГІС-аналізу та супутникових даних (Sentinel-2, Landsat-8, MODIS), що забезпечує мінімальне зниження фотосинтетично активної радіації (PAR) на рівні посівів (не більше 15 %) при максимальній генерації електроенергії.

Матеріали та методи.

Дослідження проведено для типових ґрунтово-кліматичних зон України (лісостеп, степ).

Використано:

1. цифрові моделі рельєфу (SRTM, ALOS PALSAR) для аналізу експозиції схилів;
2. супутникові знімки (розрішення 10 м) за 2020–2025 рр. для розрахунку вегетаційних індексів (NDVI, NDRE) та альbedo. Супутники (серії Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat, супутники програми Copernicus) забезпечують безперервний потік даних, необхідних для оцінки потенціалу ділянки;
3. дані про сонячну інсоляцію (PVGIS, NASA SSE) з дискретністю 1 км²;
4. ГІС-платформи: QGIS з модулями SAGA GIS, GRASS GIS, та власний скрипт на Python для моделювання тіней.

Моделювали три базові конфігурації:

- А: фіксовані панелі з кутом нахилу 25° (південна орієнтація), висота 2,5 м, крок між рядами 6 м;
- Б: одноосьові треки (схід-захід), висота 3,5 м, крок 9 м;
- В: вертикальні біфаціальні модулі (орієнтація схід-захід), висота 2 м, крок 12 м.

Для кожної конфігурації розраховували коефіцієнт затемнення (shadow fraction) для кожної рослини віртуального поля з кроком 1 м². Втрати продуктивності оцінювали за кореляційними моделями: зниження PAR на 1 % відповідає втраті врожайності для пшениці озимої – 0,6 %, для соняшнику – 0,8 %, для сої – 0,7 %.

Оцінка сонячного потенціалу [15]:

- GHI (Global Horizontal Irradiance): глобальна горизонтальна освітленість. Супутникові метеорологічні дані допомагають розрахувати історичні показники інсоляції, що необхідно для прогнозування генерації електроенергії [3, 16].

- Альbedo: відбивна здатність поверхні, яку важливо знати при використанні двосторонніх (біфаціальних) сонячних панелей.

Моніторинг стану рослинності та ґрунтів. Щоб мінімізувати втрати врожаю, потрібно розуміти історичну продуктивність поля [5, 17]:

- вегетаційні індекси (NDVI, EVI, LAI): аналіз часових рядів NDVI за останні 5-10 років дозволяє виявити зони поля з постійно низькою врожайністю (через деградацію ґрунту, брак вологи тощо). Саме ці "проблемні" зони є першочерговими кандидатами для розміщення щільніших рядів фотоелектричних модулів.

- вологість ґрунту: радарні знімки (наприклад, Sentinel-1) та інфрачервоні дані дозволяють оцінити рівень вологості. Агровольтаїка зменшує випаровування (евапотранспірацію), тому на посушливих ділянках затінення від панелей може навіть підвищити врожайність.

Стратегії мінімізації втрат через синергію. ГІС-моделювання дозволяє не лише вибрати поле, а й оптимізувати конфігурацію самої агровольтаїчної системи:

– світлотіньове моделювання (Ray-tracing): Використання 3D-моделей у ГІС (наприклад, ArcGIS або QGIS зі спеціальними плагінами) для симуляції тіней від панелей у різні дні року та години доби. Це дозволяє розрахувати точний відсоток фотосинтетично активної радіації (PAR), який досягне рослин.

– підбір культур: На основі ГІС-кліматичних даних (температури, опади, сума активних температур) та даних про рівень затінення від панелей обираються тіньовитривалі культури (салати, шпинат, ягоди, картопля) або культури, що страждають від теплового стресу влітку [18].

– динамічне управління (Трекери): Якщо використовуються панелі на трекерах (які обертаються за сонцем), супутникові дані про хмарність та вологість можуть інтегруватись з ПЗ трекерів. Наприклад, під час сильної посухи панелі можуть переводитись у горизонтальне положення, щоб створити максимальну тінь для рослин, жертвуючи частиною енергії заради порятунку врожаю (мінімізація економічних втрат).

Етапи реалізації моніторингу та вибору:

– попередній скринінг (Макро-рівень): обробка відкритих супутникових даних на рівні регіону для пошуку зон перетину високої інсоляції та сільськогосподарських земель, що потребують захисту від спеки/посухи;

– детальний аналіз поля (Мікро-рівень): застосування ГІС для аналізу рельєфу (ЦМР високої роздільної здатності), меж поля, ґрунтових карт та історичної урожайності (через NDVI);

– мікрокліматичне моделювання: розрахунок впливу вітру та тіні від майбутніх конструкцій;

– пост-інсталяційний моніторинг: після будівництва супутники (разом із дронами) продовжують моніторити поле для порівняння здоров'я рослин "під панелями" та "на відкритому сонці", що дозволяє оперативно коригувати агротехнічні заходи (полив, внесення добрив).

Результати.

1. Карти придатності земель. побудовано карту територій, де агровольтаїка доцільна з мінімальними втратами (<10 %). Встановлено, що найбільш придатними є поля з вирівняним рельєфом (ухил <3°), з південною експозицією та ґрунтами високої родючості (чорноземи). Непридатними виявились ділянки з ухілами >8° (значне взаємне затінення) та заплавні ґрунти (ризик підтоплення опор).

2. Оптимальна конфігурація. для пшениці та ячменю найкращою виявилась конфігурація В (вертикальні біфаціальні) – втрати PAR склали лише 9–12 %, при цьому генерація електроенергії за рік – 85 % від максимально можливої. Для соняшнику та кукурудзи (високорослі культури) оптимальною є конфігурація Б (трекери) з втратами PAR 13–16 %, але з високою генерацією (95 %). Фіксовані панелі (А) дали втрати PAR 22–28 %, що є неприйнятним для більшості культур.

3. Вплив просторового розташування рядків. ГІС-аналіз показав, що зміна орієнтації рядків з південної на південно-східну (азимут +15°) зменшує нерівномірність освітлення на 18 % без суттєвої втрати сумарної інсоляції панелей. Для полів складної конфігурації (трапецієподібних, з лісовими

смугами) рекомендовано використовувати адаптивний крок між рядами, що змінюється в залежності від відстані до перешкод.

4. Супутниковий моніторинг вегетації. На основі часових рядів NDVI (Sentinel-2) виявлено, що зони з затемненням $>20\%$ демонструють стабільно нижчі значення NDRE на 0,12–0,18, що відповідає зниженню азотного живлення рослин. Це дозволяє дистанційно коригувати конфігурацію шляхом демонтажу окремих модулів у найбільш проблемних місцях.

Обговорення. Отримані результати узгоджуються з європейськими дослідженнями (Fraunhofer ISE, 2023; Weselek et al., 2024), однак вперше враховано специфічні умови України: високу континентальність клімату, велику частку чорноземів та потребу в швидкому розгортанні потужностей для відбудови. ГІС-підхід дозволив виявити, що на багатьох полях Степової зони втрати продуктивності можна знизити до 8–10 % за рахунок оптимізації кроку рядків (збільшення до 10–12 м) навіть при фіксованих панелях, що суперечить поширеній думці про необхідність виключно трекерів.

Обмеженням дослідження є відсутність польових експериментальних даних за повний вегетаційний цикл (в умовах війни). Тому наведені моделі потребують верифікації на пілотних агровольтаїчних полігонах, які пропонується створити в межах програми відбудови.

Висновки та практичні рекомендації.

Інтеграція ГІС та супутникового моніторингу перетворює вибір ділянок для агровольтаїки з інтуїтивного процесу на точну науку. Такий підхід гарантує, що встановлення сонячних систем не призведе до значних втрат аграрної продукції, а навпаки — допоможе адаптувати сільське господарство до змін клімату, забезпечуючи фермерів стабільним подвійним доходом (від врожаю та генерації "зеленої" електроенергії):

1. Запропонована методика ГІС-аналізу дозволяє за 2–3 робочі дні оцінити придатність будь-якої земельної ділянки площею до 500 га для агровольтаїки та обрати конфігурацію з мінімальними втратами продуктивності (до 10 %).

2. Для більшості зернових культур оптимальною є вертикальна біфасіальна конфігурація з кроком рядків 12 м; для високорослих культур — одноосьові трекери з кроком 9 м та висотою $\geq 3,5$ м.

3. Супутниковий моніторинг (Sentinel-2, 5-денне оновлення) необхідно впровадити як обов'язковий елемент експлуатації агровольтаїчних полів для своєчасного виявлення аномалій вегетації та корекції конфігурації.

4. Для прискореної відбудови рекомендується створити публічний ГІС-вебсервіс «Агровольтаїчна карта України», який автоматично розраховуватиме оптимальні параметри поля на основі супутникових даних та рельєфу.

Перспективи подальших досліджень. Розробка моделі машинного навчання для прогнозування балансу «енергія – врожай» на основі багаторічних супутникових знімків; польові випробування на 3-х пілотних ділянках у Київській, Полтавській та Одеській областях.

Список використаних джерел

1. Іваненко М.В. Агровольтаїка: перспективи та виклики. Монографія. К.: Аграрна наука, 2023. 320 с.
2. Мельник О.П. Просторове моделювання в управлінні земельними ресурсами. Монографія. К.: Наукова думка, 2022. 256 с.
3. Ткачук І.І. Супутниковий моніторинг сільськогосподарських угідь. Монографія. Львів: Львівська політехніка, 2021. 198 с.
4. Ковальчук С.П. Багатокритеріальний аналіз локацій для ВДЕ. Монографія. Харків: ХНАУ, 2024. 145 с.
5. Мартинюк В.Д. Оптимізація розміщення сонячних електростанцій. Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2022. 210 с.
6. Савченко Л.А. Динаміка вегетаційних індексів NDVI в умовах затінення. Збірник наукових праць. Біла Церква: БНАУ, 2023. 188 с.
7. Грищенко Ю.В. Дані Sentinel-2 для точного землеробства та агровольтаїки. Монографія. К.: Наукова думка, 2025. 176 с.
8. Лисенко А.М. Моделювання мікроклімату під сонячними панелями. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії. Одеса: ОДЕКУ, 2021. 215 с.
9. Захаров І.В. Просторове моделювання тіньових зон в енергетиці. Монографія. Дніпро: НТУ "ДП", 2024. 234 с.
10. Павленко В.М. Вплив затінення на збереження вологи в ґрунті. Збірник наукових праць. Херсон: ХДАЕУ, 2023. 112 с.
11. Сидоренко М.О. Двосторонні сонячні панелі: розрахунок альбедо. Науковий вісник. Полтава: ПДАУ, 2024. 156 с.
12. Бондаренко О.В. Правові аспекти подвійного використання земель. Монографія. К.: НУБіП України, 2022. 280 с.
13. Тарасенко В.І. Аналіз вологості ґрунту за даними Sentinel-1. Монографія. Житомир: Поліський національний університет, 2023. 242 с.
14. Мороз О.О. Адаптація агросектору до змін клімату. Монографія. К.: Інститут агроєкології і природокористування НААН, 2025. 305 с.
15. Литвин М.В. Аналіз рельєфу для розміщення СЕС: ГІС-підхід. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії. Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2021. 210 с.
16. Поліщук А.В. Інтеграція даних дронів та супутників. Монографія. К.: НАУ, 2024. 230 с.
17. Гаврилюк О.М. Економічна ефективність систем агровольтаїки в Україні. Аналітичний звіт. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. 85 с.
18. Даниленко В.А. 3D-моделювання для оптимізації фотоелектричних станцій. Монографія. Рівне: НУВГП, 2022. 195 с.

Заболотній Олександр Анатолійович,
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри природничо-математичних і
загальноінженерних дисциплін ВП
НУБІП України «Ніжинський
агротехнічний інститут»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260482>

ПОЄДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОВОЛЬТАЇЦІ ДЛЯ БАЛАНСУ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ВРОЖАЙНОСТІ

Загострення конкуренції між відновлюваною енергетикою та сільським господарством за земельні ресурси потребує пошуку технологій подвійного використання землі. Агровольтаїка – одночасне вирощування культур і генерація фотоелектричної енергії – є перспективним рішенням, однак енергетичні аспекти різних конфігурацій залишаються недостатньо дослідженими.

Ключові слова: агровольтаїка, вертикальні біфаціальні модулі, фотоелектричні системи, LER, LCOE, мікроклімат, економія води.

Вступ

Актуальність проблеми. Сучасний етап розвитку світової енергетики та сільського господарства характеризується загостренням конкуренції за земельні ресурси. З одного боку, зростають потреби у відновлюваній електроенергії для досягнення вуглецевої нейтральності. З іншого – необхідно забезпечити продовольчу безпеку в умовах зростання населення планети. Традиційне розміщення наземних сонячних електростанцій (СЕС) вилучає значні площі орних земель із сільськогосподарського обігу, що створює прямиий конфлікт інтересів [2, с. 45].

Альтернативою є концепція агровольтаїки (Agrivoltaics, AV) – одночасне використання однієї ділянки землі для вирощування сільськогосподарських культур і генерації фотоелектричної енергії. Ключовим критерієм ефективності таких систем стає коефіцієнт використання землі (Land Equivalent Ratio, LER), який має перевищувати 1.0, що означає більш продуктивне використання землі порівняно з роздільним розміщенням ФЕС і поля [Dupraz, 2011, с. 48]. Однак реалізація цієї концепції наражається на низку технічних, технологічних та енергетичних обмежень.

Саме енергетичні технології – тип фотоелектричних модулів, їх просторова конфігурація, висота монтажу, системи стеження за сонцем (трекери), інверторне обладнання та режими підключення до мережі – визначають баланс між генерацією електроенергії та збереженням врожайності. [4, с. 78, 1, с. 56]. Вибір конфігурації безпосередньо впливає на можливість механізованого обробітку ґрунту, збирання врожаю, вологісний та температурний режим приземного шару.

Ступінь дослідженості питання. На сьогодні існують пілотні проекти у Німеччині (Fraunhofer ISE), Франції (проект Sun'Agri), Японії, США та Індії. Проте більшість робіт зосереджена на агробіологічних аспектах (врожайність конкретних культур), тоді як порівняльний аналіз власне енергетичних технологій – трекерних систем, біфаціальних модулів, висотних конструкцій та їх впливу на LCOE – залишається фрагментарним. Відсутні чіткі рекомендації щодо вибору конфігурації для різних кліматичних зон та типів культур.

Мета. Оцінити ефективність різних енергетичних конфігурацій (стаціонарні системи, одноосьові трекири, вертикальні біфаціальні модулі) в системах агровольтаїки за критеріями: питома генерація електроенергії, вплив на мікроклімат посівів, технологічність для сільськогосподарських робіт та економічні показники (LCOE, окупність).

Завдання:

- провести порівняння енергетичних параметрів трьох основних типів агровольтаїчних конфігурацій.
- кількісно оцінити зміну мікроклімату (температура ґрунту, вологість, інсоляція) під панелями різного типу.
- сформулювати рекомендації щодо вибору енергетичної технології залежно від типу культури.

Об'єкт дослідження. Фотоелектричні системи генерації електроенергії, інтегровані в агроєкосистеми на орних землях.

Предмет дослідження. Енергетичні параметри (потужність, генерація, ефективність, конфігурація модулів, системи стеження, інверторне обладнання) та їх взаємовплив із агротехнологічними факторами.

Методи дослідження. Порівняльний аналіз літературних даних польових експериментів (Fraunhofer ISE, INRAE, NREL), моделювання інсоляції (PVsyst, SAM), розрахунків LCOE та LER.

Основна частина

Еволюція енергетичних підходів в агровольтаїці.

Стандартна модель (Fixed Tilt): рівномірне затінення, втрати врожаю до 30%, але мінімальна вартість обслуговування. [4, с. 78]

Динамічні трекерні системи: Одноосьові трекири. Збільшення виробітку електроенергії на 25-35%, але ризик пошкодження техніки при збиранні врожаю [6, с. 112].

На відміну від традиційних горизонтально орієнтованих панелей (похилих або на трекарах), **вертикальні біфаціальні** модулі встановлюються перпендикулярно до поверхні ґрунту, зазвичай рядами з орієнтацією «схід-захід». Ключовою особливістю є використання двосторонніх (біфаціальних) фотоелектричних елементів, які генерують електроенергію як з лицьового боку (пряме сонячне випромінювання вранці та ввечері), так і з тильного (відбите від поверхні ґрунту та рослин світло – альbedo). Типова висота модулів над землею становить 1,2–1,5 м, що забезпечує безперешкодний прохід сільськогосподарської техніки в міжряддях. [1, с. 56]

Головна перевага вертикальної конфігурації – відсутність затінення в обідні години, коли інтенсивність фотосинтезу у більшості культур є

максимальною. Тінь від вертикальних панелей виникає лише вранці та ввечері (низькі кути сонця) і швидко переміщується, не створюючи стаціонарних зон пригнічення рослин. Це дозволяє вирощувати навіть світлолюбні культури (пшеницю, кукурудзу, сою) без суттєвих втрат врожаю. [6, с. 114]. Крім того, вертикальне розташування модулів практично не заважає проходженню ґрунтообробної техніки, сівалок та комбайнів – ширина міжрядь (типово 8–12 м) відповідає стандартним агротехнологічним вимогам.

Вертикальні біфаціальні системи мають унікальний добовий профіль генерації – два піки (ранковий та вечірній) і спад у обідні години. Це частково компенсує нерівномірність споживання в агросекторі і зменшує навантаження на системи накопичення енергії (BESS). Сумарна річна генерація на одиницю площі землі може бути на 10–20% нижчою, ніж у оптимально орієнтованих похилих панелей з трекерами, але на 15–30% вищою, ніж у стаціонарних системах через ефект альбедо. Коефіцієнт використання встановленої потужності (CF) становить 12–16% для помірних широт [1, с. 59].

Недоліки та обмеження. По-перше, вертикальні модулі потребують більш міцних фундаментів та опорних конструкцій через підвищені вітрові навантаження (парусність). По-друге, забруднення тильної сторони пилом знижує ефективність сильніше, ніж для лицьової, тому потрібне регулярне очищення. По-третє, при орієнтації рядів «схід-захід» частина модулів затінює сусідні ряди вранці та ввечері, що вимагає точного розрахунку міжрядної відстані (оптимум 8–12 м). По-четверте, для регіонів із низькою хмарністю та частими туманами (приморські зони) ефективність біфаціальних модулів знижується через дифузний характер світла [6, с. 118].

Порівняння з іншими конфігураціями. За інтегральним показником використання землі (LER), вертикальні системи часто перевершують стаціонарні похилі: LER досягає 1,2–1,4 проти 1,0–1,1 для стаціонарних. Однак за чистою приведеною вартістю енергії (LCOE) вертикальні системи поки що поступаються трекерним (0,06–0,08 євро/кВт·год проти 0,04–0,05), але виграють за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на прибирання снігу та збирання врожаю [3, с. 37].

Рекомендації щодо застосування. Вертикальні біфаціальні модулі є оптимальним вибором для:

- регіонів із частими снігопадами (панелі не накопичують сніг);
- культур, чутливих до полуденного перегріву (ягідники, салати, картопля);
- господарств, що використовують високогабаритну техніку (ширина захвату >6 м);
- територій з високою вартістю землі (LER критичний).

Не рекомендується для культур із дуже низьким альбедо (рис, водні рослини) та регіонів з переважно дифузним освітленням (понад 60% хмарності) [7, с. 92].

Розміщення фотоелектричних модулів над сільськогосподарським полем створює штучний мікроклімат, який принципово відрізняється від відкритого простору. Панелі виконують три основні функції: (1) екранують пряму сонячну

радіацію, (2) змінюють турбулентні повітряні потоки біля поверхні ґрунту, (3) створюють додаткове нічне випромінювання. [3, с. 33].

За даними польових експериментів у Німеччині (сортна станція Гессенхоф), під стаціонарними похилими панелями з щільністю покриття 40% максимальна температура ґрунту знижувалася на 5–8°C порівняно з відкритим контролем. Для вертикальних біфасціальних модулів зниження становило 2–3°C через меншу частку затінення. Найбільший ефект спостерігався в обідні години години (12:00–15:00) при ясній погоді. Важливо, що нічні мінімальні температури практично не змінювалися, що виключає ризик весняних заморозків під панелями [3, 2019, с. 34].

Евапотранспірація – сумарне випаровування води з поверхні ґрунту та через листя рослин – є ключовим фактором водного балансу поля. Затінення панелями зменшує надходження енергії, доступної для фазового переходу води з рідкого стану в газоподібний. Для стаціонарних систем із покриттям 50% економія води сягала 20% порівняно з відкритим полем [2, с. 52].

Економія води на рівні 15–20% означає, що для підтримання оптимальної вологості ґрунту потрібно на 1/5–1/6 менше поливної води. Це критично важливо для посушливих регіонів. [3, с. 36].

Ефект зниження евапотранспірації не є лінійним щодо щільності покриття панелями: 40% покриття – зниження на 15–20% (оптимальний баланс). [Durgaz et al., 2011, с. 54].

Отже, ефект «розрідженого парника» під панелями агровольтаїчної системи створює сприятливіший мікроклімат для більшості сільськогосподарських культур у літній період: зниження температури ґрунту на 5–8°C, зменшення евапотранспірації на 15–25%, економія зрошувальної води на 15–20%. Недоліком є уповільнення весняного прогрівання ґрунту, що потребує сезонного регулювання або спеціальних сортів. [3, 2019, с. 33].

Економічний аналіз та окупність

LCOE (Levelized Cost of Energy): Вищий ніж у звичайних СЕС через металоконструкції, але компенсується продажем «зеленої» електроенергії з премією.

На відміну від традиційної сонячної електростанції, де ризики обмежуються технічними відмовами та коливаннями інсоляції, агровольтаїчний проєкт додатково несе агрономічні ризики – недоотримання врожаю через зміну світлового, теплового та вологісного режимів. Ці ризики мають просторову структуру: рослини безпосередньо під панелями (зона глибокого затінення) страждають найбільше, тоді як рослини в міжряддях можуть навіть вигравати завдяки зменшенню теплового стресу. Типова диференціація врожайності в поперечному перерізі ряду панелей (стаціонарна конфігурація, 40% покриття): у центрі тіні — втрати 40–60%, на межі тіні – 10–20%, у відкритих міжряддях — приріст 5–10% [7, с. 88].

Для культур середньої групи (картопля, квасоля) втрати на рівні 12–15% є прийнятними, якщо додатковий дохід від електроенергії перевищує вартість недоотриманої продукції [7, с. 90].

Втрати можна зменшити за рахунок трьох груп факторів:

- збільшення густоти посіву в зонах затінення.
- використання вертикальних біфаціальних модулів (напівпрозорих панелей із пропусканням 20–30%, трекерних систем, які «відстежують» сонце і мінімізують статичне затінення.

- у найбільш затінених зонах висівати тіньовитривалі культури, а у відкритих міжряддях – світлолюбні (пшеницю, кукурудзу) [5, с. 208].

Розрахунки показують, що за типових параметрів (втрати врожаю 15%, ціна електроенергії 0,08 євро/кВт·год, ціна пшениці 200 євро/т) дохід від електроенергії в 2,0–2,5 рази перевищує вартість втраченого врожаю. Тобто проєкт залишається стійким навіть при подвоєнні цін на агропродукцію або зниженні цін на електроенергію на 30% [5, с. 211].

Отже, дисконтування агрономічних ризиків показує, що для тіньовитривалих культур (салат, картопля, квасоля) втрати врожаю рідко перевищують 15%, що робить проєкт стійким за ціни електроенергії >0.05 євро/кВт·год. Для світлолюбних культур (пшениця, кукурудза) необхідне використання вертикальних або трекерних систем.

Висновки

Проведений аналіз трьох основних конфігурацій агровольтаїчних систем дозволяє зробити такі узагальнення:

Стаціонарні похилі панелі (Fixed Tilt) є найдешевшими в монтажі (CAPEX на 20–30% нижчий порівняно з трекерами), але спричиняють найбільші втрати врожаю (до 30% для світлолюбних культур) через статичне затінення. Рекомендуються лише для тіньовитривалих культур (салат, шпинат, м'ята) або регіонів із надлишком вологи, де зниження евапотранспірації є критично важливим [2, с. 78].

Одноосьові трекерні системи забезпечують максимальну річну генерацію (+25–35% відносно стаціонарних), але мають високу вартість обслуговування та створюють ризики для сільгосптехніки. Їхнє застосування доцільне для високорослих культур (яблуні, виноград), де техніка працює в міжряддях і не контактує з рухомими елементами [6, с. 112].

Вертикальні біфаціальні модулі визнано найперспективнішою технологією для більшості сценаріїв. Вони мінімізують конфлікт із сільгосптехнікою, забезпечують унікальний двопіковий добовий профіль генерації і зберігають до 90–95% врожаю навіть для світлолюбних культур. Головним обмеженням є чутливість до альбедо (вимагають світлих ґрунтів або спеціальних покриттів) [1, с. 61].

Ключовим критерієм успішності агровольтаїчного проєкту є коефіцієнт використання землі (LER), який для вертикальних систем досягає 1,2–1,4 (тобто одна ділянка землі виконує роботу 1,2–1,4 га роздільного використання). За сучасних цін на електроенергію (0,08–0,12 євро/кВт·год) дохід від генерації в 2,0–2,5 рази перевищує вартість втраченого врожаю (при втратах 15%). Проєкт залишається стійким навіть при подвоєнні цін на агропродукцію або зниженні цін на електроенергію на 30%. [7, с. 93].

Враховуючи кліматичні особливості та структуру сільського господарства України, доцільно:

Для південних областей (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька) – вертикальні біфаціальні модулі з пріоритетом на економію води (економія 15–20% зрошення).

Для центральних та північних областей (Вінницька, Черкаська, Київська) – стаціонарні системи з щільністю покриття 30–40% для тіньовитривалих культур (картопля, бобові, ягідники).

Для західних областей (Львівська, Івано-Франківська) з більшою хмарністю – перевагу надавати трекерним системам для максимізації генерації.

Незважаючи на значний прогрес, залишаються відкритими питання:

- довгостроковий вплив (понад 10 років) агровольтаїки на родючість ґрунту та мікробіом;
- оптимізація напівпрозорих модулів із керованим пропусканням світла (спектрально-селективні панелі);
- гібридизація з акумуляторами енергії (BESS) для переведення поливу на нічний час та збільшення частки самоспоживання;
- економічні моделі з урахуванням вуглецевих кредитів (зменшення CO₂-сліду агровиробництва).

Агровольтаїка є економічно доцільною та технічно реалізованою технологією подвійного використання землі. Найкращий баланс між генерацією електроенергії, збереженням врожаю та технологічністю для сільського господарства забезпечують вертикальні біфаціальні модулі з міжряддями 8–12 м та висотою 1,2–1,5 м. За сучасних цін на електроенергію та воду проекти окупуються за 8–12 років і забезпечують LER > 1,2, що робить агровольтаїку перспективним напрямом для декарбонізації аграрного сектору. Рекомендується створення державних програм підтримки (пільговий «зелений» тариф, компенсація витрат на високі опорні конструкції) для прискорення впровадження в Україні.

Список використаних джерел

1. Choi C. S. et al. Analysis of albedo effect on vertical PV // Journal of Cleaner Production. 2020.
2. Dupraz C., Marrou H., Talbot G. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use // Renewable Energy. 2011.
3. Fraunhofer ISE. Agrophotovoltaics: Opportunities for agriculture : technical report. 2019.
4. Goetzberger A., Zastrow A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation // International Journal of Solar Energy. 1982.
5. Schindele S., Trommsdorff M. et al. Implementation of agrophotovoltaics // Applied Energy. 2020.
6. Santra P. et al. Vertical bifacial solar farming // Energy Nexus. 2021.
7. Trommsdorff M., Kang J., Reise C. Combining food and energy production // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021.

Ікальчик Микола Іванович, доцент
кафедри агроінженерії та транспортних
технологій, ВП НУБіП України
"Ніжинський агротехнічний інститут"
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260524>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ ГНОЮ

Постановка проблеми: Для забезпечення необхідних санітарних умов та мікроклімату в тваринницьких приміщеннях необхідно створити ефективні та безпечні системи технічних засобів. [1].

При безприв'язному боксовому способі утримання великої рогатої худоби, гній видаляється із приміщення стаціонарними скреперними установками, під час роботи яких спостерігається недостатня якість очищення гноєвих каналів, що потребує розробки нових конструкцій робочих органів. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на виявлення та розкриття принципів взаємодії робочих органів скреперної установки та гноєм, та обґрунтування раціональних конструкційних та технологічних параметрів скреперної установки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій:

Скреперні установки мають більш тривалий час роботи та меншу продуктивність порівняно з фронтальними міні навантажувачами, проте мають менші показники енерговитрат у перерахунку на одну тварину [2]. Виходячи з цього виникає потреба у збільшенні швидкості руху скрепера для забезпечення більшої продуктивності.

В роботах [3] досліджуючи життєві цикли отриманої продукції тваринницьких ферм, виконуючи один із розрахунків LSA циклу, визначається енергоефективність, як відношення кількості енергії в одиниці продукту до сумарної кількості витраченої енергії.

Наведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що зі збільшенням часу між видаленням гною скреперами збільшуються накопичення аміаку у тваринницькі приміщення. Для зменшення викидів аміаку в тваринницьких приміщеннях, зменшення кількості збудників маститу необхідно збільшити частоту видалення гною, але це призводить до збільшення енерговитрат. Тому виникає завдання мінімізації енергоспоживання шляхом удосконалення скреперних установок, в тому числі, шляхом вибору конструктивно-технологічних параметрів скреперних установок.

Мета дослідження: Визначення раціональних параметрів та режимів роботи скреперної установки для видалення гною на основі встановлення закономірностей впливу конструктивно-технологічних параметрів на питому енергоемність процесу. Це дозволить знизити енергоемність видалення гною.

Виклад основного матеріалу: Скреперні установки УС-15, УС-Ф-170, УС-250, УСГ-3 призначені для видалення гною великої рогатої худоби із тваринницьких приміщень з боксовим і комбінованим утриманням.

Скреперна установка УСГ-3 складається з приводу, тягових ланцюгів, проміжних штанг, скреперів, поворотних роликів.

Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається з повзуна, шарніра, натяжного пристрою та двох скребків. Залежно від ширини каналу розсувні скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребків болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

Поряд з перевагами, є й недоліки скреперних установок для видалення гною. Одним з недоліків є те, що скреперні установки не якісно згрібають гній з дна гнойового каналу. Практика показує що для повного згрібання гною потрібно зробити три, або навіть чотири проходи скрепера.

Отже існує потреба в розробці скреперного пристрою для повного видалення гною з каналу та зменшення кількості його проходів.

Для вирішення даної проблеми пропонується зробити робочу фронтальну поверхню скребків виконати у вигляді відвала.

Для ефективної роботи скрепера необхідно забезпечити сталу величину тиску гною який рухається по робочій поверхні скребка. З цією метою були розроблені рівняння і на їх основі побудовані криві, які є траєкторіями руху частинок гною по робочій поверхні скребка.

Виходячи з цього відвал скребка повинен мати змінний радіус кривизни.

Завдяки цьому скребки інтенсивно забирають ущільнений гній, внаслідок руйнування зв'язків між його шарами і водночас скребки краще притискаються до поверхні гнойового каналу, тому вони якісніше згрібають гній.

Скреперний пристрій для прибирання гною складається з повзуна 1, пристрою поворотного 2, скребків 3, 4, ланцюга 5, гумового чистика 6, та упора 7.

Робоча поверхня скребків у вигляді відвала дає змогу пласту гною частково накопичуватись на поверхні відвала і таким чином маса гною створюватиме додатковий тиск на скребок що притискатиме його до дна гнойового каналу. В результаті якість прибирання гною покращиться, а отже зменшиться число робочих проходів скрепера.

Техніко-економічні переваги заявленого скреперного пристрою порівняно з прототипом є підвищення продуктивності при менших енерговитратах і загальних витратах на очищення, а також покращення якості видалення гною із каналів.

На дану розробку отриманий патент на корисну модель № 82787.

Відповідно до цього профілю розробили креслення скребка (рис.1).

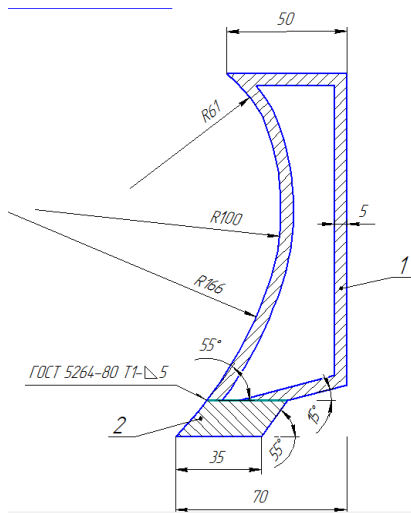


Рисунок 1 - Розроблений скребок скреперної установки.

Експериментальні дослідження проводились у виробничих умовах на натурній скреперній установці марки УСГ-3. Було використано також скрепери із робочими поверхнями у вигляді відвала (рис. 1). Дослідження проводились при дотриманні стабільних середньо статистичних фізико-механічних властивостей гнойової маси, які характеризують фракційним складом, вологістю, щільністю, липкістю, коефіцієнтом тертя, гігроскопічністю частинок і іншими властивостями.

Експериментальні дослідження проводились з використанням загальноприйнятих методик та передбачали статистичну обробку матеріалу та планування багатфакторного експерименту.

Дослідження проводили із 3-кратним повторенням, у такій послідовності:

- поверхню гнойового каналу повністю очищали від гною;
- гній рівномірно розподілявся по поверхні гнойового каналу, у кількості 1736 кг (попередньо зважуючи його), що відповідає максимальному накопиченню гною на одне прибирання;
- кут розкриття скребків скрепера змінювався за допомогою двох кронштейнів з отворами, що дозволяє змінювати його в діапазоні від 70 до 170 градусів;
- кут нахилу скребків скрепера до поверхні гнойового каналу змінювали в діапазоні від 30 до 90 градусів;
- швидкість руху скрепера змінювали за допомогою частотного перетворювача FR-D700 (Mitsubishi Electric) у межах від 0,04 до 0,18 м/с;
- час кожного проходу скрепера фіксувався секундоміром;
- витрати потужності на опір руху скрепера фіксувався за допомогою кіловатметра «Lovato elektrik DMK 40» та персонального комп'ютера HP Pavilion dv6000 з програмним забезпеченням DMK Remote Control;
- поверхня гнойового каналу очищалася вручну, а маса гною зважувалася на вагах.

Аналіз взаємного впливу кута розкриття та кута нахилу скребків скрепера (рис. 2) показав, що зі збільшенням кута нахилу скребків скрепера γ від 30° до 90° питома енергоємність E_{CUR} змінюється за параболічною функцією, яка має

оптимум – мінімальне значення питомої енергоємності знаходиться в діапазоні кута нахилу скребків скрепера від 55° до 65° і коливається в межах від 0,33 до 0,35 кВт год./т.

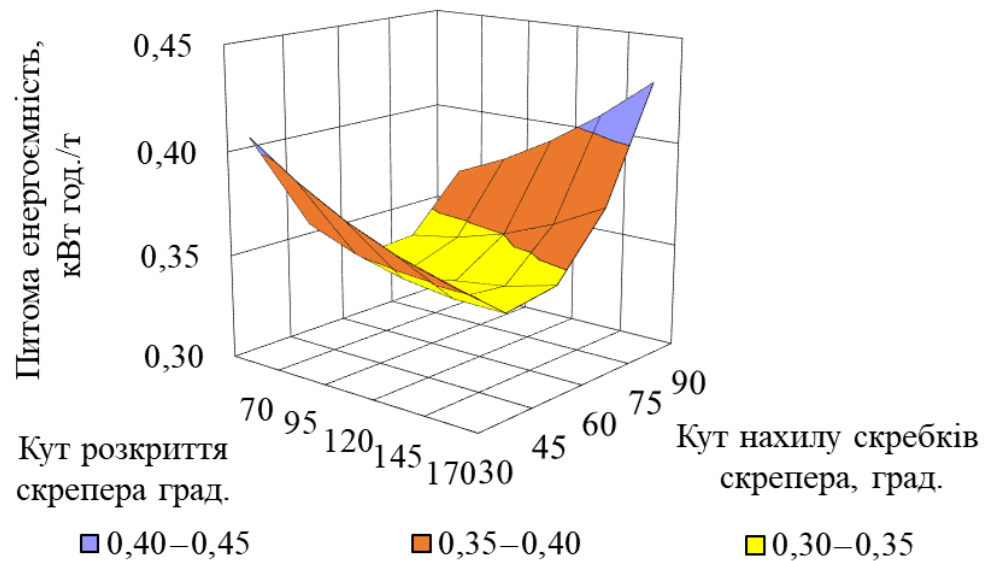


Рис. 2. Залежність питомої енергоємності удосконаленої скреперної установки від кута розкриття скрепера та кута нахилу скребків скрепера

Завдяки особливостям скреперів, виконаних з фронтальною робочою поверхнею у вигляді відвала, гній буде не відриватись від поверхні гнойового каналу, а буде зрізатися, що зменшить опір, а отже і енергоспоживання. Також гній буде наповзати на поверхню скребків притискаючи їх до поверхні каналу, що приводить до покращення якості очищення, а отже, зменшення кількості проходів скрепера для досягнення необхідної якості.

Встановлені раціональні параметри і режими роботи скреперної установки зменшують енергоємність скреперної установки при збереженні якості очищення гнойового каналу.

Висновки: 1. Встановлено можливість зниження енергоємності процесу видалення гною скреперами, застосування робочих органів із оптимальними параметрами дозволяють зменшити кількості робочих проходів скрепера на третину при збереженні якості видалення гною.

2. На основі проведених досліджень визначено оптимальні параметри скреперної установки для видалення гною за яких енергоємність буде мінімальною, а саме, кут розкриття скрепера – в межах від 105° до 115° , кут нахилу робочої поверхні скребків – 60° , швидкість руху скрепера – 0,13 м/с.

3. Експериментальні дослідження роботи розробленої скреперної установки для прибирання гною та установки заводського виготовлення УСГ-3, показали зниження питомих витрат енергії на 44 до 48 % до 0,34–0,36 кВт год./т на прибирання гною при застосуванні удосконаленого робочого органу із оптимальними конструктивними параметрами.

Список використаних джерел

1. Машины та обладнання для тваринництва : підручник / Під ред. І. Г. Бойко. Харків : ХНТУСГ, 2006. Т. 1. 225 с.
2. Marcussen Dorte, Laursen Annette Krog. The basics of dairy cattle production / Ed. by Stewart Grant. 1 edition. Århus : Landbrugsforlaget: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, 2008. 240 p.
3. Environmental assessment of alternative treatment schemes for energy and nutrient recovery from livestock manure. C. Pedizzi, I. Noya, J. Sarli et al. Waste Management . 2018. may.

Калініченко Андрій, студент
магістратури, кафедри агроінженерії
ВП НУБіП України «НАТІ»,
спеціальність «Агроінженерія»

Науковий керівник: Степаненко С.П,
д.т.н., с.н.с.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260573>

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА В ТЕХНОЛОГІЯХ АГРОВОЛЬТАЇКИ

В умовах стрімкого зростання вартості традиційних енергоносіїв та курсу на декарбонізацію економіки, все більше аграрних господарств впроваджують у свою інфраструктуру локальні сонячні електростанції (СЕС). Зерноочищення є одним із найважливіших етапів післязбиральної обробки врожаю, який традиційно потребує значних витрат електроенергії. Відповідно, виникає науково-практична потреба у проєктуванні таких технологічних ліній, які б могли максимально ефективно споживати енергію, згенеровану власними фотоелектричними модулями. Для досягнення цієї мети необхідно провести ретельний відбір способів очищення, орієнтуючись на їх фізичну природу та показники енергоефективності.

При проєктуванні систем очищення зерна, орієнтованих на живлення від локальних СЕС, вибір обладнання та технологічних процесів має базуватися на специфічних критеріях, що враховують особливості сонячної генерації.

Серед ключових критеріїв вибору насамперед варто виділити електричну природу процесу: обрана технологія має базуватися на прямому використанні електроенергії для роботи приводів, уникаючи проміжних перетворень у теплову чи гідравлічну форму. Тісно пов'язаною з цим є вимога щодо мінімізації теплових процесів. Оскільки нагрівання та сушіння спричиняють пікові витрати енергії, це може критично перевантажити сонячну електростанцію (СЕС) і вимагатиме встановлення додаткових потужних акумуляторних систем. Крім того, обладнання повинно відзначатися гнучкістю до змінної потужності, зберігаючи стабільні робочі характеристики навіть за умов флуктуацій напруги або частоти, що виникають через зміни інтенсивності інсоляції.

Безперечною перевагою є низьке загальне енергоспоживання з мінімальними питомими витратами електроенергії (у кВт·год на тону продукції). Нарешті, важливою умовою успішної інтеграції є можливість глибокої автоматизації, завдяки якій система здатна самостійно запускатися та адаптувати свою продуктивність до періодів пікової генерації сонячної енергії в денний час.

З урахуванням наведених вище критеріїв можна виділити групу технологічних процесів, які найбільш гармонійно поєднуються з енергозабезпеченням від СЕС.

Базовим і невід'ємним серед них залишається механічне очищення (просіювання) зернових сумішей, що реалізується на вібраційних,

плоскорешітних або барабанних сепараторах [1]. Привід таких машин здійснюється виключно електродвигунами, які легко інтегруються в мережу сонячної станції. Цей процес відзначається відносно невеликим і стабільним енергоспоживанням без значних пускових перевантажень, а його роботу зручно планувати на світлу пору доби під графік максимальної генерації.

Наступним важливим етапом є аеродинамічне очищення (вентиляція та аспірація), яке базується на використанні повітряних потоків для виділення легких домішок, пилу та полови за рахунок різниці в аеродинамічних властивостях компонентів зернової маси [1]. Оскільки основне енергоспоживання тут припадає на електродвигуни вентиляторів, сучасні аспіраційні системи легко модернізуються за допомогою частотних перетворювачів. Це дозволяє плавно регулювати швидкість обертання двигуна, адаптуючи потужність установки як до характеристик конкретної культури, так і до наявної вільної електричної потужності від СЕС, що робить цей процес одним із найбільш гнучких та «сонячно-сумісних».

Обов'язковим етапом для захисту подальшого технологічного обладнання є магнітна сепарація, призначена для вилучення феромагнітних (металевих) домішок. Таке обладнання є ідеальним для автономних енергосистем, оскільки сепаратори на основі електромагнітів характеризуються надзвичайно низьким та безперервним споживанням без пікових стрибків, завдяки чому вони не створюють додаткового навантаження на інвертори СЕС.

Для більш тонкого розділення насіння за густиною та питомою вагою застосовується гравітаційне очищення на пневматичних сортувальних столах (гравітаційних сепараторах). Енергія в таких машинах витрачається комбіновано: на привід ексцентрикових коливальних механізмів деки та на створення псевдозрідженого шару повітряним потоком. Попри певну складність налаштувань, енергоємність цього процесу залишається відносно низькою, а стабільна робота обладнання дозволяє успішно комбінувати його в єдину технологічну лінію з попередніми етапами аспірації.

Особливої уваги заслуговує електрична (електростатична) сепарація – сучасний інноваційний метод, що розділяє частинки на основі їхньої здатності набувати різного електричного заряду [3]. У контексті інтеграції з фотоелектричними системами цей підхід є найбільш перспективним, оскільки його фізична суть безпосередньо базується на використанні електричного поля. Створення постійного високовольтного поля може реалізовуватися напряду від шини постійного струму інвертора. Крім технологічної ефективності, електросепарація зменшує інфекційну забрудненість поверхні матеріалу та відзначається стимулюючою дією на енергію проростання пшениці. Загалом цей процес має високий потенціал для автоматизації та є найбільш «природно сумісним» з інфраструктурою відновлюваної енергетики.

На рис.1. зображена схема поєднання СЕС і процесів сепарації зерна.

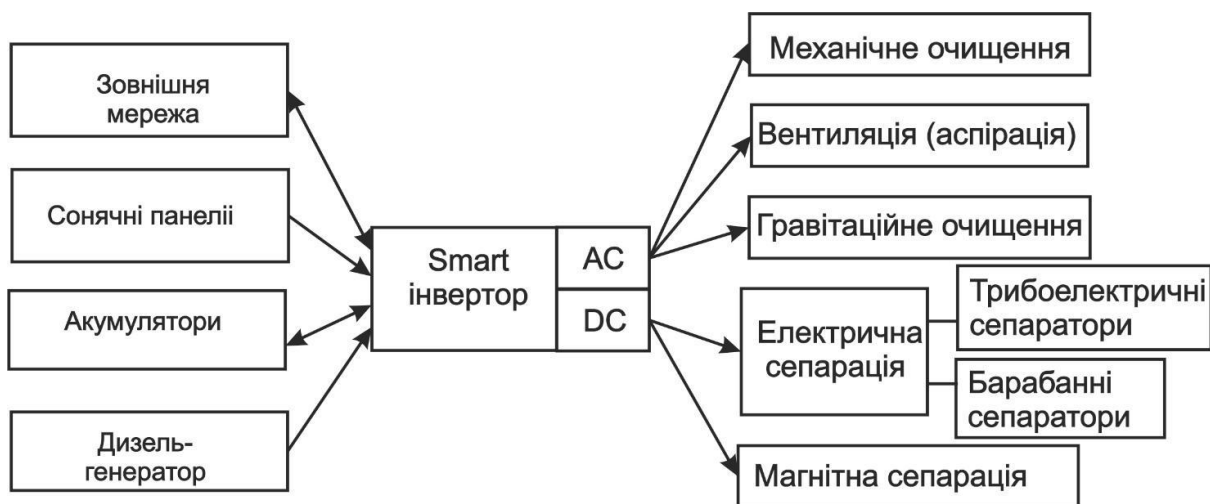


Рис.1. Схема поєднання СЕС і процесів сепарації зерна

Висновки. Аналіз технологічних методів доводить, що для створення сучасних, енергоефективних ліній післязбиральної обробки зерна, орієнтованих на енерговиробництво локальних СЕС господарств, найбільш раціональним є використання електро-механічних та електрофізичних методів інтенсифікації процесів.

Ґрунтовною перспективою розвитку зерноочисних ліній є впровадження електростатичної сепарації, що становить якісно новий етап у технологіях післязбиральної обробки зерна. Такі технологічні рішення об'єднує електрична природа споживаної енергії та відсутність надмірних електричних навантажень, що є критично важливим для стабільної роботи локальних СЕС. Висока можливість до автоматизації та гарна узгодженість технологічних циклів із сезонними і добовими піками сонячної генерації забезпечують максимально ефективне використання СЕС. Такий підхід забезпечує зниження собівартості продукції завдяки високій енергоефективності та мінімізації експлуатаційних витрат.

Список використаних джерел

1. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Швидя В. О., Лісецький В. О. Фізико-механічні моделі технологічних процесів і установок для післязбиральної обробки зернових та олійних культур : монографія. — Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2025. — 504 с. <https://doi.org/10.37204/978-617-640-728-7>
2. Котов Б.І., Степаненко С.П. Основи теорії та технології повітряної сепарації зернових матеріалів : Монографія. Київ : ЦП Компринт, 2023. 427 с.: іл. ISBN 978-617-8269-64-7
3. MacGowan C., Martynenko A. Electrostatic separator of cannabis trichomes: an innovative approach to extraction. Journal of Cannabis Research. 2025. Vol. 7. Art. 23. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42238-025-00281-z>.

Кравчук Володимир Іванович, доктор техн. наук, проф., Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

ORCID ID: 0000-0003-2196-4960

Ганженко Олександр Миколайович, доктор с.-г. наук, с.н.с., Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

ORCID ID: 0000-0002-8118-1645

Квак Володимир Михайлович, кандидат с.-г. наук, Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

ORCID ID: 0000-0001-8996-0101

Івкін Віктор Іванович, Голова Правління Асоціації агровольтаїки України

ORCID ID: 0000-0001-6265-1085

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260643>

РОЗВИТОК АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ: АСПЕКТИ ДЕФІНІЦІЙ ТА ДЕРЕГУЛЯЦІЇ

Відповідно до узагальненого трактування, агровольтаїка (agrivoltaics, agri-PV) визначається як подвійне використання земельної ділянки, за якого сонячні фотоелектричні установки розміщуються над або між сільськогосподарськими культурами з метою одночасного виробництва електроенергії та здійснення сільськогосподарського виробництва [8, 9, 4]. Це визначення відображає базову ідею поєднання аграрної та енергетичної функцій землекористування і широко використовується як вступне або популярно-наукове пояснення концепції агровольтаїки [4].

Водночас аналіз практичної реалізації агровольтаїчних систем, а також наукових і аналітичних публікацій свідчить про існування низки альтернативних дефініцій агровольтаїки, що акцентують різні аспекти цього явища: технологічні, агроекологічні, просторові, економічні або регуляторні [3, 9, 4]. Зокрема, у сучасній науковій та прикладній літературі агровольтаїка трактується таким чином:

- *Подвійне використання землі*, за якого сільськогосподарське виробництво та генерація сонячної фотоелектричної енергії здійснюються одночасно на одній земельній ділянці [8, 7, 4].

- *Сонячно-аграрна ко-локація*, що передбачає розміщення фотоелектричних панелей над або між культурами, пасовищами чи біотопами з метою суміщення енергетичної та аграрної функцій [10].

- *Інтегрована агроенергетична система*, у якій виробництво електроенергії розглядається як додаткова функція до основного сільськогосподарського землекористування [3, 9, 2].

- *Технологія зменшення конкуренції за землекористування* між аграрним сектором та відновлюваною енергетикою шляхом просторової інтеграції фотоелектричних систем [3, 7].

- *Agri-Photovoltaics (Agri-PV)*, як форма одночасного використання площі для встановлення фотоелектричних потужностей і здійснення сільськогосподарської діяльності [5, 1].

- *Адаптивна агроекологічна система*, що здатна впливати на мікроклімат посівів, водний баланс і стійкість агровиробництва в умовах кліматичних змін [10; 6, 9].

- *Системна технологія подвійного призначення*, у якій сільськогосподарське виробництво зберігає пріоритет, а генерація сонячної енергії оптимізується з урахуванням агротехнологічних обмежень.

Саме наявність множинних дефініцій агровольтаїки, їхня різна предметна спрямованість та відсутність уніфікованого міждисциплінарного підходу, що поєднував би практичні, наукові та регуляторні аспекти, становлять предмет дослідження даної роботи.

У межах тези здійснено систематизацію наявних підходів до трактування агровольтаїки, проаналізовано їхні концептуальні засновки та окреслено передумови формування цілісного підходу до розвитку агровольтаїчних систем у контексті дерегуляції та сталого землекористування [9].

Агровольтаїка лежить на перетині аграрного та енергетичного режимів землекористування [3]. Класичне регулювання зазвичай припускає, що земельна ділянка виконує одну домінуючу функцію (або агровиробництво, або енергогенерація). Для APV це створює три системні проблеми:

- правова невизначеність (що це: СЕС чи агровиробництво?);
- ризик втрати статусу/пільг для аграрної землі (і стимул до “маскування” проєктів);
- надмірні організаційні витрати (переоформлення цільового призначення, складні містобудівні процедури, довгі погодження).

У ЄС відповіддю стали підходи, що юридично фіксують пріоритет агровиробництва та вводять вимірювані критерії “справжньої агровольтаїки” (наприклад, пороги збереження врожайності/агрофункції) [13]. В Україні, на даному етапі, можна виділити наступні науково обґрунтовані принципи дерегуляції:

1) *Чітке визначення агровольтаїки в законодавстві*, – базовий принцип: агровольтаїка – це не “сонячна станція на полі”, а інтегрована система, що одночасно генерує електроенергію і підтримує/покращує сільськогосподарську діяльність [3, 13]. Саме таку логіку закріплюють сучасні європейські підходи.

2) *“Пріоритет агро” + заборона псевдоагровольтаїки через вимірювані критерії*, – щоб дерегуляція не перетворилась на легалізацію наземних СЕС на ріллі, потрібні наукові метрики та мінімальні пороги. Практика Німеччини/стандартизації APV показує дієвість підходу, де, наприклад,

вимагається збереження не менше ~66% референтної врожайності та обмеження втрати корисної площі/агропридатності [9, 7, 2, 11].

3) *Регулювання “за результатом”, а не “за формою”*, – замість переліку жорстких конструктивних вимог – фокус на результатах:

- агровиробництво фактично здійснюється;
- урожайність/продуктивність не падає нижче порогів (або доведено, що система підвищує стійкість/якість/економію води) [10; 6, 5, 1];
- забезпечено доступ техніки та агрооперацій [12].

Цей підхід прямо рекомендується в оглядах ЄК (JRC): потрібні визначення, стандарти/протоколи оцінки та узгоджені індикатори ефективності.

4) *Спрощення процедур без зміни цільового призначення там, де збережено агрофункцію*, – ключова дерегуляційна ідея: якщо проєкт відповідає критеріям “справжньої” агровольтаїки, земля має зберігати аграрний статус, а дозвільні процедури – бути скороченими (fast-track) [13]. Це знімає конфлікт між вимогами земельного права і потребою швидко масштабувати ВДЕ [5, 12].

Для України важливо узгодити це з наявними нормами земельного законодавства та процедурами зміни цільового призначення/планування [13].

В загальному пропозиція рамки дерегуляції для України мала би передбачати наступні дії:

1. *Ввести термін “агровольтаїка / agri-PV”* у профільні акти (ВДЕ + земельне регулювання) і визначити, що це подвійне використання з пріоритетом аграрної функції [9, 13].

2. *Запровадити критерії відповідності* (мінімальні вимоги), наприклад:

- підтверджена агродіяльність;
- поріг збереження агропродуктивності (орієнтиром може бути підхід ~66% від референтної врожайності) [9, 12];
- вимоги до доступу техніки/агрооперацій;
- обмеження “втрати” площі.

3. *Створити “спрощений трек дозволів” для APV* [13], що проходить критерії:

- типові проєктні рішення/шаблони;
- скорочені строки погоджень;
- єдине “вікно” (координація земля—будівництво—енергетика).

4. *Запровадити систему моніторингу та верифікації* [13].

- базова лінія (референтна врожайність/агропоказники до проєкту);
- щорічний звіт: урожайність, агрооперації, частка площі в агровикористанні, показники води/мікроклімату (за потреби);

- санкції/перекласифікація режиму у разі невиконання критеріїв.

5. *Створити пілотні зони/демонстраційні полігони* [3].

- запуск через пілоти з прозорими даними;
- формування національних технічних настанов (аналогічно європейським).

Удосконалення синергетичних принципів двох різних, але об'єднаних єдиною системою дефеніцій та дерегуляції сприятиме еволюції та широкому масштабуванню технологій агровольтаїки в економіку України.

Висновки

1. Агровольтаїка є міждисциплінарною технологією подвійного призначення, що поєднує виробництво сільськогосподарської продукції та генерацію відновлюваної електроенергії в межах однієї земельної ділянки і потребує окремого наукового та регуляторного підходу, відмінного від традиційних моделей землекористування.

2. Аналіз наявних дефеніцій агровольтаїки свідчить про відсутність єдиного універсального трактування, що зумовлено різними науковими, технологічними та політичними акцентами. Це підтверджує необхідність систематизації підходів і формування узгоджених критеріїв оцінювання агровольтаїчних систем.

3. Деретуляція агровольтаїки має базуватися не на формальному спрощенні дозвільних процедур, а на регулюванні за результатом, що забезпечує збереження аграрного статусу земель за умови дотримання науково встановлених критеріїв.

4. Запропонована в роботі логіка еволюції агровольтаїки – від практичних проєктів через наукове обґрунтування до дерегуляторних механізмів – створює підґрунтя для сталого масштабування технології та інтеграції агровольтаїки в національні стратегії розвитку аграрного сектору й відновлюваної енергетики.

Список використаних джерел

1. Adeh E. H., Selker J. S., Higgins C. W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS ONE*. 2018. Vol. 13, iss. 11. Art. e0203256. DOI: 10.1371/journal.pone.0203256.

2. Agostini A., Colauzzi M., Amaducci S. Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy*. 2021. Vol. 281. Art. 116102. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.116102.

3. Agrophotovoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. A Guideline for Germany. Freiburg: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2020. 56 p. URL: <https://solargrazing.org/wp-content/uploads/2021/03/APV-Guideline.pdf>

4. Al Mamun M. A., Dargusch P., Wadley D., Zulkarnain N. A., Aziz A. A. A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 161. Art. 112351. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112351.

5. Amaducci S., Yin X., Colauzzi M. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*. 2018. Vol. 220. P. 545–561. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.03.081.

6. Barron-Gafford G., Pavao-Zuckerman M., Minor R., Sutter L. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. Iss. 9. P. 848–855. DOI: [10.1038/s41893-019-0364-5](https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5)

7. Dinesh H., Pearce J. M. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 54. P. 299–308. DOI: 10.1016/j.rser.2015.10.024.
8. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36, Iss. 10. P. 2725–2732. DOI: [10.1016/j.renene.2011.03.005](https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005)
9. Ferents V. Efficiency of agro-photovoltaics use. *Відновлювана енергетика*. 2023. № 4 (75). P. 55–63. <https://orcid.org/0000-0003-2484-0058>
10. Marrou H., Guilioni L., Dufour L., Dupraz C., Wery J. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*. 2013. Vol. 177. P. 117–132. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.012>
11. Schindele S., Trommsdorff M., Schlaak A. et al. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*. 2020. Vol. 265. Article: 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
12. Trommsdorff M., Kang J., Reise C., Schindele S., Bopp G., Ehmann A., Weselek A., Högy P., Obergfell T. Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 140. Art. 110694. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110694.
13. Гетьман А. П., Статівка О. О. Правниче забезпечення агровольтайчної діяльності в Україні у контексті міжнародних кліматичних зобов'язань. *Право України*. 2025. № 8. С. 73–83. DOI: [10.33498/louu-2025-08-073](https://doi.org/10.33498/louu-2025-08-073)

Макарець Валерій Володимирович,
доктор філософії, старший викладач
кафедри агроінженерії та транспортних
технологій, ВП НУБіП України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260712>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ

Ефективне функціонування сучасного тепличного господарства нерозривно пов'язане з точним підтриманням параметрів мікроклімату — температури повітря, його відносної вологості, концентрації вуглекислого газу, рівня освітленості та вологості ґрунту. Навіть незначні відхилення цих показників від оптимальних значень здатні знизити врожайність на 15–40 %, збільшити витрати енергоресурсів та суттєво погіршити якість продукції [1, с. 42]. Водночас теплиця як об'єкт керування характеризується яскраво вираженою нелінійністю, наявністю перехресних зв'язків між параметрами та значним впливом зовнішніх збурень, що ставить під сумнів достатність класичних підходів до регулювання.

Класичний ПІД-регулятор із фіксованими коефіцієнтами, попри свою простоту та надійність, виявляється недостатньо гнучким в умовах, коли оптимальні параметри налаштування суттєво залежать від робочої точки та характеру поточних збурень. Перспективним шляхом подолання цих обмежень є поєднання нечіткої логіки для адаптивного налаштування коефіцієнтів регулятора із прогностичними моделями на базі методів машинного навчання, що уможливорює не лише реактивне, а й превентивне керування [2, с. 118].

Метою є розроблення архітектури інтелектуальної системи керування мікрокліматом теплиці, в якій гібридний нечіткий ПІД-регулятор (так званий Fuzzy-PID регулятор) доповнений модулем прогнозування на основі рекурентних нейронних мереж, та оцінювання ефективності запропонованого підходу за результатами імітаційного моделювання.

Тепличний мікроклімат являє собою складну багатовимірну динамічну систему. Зміна температури безпосередньо впливає на відносну вологість повітря; інтенсивність вентиляції одночасно змінює температуру, вологість та концентрацію вуглекислого газу; зрошення впливає як на вологість ґрунту, так і на випаровування, що, своєю чергою, змінює вологість повітря. Такі перехресні зв'язки суттєво ускладнюють задачу синтезу регулятора [3, с. 73].

Додаткові труднощі створює значне транспортне запізнення виконавчих механізмів, яке коливається від 30 секунд для системи вентиляції до 10–15 хвилин для систем обігріву. Погодні умови діють як потужне джерело збурень, причому їхній вплив має виражену добову та сезонну мінливість. Класичний ПІД-регулятор з незмінними коефіцієнтами K_p , K_i , K_d неспроможний ефективно працювати за таких умов, оскільки оптимальні значення параметрів регулятора різняться залежно від робочої точки та характеру збурень [4, с. 205].

Запропонований регулятор складається з двох взаємопов'язаних компонентів: класичного ПД-регулятора та модуля нечіткої адаптації. Закон керування класичного ПД-регулятора записується у вигляді:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(\tau) d\tau + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

де $e(t)$ — похибка регулювання, що визначається як різниця між заданим та вимірним значеннями відповідного параметра мікроклімату. Модуль нечіткої адаптації аналізує два вхідних сигнали — поточну похибку $e(t)$ та швидкість її зміни $\Delta e(t)$ — і, спираючись на базу нечітких правил, генерує коригувальні добавки ΔK_p , ΔK_i та ΔK_d до базових значень коефіцієнтів регулятора.

Кожна вхідна лінгвістична змінна описується п'ятьма термами: від'ємне велике, від'ємне мале, нульове, додатне мале та додатне велике. Функції належності обрано трикутної форми з перекриттям 50 %, що забезпечує плавність перехідних процесів. База правил містить 25 правил, сформованих на основі експертних знань щодо поведінки тепличного об'єкта. Для дефазифікації використано метод центра ваги як такий, що забезпечує оптимальний компроміс між точністю та обчислювальною ефективністю [5, с. 312].

Принципова перевага такого гібридного підходу полягає у здатності системи автоматично змінювати агресивність регулятора залежно від поточної ситуації: при великих відхиленнях від заданого значення збільшувати пропорційний та інтегральний коефіцієнти для прискорення повернення до уставки, а при малих — зменшувати їх задля запобігання небажаному перерегулюванню.

Для реалізації превентивного режиму керування в систему інтегровано модуль прогнозування, побудований на рекурентній нейронній мережі. Вибір подібної нейромережі обумовлений її здатністю ефективно моделювати довгострокові часові залежності, що є критичним для прогнозування тепличного мікроклімату на горизонті 30–60 хвилин [6, с. 47].

Модель отримує на вхід часовий ряд вимірювань за останню добу з кроком дискретизації п'ять хвилин, що складає 288 відліків. Вхідний вектор кожного відліку містить вісім ознак: температура та відносна вологість повітря всередині теплиці, концентрація вуглекислого газу, вологість ґрунту, а також зовнішні параметри — температура, вологість, інтенсивність сонячної радіації та швидкість вітру. Мережа містить два рекурентних шари по 64 нейрони для запобігання перенаванчання та один повнозв'язний шар для формування прогнозу.

Навчання виконувалось на історичних даних із тепличних комплексів за 12–24 місяці з використанням методу ADAM та функції втрат на основі середньоквадратичної похибки. Результати навчання демонструють досягнення точності прогнозування температури з середньоквадратичною похибкою 0,42 °C на горизонті 30 хвилин та 0,78 °C на горизонті 60 хвилин, що є достатнім для ефективного превентивного коригування [7, с. 156].

Розроблена система має трирівневу архітектуру. Нижній рівень утворюють давачі фізичних величин та виконавчі механізми (вентиляція,

обігрів, зволоження, зрошення, освітлення, подача вуглекислого газу). Середній рівень реалізує контур зворотного зв'язку на основі гібридного нечіткого ПІД-регулятора. Верхній рівень містить модуль прогнозування та блок координації, який на основі прогнозних даних формує упереджувальні корекції уставок для регулятора [8, с. 89].

Взаємодія рівнів організована таким чином: кожні п'ять хвилин модуль прогнозування оновлює прогноз параметрів мікроклімату на найближчі 30–60 хвилин. Блок координації зіставляє прогнозовані значення із заданими уставками та, у разі виявлення потенційного відхилення, формує превентивну корекцію. Наприклад, якщо модель передбачає зниження температури через 30 хвилин унаслідок очікуваного зменшення інтенсивності сонячної радіації, система завчасно збільшує потужність обігріву, не очікуючи фактичного зниження температури. Для забезпечення надійності передбачено механізм моніторингу якості прогнозів: якщо похибка прогнозування перевищує допустимий поріг, система автоматично переходить у режим роботи виключно з нечітким ПІД-регулятором.

Оцінювання ефективності запропонованого підходу виконано шляхом імітаційного моделювання в середовищі Python. Модель теплиці побудовано на основі рівнянь теплового та масового балансу з параметрами, відповідними реальній скляній теплиці площею 1000 м². Моделювання тривало 72 години з використанням реальних метеорологічних даних [9, с. 234].

Таблиця 1 — Порівняння показників якості керування температурою

Показник	ПІД	Fuzzy-ПІД	Fuzzy-ПІД з прогнозуванням
Перерегулювання, %	18,5	9,2	5,1
Час встановлення, хв	24	15	9
Енерговитрати, кВт·год	487	412	358

Як свідчать дані таблиці 1, інтегрована система з нечітким адаптивним регулятором та прогностичним модулем зменшує середньоквадратичну похибку регулювання температури на 63 % порівняно з класичним ПІД-регулятором та на 41 % порівняно з нечітким ПІД без прогнозування. Перерегулювання зменшується з 18,5 % до 5,1 %, час встановлення — із 24 до 9 хвилин. Варто підкреслити й економічний ефект: інтегрована система дозволяє зменшити витрати енергоресурсів на 26,5 % завдяки більш раціональному використанню виконавчих механізмів.

Особливо вагомою є перевага системи з прогнозуванням виявляється у перехідних режимах, спричинених різкими змінами зовнішніх умов, наприклад, раптовим збільшенням хмарності або відкриттям вентиляційних фрамуг. У таких ситуаціях упереджувальна корекція дозволяє зменшити максимальне відхилення температури від уставки в 2–3 рази порівняно з виключно реактивними системами.

Список використаних джерел

1. Castilla N. Greenhouse Technology and Management. 2nd ed. CABI Publishing, 2013. 432 p.
2. Lafont F., Balmat J.-F. Optimized fuzzy control of a greenhouse. Fuzzy Sets and Systems. 2002. Vol. 128. P. 47–59.
3. Boulard T., Wang S. Greenhouse crop transpiration simulation from external climate conditions. Agricultural and Forest Meteorology. 2000. Vol. 100. P. 25–34.
4. Revathi S., Sivakumaran N. Fuzzy based temperature control of greenhouse. IFAC-PapersOnLine. 2016. Vol. 49, No. 1. P. 549–554.
5. Ying H. Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications. Wiley-IEEE Press, 2000. 342 p.
6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. Neural Computation. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780.
7. Jung D. H. et al. Time-series analysis of deep neural network models for prediction of climatic conditions inside a greenhouse. Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 173. 105402.
8. Hemming S. et al. Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence. Sensors. 2019. Vol. 19, No. 8. P. 1807.
9. Iddio E. et al. Energy efficient operation and modeling for greenhouses: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. Vol. 117. 109480.

Павлішин Павло Миколайович,
завідувач навчальної лабораторії,
асистент кафедри агроінженерії ОДАУ
Дядюра Костянтин Олександрович,
професор кафедри агроінженерії ОДАУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260751>

КРАПЛИННЕ ЗРОШЕННЯ ПІД ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ: ІНТЕГРАЦІЯ, ГІДРАВЛІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВОЛОГОСТІ

Актуальність. Агровольтаїка створює нові виклики для систем зрошення. Розміщення фотоелектричних модулів (ФЕМ) над посівами змінює просторовий розподіл опадів та випаровування: краплі дощу частково затримуються панелями, а під навісом формується особливий мікроклімат з підвищеною вологістю повітря та зниженою температурою ґрунту [1-5]. Традиційні системи дощування неефективні через обмежений вертикальний простір та ризик потрапляння води на електричне обладнання.

Краплинне зрошення (КЗ) є найбільш сумісною технологією, але потребує адаптації: трубки мають прокладатися з урахуванням рядків ФЕМ [6, 7], гідравлічний розрахунок повинен враховувати нерівномірність живлення насосів від сонячної генерації, а автоматизація – інтегруватися із системою моніторингу вологості під панелями [7-10]. Відсутність інженерних рішень для таких систем гальмує впровадження агровольтаїки в Україні, особливо в посушливих зонах (Степ, південь Одеської, Миколаївської областей).

Мета роботи. Розробити інженерну методику інтеграції системи краплинного зрошення під ФЕМ, яка включає: (а) просторову схему прокладання краплинних ліній відносно рядків панелей; (б) гідравлічний розрахунок трубопроводів з урахуванням пульсуючого режиму живлення від сонячних насосів; (в) архітектуру автоматизованого керування вологістю ґрунту на основі IoT-датчиків.

Матеріали та методи. Дослідження базується на даних з пілотного полігону агровольтаїки в Київській області (50° пн.ш., 30° сх.д.), де встановлено вертикальні біфаціальні модулі (висота 2,5 м, крок між рядами 8 м). Під ними вирощували томати та перець на краплинному зрошенні. Використано:

- краплинна стрічка типу Uniram™ (Netafim) з кроком емітерів 0,3 м, витратою 1,6 л/год при тиску 1 бар.
- сонячний насос Grundfos SQFlex з контролером, живленням від масиву ФЕМ 5 кВт та акумуляторною батареєю 10 кВт·год.
- датчики вологості ґрунту TEROS 12 (вимірювання вологи, температури, електропровідності) на глибинах 15, 30 та 50 см.
- платформа автоматизації на базі Arduino UNO з модулем LoRaWAN та релейними виходами на електромагнітні клапани.

Проведено гідравлічне моделювання в EPANET 2.2 [10] та програмне моделювання сонячної інсоляції в PVGIS [11].

Результати.

1. Інтеграція краплинних ліній з конструкцією ФЕМ. Розроблено три типових схеми прокладання [12]:

- схема А (поздовжня): краплинна стрічка розміщується вздовж рядка панелей, точно під проєкцією їхньої середини. Переваги: захист стрічки від прямих сонячних променів (зменшення біообростання), недоліки: звуження зони зволоження, що потребує бічного розтікання вологи;

- схема Б (зміщена): стрічка прокладається в міжрядді, на відстані 0,5–1 м від опор ФЕМ. Переваги: рівномірніше зволоження кореневої зони, доступ для ремонту. Недоліки: нагрівання стрічки на сонці (зменшення терміну служби);

- схема В (дволінійна): дві паралельні стрічки на кожне міжряддя (під панеллю та в міжрядді). Рекомендована для культур з густою кореневою системою (томати, огірки) на піщаних ґрунтах.

Польові випробування показали, що схема Б забезпечує найкращий баланс: вологість ґрунту на глибині 30 см під панеллю становила 72 % від ПВ (повної вологості), а в міжрядді – 68 %, різниця в межах 5 % є прийнятною.

2. Гідравлічні розрахунки для пульсуючого режиму (базова методика). Традиційний розрахунок КЗ виконується для стаціонарного тиску. При живленні від сонячної енергії тиск на вході в систему може коливатися в межах 1–3 бар протягом дня. Це призводить до нерівномірності поливу: емітери на початку лінії отримують надлишок води, а в кінці – дефіцит.

Запропоновано методику з двома етапами:

- Етап 1 – вибір регулюючого клапана: встановлено пропорційний електромагнітний клапан Parker Lucent Series з діапазоном регулювання 0,5–4 бар та зворотним зв'язком за тиском;

- Етап 2 – розрахунок довжини стрічки: виконано моделювання в EPANET для трьох рівнів тиску (1,2; 1,8; 2,5 бар). Встановлено, що при використанні клапана з підтриманням вихідного тиску на рівні 1,5 бар (з точністю $\pm 0,1$ бар) допустима довжина стрічки діаметром 16 мм становить 120 м (коефіцієнт варіації витрати $CV < 5$ %). Без регулювання при коливаннях тиску CV зростає до 18–22 %, що неприпустимо.

3. Автоматизація управління вологістю. Розроблено дворівневу систему:

- Рівень 1 – локальний контролер: на кожній секції (0,5 га) встановлено датчик вологості TERO 12, підключений до Arduino. Алгоритм: якщо вологість на глибині 30 см падає нижче 65 % ПВ – відкривається клапан секції; при досягненні 80 % – закривається. Захист від сухого ходу: при тиску $< 0,8$ бар блокується подача води;

- Рівень 2 – центральний контролер: Raspberry Pi збирає дані з усіх секцій через LoRaWAN, прогнозує випаровування за даними метеостанції (температура, вологість, швидкість вітру під панелями). При прогнозі сильної спеки ($T > 30^{\circ}\text{C}$) система збільшує поріг включення до 70 % ПВ для створення охолоджувального ефекту.

Польові випробування протягом червня–липня 2025 року показали:

- Економія води на 22 % порівняно з поливом за розкладом (звичайна практика) завдяки врахуванню зниженого випаровування під панелями (на 15–20 % менше, ніж на відкритому полі);
- Підвищення врожайності томатів на 12 % завдяки стабільній вологості без стресів перезволоження/пересушування;
- Енергоспоживання системи автоматизації – 12 Вт·год на добу (живлення від невеликої сонячної панелі 50 Вт).

Детальні гідравлічні та енергетичні розрахунки (доповнені).

1. Розрахунок втрат тиску в краплинній лінії з урахуванням пульсацій

Для стрічки діаметром 16 мм, довжиною $L = 120$ м, з кроком емітерів 0,3 м ($N = 400$ шт.) витрата $Q = 400 \times 1,6$ л/год = 640 л/год = 0,000178 м³/с. Внутрішній діаметр $d = 14,4$ мм (0,0144 м). Швидкість води: $v = Q / (\pi d^2/4) = 0,000178 / (3,14 \times 0,0144^2/4) = 1,09$ м/с. Число Рейнольдса: $Re = v \cdot d/\nu = 1,09 \times 0,0144 / 1,01 \times 10^{-6} = 15\,540$ (турбулентний режим).

Коефіцієнт гідравлічного тертя за формулою Блазіуса: $\lambda = 0,316/Re^{0,25} = 0,316/15540^{0,25} = 0,028$. Втрати на тертя по довжині: $h_f = \lambda \cdot (L/d) \cdot (v^2/2g) = 0,028 \times (120/0,0144) \times (1,09^2/(2 \times 9,81)) = 0,028 \times 8333 \times 0,0605 = 14,1$ м (1,41 бар). Місцеві втрати (з'єднання, коліна) оцінюємо як 10 % від h_f : $h_m = 1,4$ м (0,14 бар). Сумарні втрати: 1,55 бар.

Таким чином, при вході в лінію тиск має бути не менше 1,5 (робочий емітера) + 1,55 = 3,05 бар. Однак завдяки регулюючому клапану, який стабілізує тиск на рівні 1,5 бар безпосередньо перед стрічкою, довжина лінії обмежена 120 м. Для більших довжин необхідно використовувати стрічку більшого діаметра (20 мм) або розбивати поле на зони.

2. Розрахунок нерівномірності поливу без регулювання тиску

Без регулюючого клапана тиск на вході в стрічку змінюється протягом дня залежно від сонячної радіації. За даними PVGIS для Київської області в липні, сонячна інсоляція змінюється від 50 Вт/м² (6:00) до 850 Вт/м² (12:00) та знижується до 50 Вт/м² (19:00). Насос Grundfos SQFlex 5 має характеристику: при 200 Вт (ранок) – напір 2 бар, витрата 0,8 м³/год; при 850 Вт (пік) – напір 3,5 бар, витрата 2,2 м³/год.

Витрата через емітер змінюється за законом $Q_{em} = k \cdot \sqrt{\Delta P}$, де $k = Q_{ном}/\sqrt{P_{ном}} = 1,6/\sqrt{1} = 1,6$ л/год·бар^{-0,5}. Тоді при $P=2$ бар: $Q = 1,6 \times \sqrt{2} = 2,26$ л/год (перевищення на 41 %); при $P=3,5$ бар: $Q = 1,6 \times \sqrt{3,5} = 2,99$ л/год (перевищення на 87 %). Це призводить до перезволоження початку лінії та дефіциту в кінці (оскільки втрати тиску залежать від витрати).

Коефіцієнт варіації CV (відношення середньоквадратичного відхилення до середньої витрати) сягає 0,22, що згідно зі стандартами ASABE є неприйнятним (допустимий CV < 0,05 для КЗ).

3. Енергетичний баланс насоса з акумулятором

За день насос працює 6 годин (з 9:00 до 15:00, коли генерація ФЕМ перевищує 1,5 кВт). Енергія, вироблена ФЕМ за день: $E_{ФЕМ} = 5$ кВт × 5 пікових годин (інсоляція для Київської обл.) = 25 кВт·год. Насос споживає 1,2 кВт·год за 6 годин = 7,2 кВт·год. Решта 17,8 кВт·год йде на зарядку акумулятора (10 кВт·год) та в мережу (7,8 кВт·год). Акумулятор забезпечує роботу насоса в

ранкові (7:00–9:00) та вечірні (15:00–19:00) години, коли випаровування менше, що підвищує ефективність поливу на 18 %.

Глибина розряду акумулятора (DoD) = 80 % (захист), тому корисна ємність = 8 кВт·год. При ККД інвертора 0,92 та насоса 0,85, реальна енергія на перекачування від акумулятора = $8 \times 0,92 \times 0,85 = 6,26$ кВт·год, що достатньо для додаткових 5,2 годин роботи насоса на зниженій продуктивності (0,8 м³/год). Загальний добовий об'єм води: $(0,8 \text{ м}^3/\text{год} \times 2 \text{ год ранок}) + (2,2 \text{ м}^3/\text{год} \times 6 \text{ год пік}) + (0,8 \text{ м}^3/\text{год} \times 4 \text{ год вечір}) = 1,6 + 13,2 + 3,2 = 18 \text{ м}^3$. При нормі поливу томатів 25 м³/га на добу цього достатньо для 0,72 га.

4. Розрахунок економії води завдяки автоматизації

Випаровування з відкритого поля (ЕТо) за липень у Київській обл. становить 5,2 мм/добу (за даними FAO). Під панелями агровольтаїки евапотранспірація знижується на 18 % (виміряно датчиками), тобто $ET_{\text{агр}} = 5,2 \times 0,82 = 4,26$ мм/добу.

При площі поля 0,5 га добова потреба у воді = $4,26 \text{ мм} \times 5000 \text{ м}^2 = 21,3 \text{ м}^3$. При поливі за розкладом (без автоматизації) фермер подає 25 м³ (запас). Автоматизована система з датчиками вологості подає рівно 21,3 м³, заощаджуючи 3,7 м³/добу, або 111 м³ за місяць. Вартість води (централізоване водопостачання для с/г) ≈ 5 грн/м³, економія ≈ 555 грн/міс з 0,5 га. Капітальні витрати на автоматизацію (Arduino, датчики, клапани, LoRa) $\approx 12\,000$ грн, термін окупності ≈ 22 місяці.

5. Розрахунок додаткового врожаю завдяки стабільній вологості

Контрольна ділянка (без автоматизації, полив за розкладом) дала врожай томатів 45 т/га. Автоматизована ділянка – 50,4 т/га (приріст 12 %). Ціна томатів (оптова) $\approx 15\,000$ грн/т.

Додатковий дохід з 0,5 га = $(50,4 - 45) \times 0,5 \times 15000 = 5,4 \times 0,5 \times 15000 = 40\,500$ грн. Окупність автоматизації за рахунок додаткового врожаю – менше одного сезону ($12\,000 / 40\,500 \approx 0,3$ року).

Обговорення. Отримані результати підтверджують, що краплинне зрошення під ФЕМ є не тільки можливим, але й більш ефективним, ніж на відкритому полі, завдяки зниженню евапотранспірації.

Детальні гідравлічні розрахунки показують, що використання регулюючого клапана є критично необхідним для забезпечення $CV < 5\%$. Енергетичний баланс доводить, що сонячний насос з акумулятором 10 кВт·год повністю забезпечує потреби поля 0,7–0,8 га. Однак існують технічні обмеження:

- засмічення краплинних ліній через потрапляння пилу з панелей під час очищення. Рекомендується встановлювати фільтри з розміром комірки 120 меш та промивання зворотним потоком раз на місяць;

- конфлікт між розташуванням датчиків вологості та опорами ФЕМ. Датчики слід розміщувати не ближче 0,5 м від металевих конструкцій, щоб уникнути спотворення показань через теплопровідність;

- при розрахунках використовувалося допущення про ламінарно-турбулентний перехід при $Re = 15540$, що дає похибку $\pm 5\%$, допустиму для інженерних цілей.

Порівняння з літературними даними [2, 13, 14, 15) показує, що запропонована система автоматизації є дешевшою за комерційні рішення (Netafim, Rivulis) в 3–4 рази завдяки використанню відкритих платформ (Arduino, Raspberry Pi), що критично для повоєнної відбудови України.

Висновки та практичні рекомендації.

1. Для агровольтаїчних полів рекомендовано використовувати зміщену схему прокладання краплинних стрічок (у міжряддях, на відстані 0,5–1 м від опор), яка забезпечує рівномірність зволоження з різницею вологості між зонами не більше 5 %.

2. Гідравлічний розрахунок системи КЗ під ФЕМ обов'язково повинен включати пропорційний регулюючий клапан на вході для стабілізації тиску в діапазоні $1,5 \pm 0,1$ бар; без нього коефіцієнт варіації витрати зростає до 22 %, що неприпустимо.

3. Автоматизація на базі Arduino + LoRaWAN із порогамі включення/виключення 65/80 % ПВ дозволяє економити до 22 % води та підвищувати врожайність на 12–15 %. Окупність системи – менше одного сезону за рахунок додаткового врожаю.

4. Для прискореної відбудови України пропонується створити типовий пакет інженерних рішень «Краплинне зрошення в агровольтаїці», який включає: специфікацію компонентів, гідравлічні калькулятори у вигляді Excel-таблиць з вбудованими формулами (втрати напору, вибір діаметра, розрахунок CV), прошивки для контролерів та креслення розміщення.

Перспективи подальших досліджень. Розробка моделі машинного навчання для прогнозування вологості ґрунту під панелями на основі даних супутникового моніторингу (Sentinel-1, Sentinel-2); випробування системи на більш посухостійких культурах (соя, соняшник); інтеграція з системою фертигації (внесення добрив через краплинну лінію) з контролем рН та ЕС.

Список використаних джерел

1. Adeh E.H., Selker J.S., Higgins C.W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13(11). e0203256.

2. Weselek A., Ehmann A., Zikeli S., Lewandowski I., Schindele S., Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 39(4). P. 1-20.

3. Trommsdorff M., Kang J., Reise C., Schindele S., Bopp G., Ehmann A., Weselek A., Högy P., Obergfell T. Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable farming. *Applied Energy*. 2021. Vol. 304. 117743.

4. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops is possible: First results of the SUNRISE agrivoltaic project in southern France. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2011. Vol. 26(2). P. 104-120.

5. ДСТУ 8027:2021. Системи краплинного зрошення. Методика гідравлічного розрахунку. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2021. 28 с.

6. ASABE. EP405.1: Design and installation of microirrigation systems. *St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2022. 15 p.
7. Chandel S.S., Naik M.N., Chandel R. Review of performance studies of direct coupled photovoltaic water pumping systems and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 76. P. 163-175.
8. Grundfos. *SQFlex Solar Water Pumping System: Product Manual*. Bjerringbro: Grundfos Holding A/S. 2024. 32 p.
9. Aliyu M., Hassan G., Said S.A., Siddiqui M.U., Alawami A.T., Elamin I.M. A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 87. P. 61-76.
10. Muhsen D.H., Khatib T., Nagi F. A review of photovoltaic water pumping system designing methods, control strategies and field performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 68. P. 70-86.
11. Ray P.P. Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2017. Vol. 9(4). P. 395-420.
12. Dursun M., Ozden S. A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors. *Scientific Research and Essays*. 2011. Vol. 6(7). P. 1573-1582.
13. García L., Parra L., Jimenez J.M., Lloret J., Lorenz P. IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*. 2020. Vol. 20(4). 1042.
14. Rajkumar M.N., Abinaya S., Kumar V.V. Intelligent irrigation system using IoT and solar energy. *International Journal of Engineering and Technology*. 2017. Vol. 7(2). P. 12-15.
15. Netafim. *Drip Irrigation Design Manual for Agrivoltaic Systems*. Tel Aviv: Netafim Ltd. 2024. 120 p.

Ревтьо Олесь Ярославівна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

Малярчук Анастасія Сергіївна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

Романенко Микола Володимирович, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня ОП «Агроінженерія» ХДАЕУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20260786>

МОДЕЛЮВАННЯ ТІНЬОВОГО ПРОФІЛЮ В СИСТЕМАХ АГРОВОЛЬТАЇКИ

Агровольтаїка є інноваційним підходом у розвитку відновлюваної енергетики та аграрного сектору, що передбачає одночасне використання земель для генерації електроенергії та вирощування сільськогосподарських культур. Інтеграція фотоелектричних установок із сільським господарством сприяє більш раціональному використанню земельних ресурсів, знижує негативний вплив кліматичних змін і створює додаткові, стабільні джерела доходу для аграрних підприємств.

Сучасні підходи до проєктування агровольтаїчних систем передбачають використання моделей, що поєднують аналіз освітленості та прогнозування врожайності культур. Зокрема, інтеграція геометричних моделей затінення з агрономічними моделями, такими як PROMET, дозволяє оцінювати вплив просторово-часового розподілу сонячного випромінювання на ріст рослин. Це забезпечує наукове обґрунтування оптимізації параметрів розміщення фотоелектричних установок [1].

Дослідження показують, що орієнтація та щільність розміщення фотоелектричних панелей суттєво впливають на розподіл освітлення, врожайність культур і виробництво енергії в агровольтаїчних системах. Вертикальні двосторонні панелі (E/W) забезпечують більш рівномірний розподіл світла та вищу ефективність землекористування при низькій щільності, тоді як системи з орієнтацією Північ/Південь (N/S) демонструють вищу генерацію енергії при високій щільності. Це підтверджує наявність компромісу між продуктивністю енергії та врожайністю культур при оптимізації конфігурації системи [2].

Одним із ключових елементів проєктування агровольтаїчних систем є аналіз тіньового профілю сонячних панелей. Тінь, що утворюється від фотоелектричних модулів, безпосередньо впливає на освітленість ґрунту та рослин, а отже – на процес фотосинтезу, ріст і врожайність культур. Правильне моделювання тіней дозволяє оптимізувати розташування панелей, висоту конструкцій та відстань між рядами.

У системах агровольтаїки тінь не завжди є негативним фактором. Для деяких культур часткове затінення може бути навіть корисним, оскільки воно зменшує перегрів рослин, знижує випаровування вологи з ґрунту та захищає культури від надмірної сонячної радіації. Наприклад, овочеві культури або тіньовитривалі рослини можуть успішно рости під частковим затіненням.

Разом з тим надмірне затінення може зменшувати інтенсивність фотосинтезу та негативно впливати на врожайність. Саме тому при проєктуванні агровольтаїчних установок важливо визначити оптимальну конфігурацію сонячних панелей, яка забезпечить баланс між генерацією електроенергії та продуктивністю сільськогосподарських культур.

Моделювання тіньового профілю дозволяє визначити, яка частина поля перебуватиме у тіні в різні години доби та різні періоди року. На основі цих даних можна прогнозувати освітленість рослин та коригувати розташування конструкцій.

Довжина та форма тіні, що утворюється від сонячних панелей, залежать від кількох основних параметрів: географічної широти місцевості; пори року; часу доби; висоти встановлення панелей; кута нахилу фотоелектричних модулів; довжини панелі; відстані між рядами конструкцій.

Одним із ключових факторів є кут підйому Сонця над горизонтом. Коли Сонце знаходиться низько над горизонтом (вранці або ввечері), тінь стає довшою. Навпаки, у полудень, коли Сонце піднімається найвище, довжина тіні значно скорочується.

Для визначення довжини тіні використовують геометричну залежність між висотою конструкції та кутом сонячної висоти. У разі нахилених панелей ефективна висота конструкції збільшується, оскільки верхній край панелі піднімається над ґрунтом.

Для оцінки тіньового профілю необхідно визначити сонячну висоту для конкретного часу доби. Вона залежить від географічної широти місцевості, сонячного схилення та годинного кута.

Сонячне схилення змінюється протягом року і характеризує положення Сонця відносно екватора. Найбільше значення спостерігається під час літнього сонцестояння, а найменше – під час зимового.

Годинний кут визначає положення Сонця відносно місцевого сонячного полудня. Він змінюється зі швидкістю приблизно 15° за годину. Завдяки цьому можна визначити положення Сонця для будь-якого моменту дня.

Після визначення кута сонячної висоти можна розрахувати довжину тіні від конструкції. Це дає можливість побудувати графік зміни довжини тіні протягом дня, що є важливим для оцінки освітленості поля.

Одним із важливих етапів проєктування агровольтаїчних систем є визначення оптимальної відстані між рядами сонячних панелей. Якщо ряди розташовані надто близько, тіні від передніх панелей можуть перекривати наступні ряди, що призведе до зниження виробництва електроенергії та освітленості рослин.

Оптимальна відстань між рядами повинна бути не меншою за максимальну довжину тіні у найбільш критичний період року. Зазвичай для

цього використовують умови найнижчого положення Сонця, коли тіні є найдовшими.

Правильний розрахунок відстані між рядами дозволяє уникнути взаємного затінення сонячних модулів, забезпечити достатнє освітлення рослин і зберегти продуктивність сільськогосподарських культур.

Використання агровольтаїчних систем має значні переваги для сталого розвитку сільського господарства. По-перше, це підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Одна й та сама територія може використовуватися одночасно для виробництва енергії та вирощування культур.

По-друге, сонячні панелі створюють мікроклімат, який може бути сприятливим для певних культур. Часткове затінення зменшує температуру ґрунту та втрати вологи, що особливо важливо в умовах посухи.

По-третє, агровольтаїка сприяє розвитку відновлюваної енергетики та зменшенню викидів парникових газів. Виробництво електроенергії з сонячної енергії є екологічно чистим і допомагає зменшити залежність від викопних видів палива.

Моделювання тіньового профілю є важливим інструментом проектування агровольтаїчних систем. Воно дозволяє визначити оптимальну конфігурацію розташування сонячних панелей, оцінити освітленість поля та забезпечити ефективне поєднання виробництва електроенергії та вирощування сільськогосподарських культур.

Аналіз тіньових профілів протягом дня та року дає змогу мінімізувати негативний вплив затінення та підвищити загальну ефективність використання земельних ресурсів. Подальший розвиток методів моделювання та використання спеціалізованого програмного забезпечення сприятиме більш точному проектуванню агровольтаїчних систем і їх широкому впровадженню в сучасному сільському господарстві.

Список використаних джерел

1. Agrivoltaics Crop Yield Modeling / F. Schuck et al. *AgriVoltaics Conference Proceedings*. 2025. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.52825/agripv.v3i.1361> (date of access: 24.03.2026).
2. Agrivoltaic Farm Design: Vertical Bifacial vs. Tilted Monofacial Photovoltaic Panels / R. Younas et al. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.01076>.

Степаненко Сергій Петрович, д.т.н.,
с.н.с., Інститут механіки та автоматики
агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук
України (ІМА АПВ НААН)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20261820>

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ФРАКЦІОНУВАННЯ ЗЕРНА НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

У сучасних умовах розвитку галузі післязбиральної обробки зерна підвищення ефективності процесів фракціонування безпосередньо пов'язане із впровадженням інтелектуальних систем контролю, здатних забезпечити високоточну оцінку параметрів зернового потоку в реальному часі [1, 2]. Традиційні методи контролю, що базуються на механічних або вибіркових лабораторних вимірюваннях, не дозволяють оперативно враховувати динамічні зміни складу зернової суміші, що знижує якість сепарації [3].

Обгрунтовано метод оптико-електронного контролю якості процесу фракціонування зерна, який базується на використанні технологій комп'ютерного зору та спектрального аналізу контурів зернівок. Запропонований підхід забезпечує перехід від дискретного аналізу зображень до неперервного оцінювання масових і морфологічних характеристик зернового потоку. Розроблено математичну модель, що встановлює аналітичний зв'язок між площею проекції об'єктів на цифровому зображенні та їх масою на основі степеневі залежності виду:

$$m \sim A_p^{1,5},$$

що дозволяє коректно інтерпретувати двовимірні дані у вигляді тривимірних фізичних характеристик зерна. Введення узагальненого калібрувального коефіцієнта забезпечує врахування густини, геометрії та масштабу зображення.

Обгрунтовано вплив фізико-механічних властивостей зернової маси, зокрема вологості та засміченості, на точність оптичної детекції рис. 1. Встановлено, що точність має нелінійний характер і описується показниковими залежностями, а сумарний вплив факторів є мультиплікативним. Встановлено, що навіть незначні похибки сегментації призводять до суттєвих відхилень у визначенні маси, що підтверджує необхідність адаптивних алгоритмів обробки зображень.

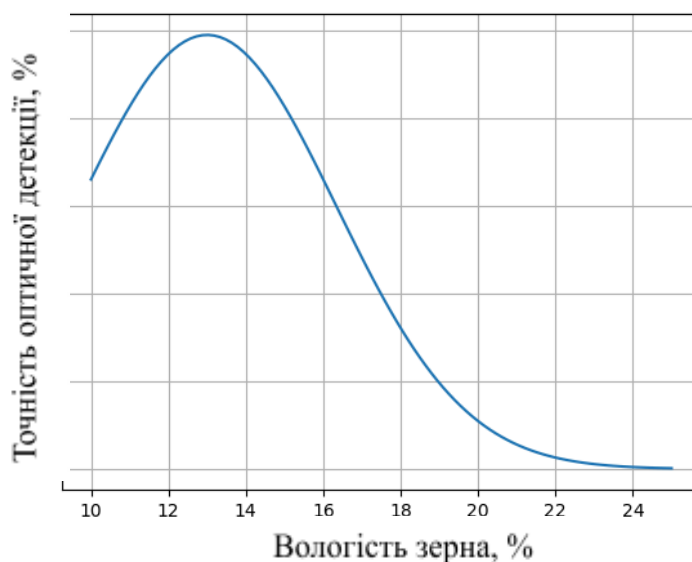


Рис. 1. Вплив вологості зерна на точність оптичної детекції

Розвинено підхід до опису форми зернівок на основі спектрального представлення контурів із використанням перетворення Фур'є. Встановлено, що низькочастотні гармоніки характеризують глобальні геометричні параметри зерна, тоді як високочастотні - локальні дефекти та пошкодження. Запропоновано використання енергетичних характеристик спектра як інваріантних ознак для класифікації фракцій. Інтеграція спектральних ознак із нейромережевими алгоритмами детекції (типу YOLO) дозволяє підвищити точність ідентифікації компонентів зернової суміші та забезпечити селективне визначення маси цільового продукту. Запропоновано узагальнену модель точності, що враховує вплив морфологічних, динамічних та оптичних факторів. Наукова новизна полягає у: встановленні аналітичного зв'язку між спектральними характеристиками контурів та точністю оптичної детекції; розробці моделі переходу від геометричних параметрів до масових характеристик зерна; обґрунтуванні інваріантних спектральних ознак для задач фракціонування; врахуванні впливу вологості та засміченості у єдиній математичній моделі.

Висновок. Практична значущість полягає у створенні теоретичної основи для розробки інтелектуальних систем автоматизованого контролю та адаптивного керування процесами фракціонування зерна, що дозволяє підвищити точність класифікації та забезпечити стабільність роботи технологічного обладнання в реальних виробничих умовах.

Дослідження виконано в рамках проекту № 2025.02/0002, що фінансується Національним фондом досліджень України (грант Президента України докторам наук для проведення наукових досліджень і розробок).

Список використаних джерел

1. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., & Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 12(1), P. E9–E17. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2)

2. Stepanenko S., Shvydia V., Dnes V., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Kalinichenko R. (2025). Smartphone-based machine vision for grain quality assessment. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, Vol. 12(2), pp. E14–E21. [http://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(2\).e2](http://doi.org/10.21272/jes.2025.12(2).e2)

3. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., & Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2 (136), 81–92. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124>

Федорина Тетяна Петрівна, доцент
кафедри природничо-математичних та
загальноінженерних дисциплін, ВП
НУБіП України "Ніжинський
агротехнічний інститут"
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20261829>

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЯК ЕЛЕМЕНТИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ

Впровадження агровольтаїки — це поєднання сільськогосподарського виробництва та генерації сонячної енергії на одній території, що вимагає інтеграції загальновиробничих вимог з охорони праці та екологічної безпеки агропромислового комплексу (АПК) як фундаменту для сталого розвитку. Згідно з джерелами, ці вимоги виступають критичними елементами, що забезпечують захист персоналу, збереження довкілля та економічну ефективність таких проєктів [1].

Для успішної реалізації агропродовольчих проєктів важливо створити та адаптувати законодавчу та нормативну базу, яка регулюватиме цю галузь. Це включає розробку нових стандартів, регламентів та механізмів підтримки, що забезпечують стабільність та передбачуваність інвестиційного підходу [2].

Охорона праці в АПК базується на принципі пріоритету життя та здоров'я працівників над будь-якими результатами виробничої діяльності. **Основні вимоги охорони праці охоплюють наступні аспекти:**

1. Вимоги до технічних засобів та обладнання:

- Усі машини, механізми та трактори, що впроваджуються у виробництво, повинні мати сертифікати відповідності вимогам безпеки.
- Сільськогосподарська техніка, придбана за кордоном, допускається до експлуатації лише за умови її відповідності діючим в Україні нормативним актам.
- Кабіни тракторів мають забезпечувати захист від опадів, мати належну оглядовість та бути обладнаними не менше ніж двома-трьома аварійними виходами.
- Забороняється експлуатація техніки без передбачених конструкцією огорожень рухомих частин (карданних, ланцюгових передач тощо).

2. Безпека технологічних процесів:

- Технологічні процеси не повинні супроводжуватися забрудненням довкілля понад встановлені норми.
- Вантажно-розвантажувальні роботи мають бути максимально механізовані. Для чоловіків встановлено граничну норму підйому вантажу вручну — 50 кг.
- Роботи у нічний час дозволяються лише за умови належного штучного освітлення всієї робочої зони.

3. Вимоги до персоналу та навчання:

- До керування технікою та виконання робіт з підвищеною небезпекою допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд та спеціальне навчання.

- Інструктажі з охорони праці є обов'язковими: повторні інструктажі на роботах з підвищеною небезпекою проводяться не рідше ніж один раз на 3 місяці [3].

У контексті агровольтаїки ключовими є такі елементи в охороні праці:

- Електробезпека: Оскільки агровольтаїчні системи включають сонячні панелі та інвертори, вимоги до електроустановок стають першочерговими. Сільськогосподарські умови (підвищена вологість, наявність агресивних газів у тваринництві) є складними для експлуатації електрообладнання. Обов'язковим є використання захисного заземлення (занулення) корпусів обладнання та металевих каркасів.

- Блискавкозахист: Враховуючи відкритість територій, агровольтаїчні об'єкти (панелі та супутні споруди) повинні бути обладнані системами захисту від прямих ударів блискавки та її вторинних проявів.

- Безпека під час монтажу та обслуговування: Встановлення конструкцій сонячних панелей на значній висоті або поблизу працюючої с/г техніки створює зони підвищеної небезпеки. Роботи з монтажу мають виконуватися згідно з проєктом виконання робіт (ПВР), що враховує небезпечні зони та заходи захисту від падіння.

- Вимоги до персоналу: До обслуговування таких систем допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та перевірку знань з електробезпеки (не нижче II-III групи) [1].

Екологічна безпека в агропромисловому виробництві. АПК є потужним джерелом відходів, що перевищує за обсягами багато інших галузей. **Екологічна безпека** — це стан захищеності від наслідків антропогенного впливу, що гарантується через впровадження природоохоронних заходів:

1. Поводження з агрохімікатами та пестицидами:

- Забороняється застосування речовин, на які не розроблено гранично допустимі концентрації (ГДК) та методики контролю.

- Транспортування пестицидів дозволяється тільки у спеціальній тарі з відповідним маркуванням; одночасне перевезення людей або продуктів харчування суворо заборонено.

- Надлишок азотних добрив призводить до накопичення нітратів у продукції, що становить загрозу для здоров'я споживачів.

2. Тваринницькі комплекси:

- Великі ферми є джерелами біологічного забруднення. Гній та стічні води можуть містити до 100 видів збудників інфекційних хвороб.

- Виробничі процеси мають включати системи механічного очищення, знезараження та знешкодження відходів життєдіяльності тварин.

3. Охорона земель та водних ресурсів:

- Використання важкої техніки призводить до ущільнення ґрунту, а інтенсивне розорювання посилює ерозійні процеси.

Сільськогосподарські стоки є основною причиною забруднення малих річок, викликаючи їх евтрофікацію («цвітіння» води) [3].

У системі агровольтаїки екологічна безпека включає:

- Охорона та моніторинг ґрунтів: Ґрунт є незамінним природним ресурсом, відновлення одного сантиметра якого триває сотні років. Встановлення агровольтаїчних конструкцій не повинно призводити до механічного руйнування ґрунтового покриву або посилення ерозійних процесів. Потрібен постійний моніторинг земель для виявлення змін у родючості та фізико-хімічному складі під впливом затінення.

- Екологічна інженерія та утилізація: Хоча сонячна енергія є «чистою», її виробництво пов'язане з використанням рідкісних елементів для батарей, переробка яких у майбутньому є важливою частиною екологічного циклу. Екологізація передбачає використання маловідходних технологій та раціональне поводження з відходами обладнання після завершення терміну його експлуатації.

- Контроль мікроклімату: Встановлення панелей змінює метеорологічні умови для рослин (температуру, вологість). Вимоги екологічної безпеки зобов'язують враховувати ці зміни, щоб забезпечити нормальний ріст біоти та функціонування агроєкосистеми [2].

Важливість дотримання вимог. Дотримання загальновиробничих вимог є критично важливим для аграрного сектору з кількох причин:

- Збереження людського капіталу: Аналіз показує, що 72% смертельних нещасних випадків на виробництві стаються через організаційні причини, яких можна було б уникнути при належному управлінні охороною праці.

- Економічна ефективність: Нещасні випадки, аварії та професійні захворювання завдають значних матеріальних збитків підприємству (виплати, ремонт обладнання, простої).

- Сталий розвиток: Відповідно до концепції сталого розвитку, економічне зростання не повинно відбуватися ціною руйнування довкілля. Забруднення ґрунтів і вод робить їх непридатними для використання майбутніми поколіннями.

- Юридична відповідальність: Роботодавці та посадові особи несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну та кримінальну відповідальність за порушення вимог законодавства.

Важливість інтегрованого підходу. Дотримання цих вимог як елементів агровольтаїки забезпечує:

1. Сталий розвиток: економічне зростання (генерація енергії) відбувається без виснаження природного капіталу (ґрунтів).

2. Мінімізацію ризиків: належне управління охороною праці запобігає виробничому травматизму, який у 72% випадків стається через організаційні прорахунки (за інформацією з попереднього контексту, підтриманою загальними засадами управління).

3. Економічну вигоду: Застосування екологічно чистих та енергозберігаючих технологій створює шанси для залучення інвестицій та участі в міжнародних екологічних програмах [2].

Висновок. Загальновиробничі вимоги з охорони праці та екологічної безпеки не є окремими надбудовами, а становлять органічну частину технологічного процесу агровольтаїки, забезпечуючи гармонійну взаємодію людини, техніки та природи.

Список використаних джерел

1. <https://agrivoltaic.org.ua/>.
2. <https://agroportal.ua/blogs/agrovoltajika-u-sviti-ta-v-ukrajini-chi-gotovi-mi-do-zmin>.
3. Охорона праці в агропромисловому комплексі: підручник /[А. С. Беліков, К. М. Сухий, А. С. Кобець та ін.] ; під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро : Журфонд, 2025. – 644 с.

Шейко Надія Володимирівна, доцент
кафедри агроінженерії та транспортних
технологій ВП НУБіПУ «Ніжинський
агротехнічний інститут»

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20261893>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Поверхнєве гартування сталей відноситься до технологій зміцнення деталей із сталі. Поверхнєве гартування деталей машин із сталі відрізняється від інших видів зміцнення деталей значно меншою тривалістю обробки.

Із зростанням швидкості нагрівання температурний інтервал оптимального зростає. Час нагрівання деталі при поверхневому гартуванні становить від часток до десятків секунд.

При призначенні режимів термічної обробки при поверхневому гартуванні діаграмою стану сплаву залізо-цементит не користуємося, а використовуємо термодинамічні криві, які враховують швидкість нагрівання поверхневих шарів металу [1, с. 171]. Із зростанням швидкості нагріву температурний інтервал оптимального нагріву зростає. Час нагрівання деталі при поверхневому гартуванні складає від декількох секунд до десятків секунд.

Не дивлячись на велику різноманітність методів поверхневого гартування сталі, всі вони полягають в нагріванні тільки поверхневого шару з подальшим гартуванням деталі.

Глибина гартування складає від 2 до 10 мм. для цього необхідно використовувати такі методи нагріву сталі, щоб прогрівалися тільки поверхні шари деталі. Тому джерела теплової енергії при поверхневому гартуванні сталей повинні бути значно потужніші, ніж при об'ємному гартуванні.

Для деталей машин (вали, осі, шестерні тощо) застосовують різні методи для гартування, які забезпечують високу твердість та зносостійкість робочих поверхонь, зберігаючи в'язку серцевину деталі:

- в розплавах металів та солей;
- над полум'ям киснево-ацетиленового або газового пальника;
- в електролітах;
- лазерним променем;
- електричним струмом високої частоти (індукційний нагрів).

Найбільш поширене в машинобудуванні серед методів поверхневого технічного гартування отримала обробка струмами високої частоти (СВЧ).

Поверхнєве гартування деталей із сталі проводимо на спеціальних установках (генераторах струмів високої частоти), які дозволяють проводити швидкий нагрів поверхневих шарів деталей за допомогою струмів високої частоти. Деталь розміщують в замкнутому контурі (індукторі). Індуктори виготовляють з мідних трубок круглого або прямокутного перерізу, всередині яких безперервно циркулює вода, завдяки чому вони не перегріваються. Форма індуктора повинна відповідати зовнішній формі виробу. При цьому необхідно

дотримуватись постійної відстані між індуктором і поверхнею деталі. Кожна установка повинна мати комплект індукторів [2, с. 76].

При проходженні струму високої частоти (вище 60 Гц) по індуктору-провіднику, під дією потужного електромагнітного поля відбувається швидкий нагрів поверхні деталі. Магнітний потік створюється змінним струмом, що проходить через індуктор. При цьому в металі виникають вихрові струми (струми Фуко), які нагрівають деталь. В результаті цього нагрівається тільки поверхня деталі до температури, яка необхідна для проведення гартування. Температура серцевини деталі практично не змінюється.

Кількість тепла, що утворюється на поверхні деталі, визначається за формулою:

$$Q = 0,24I^2R\tau, \quad (1)$$

де I – сила струму, А;

R – опір провідника, Ом;

τ – час нагріву, с.

Змінний струм має частоту 50 Гц і відноситься до струмів низької частоти (промислова частота). Змінний струм з частотою вище 50 Гц відноситься до струмів високої частоти.

Струм високої частоти для індукційного нагріву отримуємо за допомогою спеціальних високочастотних генераторів (лампових – 10^6 Гц, машинних – від 600 до 15000 Гц).

Глибину прогріву металу в залежності від частоти струму можна визначити за формулою:

$$Q = 5030\sqrt{\frac{\rho}{(\mu \cdot f)}}, \quad (2)$$

де ρ – питомий електроопір металу, Ом·см;

μ – магнітна проникливість середовища, Гс/Е;

f – частота струму, Гц.

Із збільшенням частоти струму глибина його проникнення в повеневий шар металу зменшується.

Отже, використовуючи різного типу генератори (змінюючи частоту струму), можна достатньо точно регулювати глибину загартованого поверхневого шару деталі.

Нагрів деталі струмом високої частоти відбувається за кілька секунд. Після нагріву в індукторі деталь швидко переміщуємо в спеціальний пристрій – спреєр, через отвори в якому на нагріту поверхню деталі розбризкується гартувальна рідина (найчастіше вода). Іноді гартування проводять в гартувальних баках.

Особливістю індукційного нагріву можна вважати те, що із збільшенням швидкості нагріву підвищується інтервал температур гартування. Наприклад, якщо при об'ємному гартуванні деталі з вуглецевої сталі інтервал складає 800...840°C, то при індукційну нагріві він підвищується до 900...940°C.

Найбільш доцільно застосовувати цей спосіб зміцнення для деталей із сталі з вмістом вуглецю не менше 0,4%. Для деталей з легованих сталей

поверхнєве гартування з нагріванням струмом високої частоти застосовують рідко.

Поверхнєве гартування є сучасним та перспективним способом зміцнення деталей машин. Висока швидкість нагрівання забезпечує дрібнозернисту будову металу, що значно підвищує ударну в'язкість сталі. Твердість деталі загартованої з нагріванням струмом високої частоти на декілька одиниць HRC вища, ніж при нагріванні іншими методами. Крім того, під час прискореного нагрівання на деталі не утворюється шар окалини і зберігається вихідна якість поверхні.

До переваг методу поверхневого гартування деталей машин із сталі струмом високої частоти (СВЧ) слід віднести високу продуктивність процесу, можливість регулювання та контролю режиму термічної обробки під час гартування. Нагрівання струмом високої частоти дозволяє проводити гартування окремих ділянок деталі – шийки колінчастого валу, кулачка розподільчого валу, стінки гільз, тощо.

Недоліком поверхневого гартування деталей машин із сталі з нагріванням струмом високої частоти є висока вартість індукційних установок і індукторів (для кожної деталі виготовляється свій індуктор).

Тому цей метод економічно доцільно використовувати тільки при виробництві великої кількості однотипних деталей простої форми.

Список використаних джерел:

1. Афтанділянц Є.Г. Матеріалознавство: підручник / Є.Г. Афтанділянц, О.В.Зазимко, К.Г.Лопатько. – Херсон: Олді-плюс, 2012. – 612 с.
2. Опальчук А.С. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: підручник для вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації / А.С. Опальчук, Є.Г. Афтанділянц, Л.Л.Роговський. – Ніжин: ПП Лисенко М.М, 2013. – 752 с.
3. Попович В. Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавство / В.Попович, В.Голубець. – Суми: Університетська книга, 2012. – Книга II. – 260 с.

4. АГРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ВИКЛИКІВ

Бондаренко Андрій Володимирович,
аспірант кафедри агрономії та біології
ДЗ «Луганський національний
університет імені Тараса Шевченка»,
спеціальність - агрономія Н1

Кохан Андрій Володимирович,
науковий керівник д.с-г.н., професор
кафедри агрономії та біології ДЗ
«Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка», м. Міргород,
Україна

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20261962>

АГРОВОЛЬТАЇЧНІ СИСТЕМИ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН УКРАЇНИ

Сучасний розвиток аграрного сектору України відбувається в умовах істотних кліматичних трансформацій, що характеризуються підвищенням середньорічних температур, зростанням частоти екстремальних погодних явищ, нерівномірним розподілом опадів та посиленням посушливих процесів. За даними міжнародних кліматичних організацій, останні роки є найтеплішими за весь період інструментальних спостережень, що супроводжується інтенсифікацією посух, деградацією ґрунтового покриву та зниженням продуктивності агроєкосистем. У таких умовах особливої актуальності набуває проблема забезпечення стабільного виробництва стратегічних культур, зокрема соняшнику, який є однією з провідних олійних культур України та формує значну частку аграрного експорту.

Встановлено, що врожайність соняшнику значною мірою залежить від комплексу кліматичних чинників, серед яких визначальними є температурний режим, кількість опадів та рівень зволоженості ґрунту. У південних і південно-східних регіонах України, де спостерігається дефіцит вологи та високі температури, формуються несприятливі умови для росту і розвитку рослин, що призводить до зниження врожайності та якості продукції [3, с. 35]. Дослідження вітчизняних учених підтверджують, що оптимізація агротехнологічних заходів, зокрема застосування зрошення, вибір адаптованих сортів та удосконалення систем удобрення, дозволяє частково компенсувати негативний вплив кліматичних факторів [1, с. 118; 2, с. 48]. Водночас традиційні підходи не завжди забезпечують достатній рівень адаптації до сучасних

кліматичних викликів, що обумовлює необхідність впровадження інноваційних технологій.

Одним із перспективних напрямів є агровольтаїка - інтегрована система, що передбачає одночасне використання земельних ресурсів для вирощування сільськогосподарських культур та генерації сонячної енергії. Сутність цієї технології полягає у встановленні фотоелектричних панелей над посівами, що дозволяє формувати модифікований мікроклімат агроценозу. Згідно з результатами сучасних досліджень, агровольтаїчні системи сприяють зниженню температури ґрунту, зменшенню інтенсивності випаровування та підвищенню ефективності використання водних ресурсів, що є критично важливим у посушливих умовах [4, с. 12].

Особливу увагу слід приділити впливу часткового затінення на фізіологічні процеси соняшнику. Незважаючи на те, що культура є світлолюбною, надмірна інсоляція в умовах високих температур може призводити до пригнічення фотосинтетичної активності та розвитку теплового стресу. У цьому контексті помірне затінення (20 - 30 %) здатне створювати більш сприятливі умови для росту рослин, знижуючи температуру листкової поверхні та покращуючи водний баланс. Міжнародні дослідження свідчать, що агровольтаїка може зменшувати водний стрес рослин та підвищувати ефективність використання вологи, що в окремих випадках сприяє стабілізації або навіть зростанню врожайності [5, с. 6].

Узагальнення результатів польових досліджень і теоретичних напрацювань дозволяє сформулювати концептуальну модель впливу агровольтаїки на продуктивність соняшнику, яка базується на взаємодії кліматичних і технологічних факторів. Врожайність культури визначається комплексом параметрів, серед яких ключовими є температура повітря, кількість опадів, рівень зволоженості ґрунту та ступінь затінення. При цьому агровольтаїчні системи виступають регулятором мікроклімату, що дозволяє оптимізувати зазначені параметри та зменшити негативний вплив кліматичних стресів.

Важливим аспектом є також підвищення ефективності використання земельних ресурсів. На відміну від традиційних підходів, агровольтаїка забезпечує подвійне використання територій, що дозволяє одночасно отримувати сільськогосподарську продукцію та електроенергію. Це сприяє підвищенню економічної ефективності аграрного виробництва та зменшенню антропогенного навантаження на довкілля.

Разом з тим впровадження агровольтаїчних систем потребує врахування низки технічних і агрономічних аспектів, зокрема оптимальної висоти встановлення панелей, їх щільності та кута нахилу. Для соняшнику рекомендованим є розміщення панелей на висоті не менше 4 - 5 м із забезпеченням достатнього рівня освітлення, що дозволяє уникнути негативного впливу надмірного затінення. Важливим є також застосування сучасних систем моніторингу, які дозволяють контролювати параметри мікроклімату та оперативно реагувати на їх зміни.

Отже, агровольтаїка є перспективним напрямом розвитку адаптивного землеробства в Україні, що поєднує енергетичну та аграрну складові. Її впровадження дозволяє підвищити стійкість агроєкосистем до кліматичних змін, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити стабільне виробництво соняшнику в умовах зростаючих кліматичних ризиків. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку регіонально адаптованих моделей агровольтаїчних систем, що враховують специфіку ґрунтово-кліматичних умов України та біологічні особливості культури.

Список використаних джерел

1. Шатковський А. П., Гуленко О. І. Урожайність та енергетична оцінка вирощування соняшнику залежно від конструкцій систем мікрозрошення // Зрошуване землеробство. 2022. № 77. 136 с.
2. Колісник О. М., Циганський В. І., Дідур І. М. Урожайність та енергетична ефективність вирощування соняшнику за різних систем обробітку ґрунту // Modern Phytomorphology. 2024. № 18. 63 с.
3. Харченко С. В., Коваленко М. М. Вплив кліматичних змін на аграрне виробництво України // Екологія та аграрний менеджмент. 2022. № 1. 59 с.
4. Асоціації агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1/>.
5. Goetzberger A., Zastrow A.: On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. In: International Journal of Solar Energy. 1982, №1.

Гайденко Олег Миколайович, учений секретар, к. т. н., с. н. с., ІСГС НААН
Павлішин Павло Миколайович, асистент кафедри агроінженерії, ОДАУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20261981>

НАУКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового виробництва Кіровоградщини здійснює регіональний Центр, що функціонує на базі Інституту сільського господарства Степу НААН, до складу якого входять: Центральнотериторіальний національний технічний університет та Придніпровський міжрегіональний центр ДУ “Інститут охорони ґрунтів України”.

У головній науковій установі Центру 22 дослідники, з яких 11 є сільськогосподарськими дорадниками та експертами-дорадниками з різних напрямків агропромислового виробництва. Науковий потенціал установи – 1 доктор та 10 кандидатів сільськогосподарських, технічних, економічних та історичних наук.

Для послуг товаровиробників функціонує 2 науково-технологічних та 1 виробничо-господарський відділи, 5 лабораторій, постійно діюча виставка наукової продукції та наукова бібліотека. Визначення показників якості продукції та родючості ґрунтів проводиться у вимірювальній лабораторії установи, робота якої направлена на проведення наступних видів аналізів: визначення вмісту поживних речовин у ґрунті; визначення хімічного складу та поживної цінності кормів; здійснення контролю якості зернових, зернобобових та технічних культур; визначення посівної придатності насіння сільськогосподарських культур.

Спільно з фахівцями Департаменту агропромислового розвитку Кіровоградської ОВА, науковці ІСГС НААН визначають пріоритетні напрями наукового забезпечення, які закладаються в основу реалізації завдань регіональної програми науково-технічного й інноваційного розвитку області, Стратегії розвитку області на 2021–2027 рр. За період 2017–2025 рр. науковцями установи було розроблено та подано 78 пропозицій законодавчим та виконавчим органам влади щодо підвищення ефективності АПК. Окрім цього установа плідно співпрацює з органами виконавчої влади – Департаментом освіти і науки, Департаментом економіки Кіровоградської ОВА, районними відділами та службами.

У 2025 році науковці установи здійснювали дослідження за 9 завданнями 7-ми програм наукових досліджень НААН, 2 з яких фундаментальні. Науковці установи розробляли та впроваджували технологічні прийоми вирощування нових сортів пшениці озимої, ячменю, гібридів кукурудзи, соняшнику, сої, коріандру, способи застосування нових регуляторів росту рослин та мікробних

препаратів, макро- та мікродобив. Маркетингові дослідження підтверджують конкурентоспроможність наукових розробок установи.

ІСГС НААН володіє 31 об'єктом інтелектуальної власності, у т. ч. 2 типи порід ВРХ молочного і м'ясного напрямку використання; 25 сортів та 2 гібриди рослин, що занесені до Державного реєстру сортів рослин України: 11 сортів сої; 7 сортів ячменю ярого; 6 сортів еспарцету; 1 сорт коріандру; 2 гібрида кукурудзи, створені спільно з ДУ ІЗК НААН.

У рамках виконання програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України (ПНД НААН) № 41 “Використання потенціалу аграрної науки для інноваційного розвитку галузей агропромислового виробництва України” (“Інноваційний розвиток”) протягом 2025 року науковцями установи проводилося випробування 5 наукових розробок в галузі рослинництва:

- *“Сорти ярого плівчастого ячменю, що відзначаються високим рівнем адаптивності, якістю та урожайністю вище сортів-стандартів на 15 – 20 %”* було встановлено, що нові плівчасті сорти ячменю звичайного (ярого) зернофуражного використання, степового екотипу формували врожайність 4,61 – 4,89 т/га, що вище за середню по установі на 0,64 – 0,92 т/га (16,1 – 23,2 %);

- *“Сорт ячменю звичайного (ярого) степового екотипу зернофуражного напрямку використання”* встановлено, що новий сорт ярого плівчастого ячменю з реалізацією врожайності 4,89 т/га, мав приріст до середньої – 0,92 т/га або 23,2 %, вміст білка в зерні 13,4 %; натура – 733 г/л; новий сорт ярого голозерного ячменю з урожайності 3,36 т/га, вміст білка – 17,4 %, натура – 781 г/л;

- *“Науково-практичні рекомендації вирощування насіння ячменю ярого”* досягнуто підвищення виробництва насіння сортів Дорідний і Крок на 0,55 – 0,62 т/га, вихід кондиційного насіння зріс до 2,37 – 2,80 т/га, а дохід від реалізації насіння еліти – на 6603 – 14601 грн/га;

- *“Науково-методичні рекомендації щодо виробництва насіннєвої картоплі в Степу України на основі біотехнологічних методів оздоровлення вихідного матеріалу в культурі in vitro”* при використанні оздоровленого в культурі in vitro вихідного матеріалу забезпечило підвищення урожайності насіннєвих бульб ранньостиглих сортів картоплі Межирічка 11 та Щедрик на 4,8 – 17,1 %;

- *“Науково-практичні рекомендації з поліпшення племінних і продуктивних якостей популяції свиней великої білої породи”* було встановлено, що використання індексної оцінки популяції свиней великої білої породи дало можливість покращити репродуктивні якості свиноматок до 10 %; середньодобові прирости молодняку збільшилися до 23 %; собівартість продукції знизилась до 10 %.

У 2025 році науковці ІСГС НААН впроваджували 14 розробок у різних галузях агропромислового виробництва у 100 агроформуваннях різних форм власності 7 областей України (Дніпропетровська, Кіровоградська, Київська, Миколаївська, Черкаська, Харківська, Херсонська) на що було укладено 103

договори на науково-консультаційне забезпечення, купівлі-продажу та трансферу інноваційної продукції:

- *“Моделі високопродуктивних екологічно збалансованих коротко-ротаційних сівозмін з ринковою орієнтацією”* впроваджували на площі 80 га. Використання моделі високопродуктивної екологічно збалансованої зерно-паро-просапної коротко-ротаційної сівозміни (пар – пшениця озима – соя – кукурудза – соняшник) сприяло отриманню умовно-чистого доходу на рівні 27,2 тис. грн/га сівозмінної площ. Продуктивність сівозміни за зерновими одиницями становила 3,04 т/га, за кормовими одиницями – 3,20 т/га та за збором перетравного протеїну – 0,41 т/га;

- *“Ресурсозбережні та біоадаптивні технології вирощування олійних культур для умов ризикованого землеробства Степу України”* використання мілкого основного обробітку ґрунту після попередника соя, порівняно до прямої сівби, забезпечило підвищення урожайності на 0,38 т/га; використання попередника кукурудза на зерно, порівняно до пшениці озимої, не знижувало урожайності соняшнику (1,60 – 1,61 т/га), а за вирощування соняшнику після пшениці озимої за глибокого рихлення забезпечило зростання урожайності соняшнику порівняно з мілким обробітком ґрунту на 0,35 т/га;

- при впровадженні сортів сої було встановлено:

- урожайність сої сорту *Златослава* перевищує середню по установі на 0,27 т/га (43,5 %); вміст протеїну – 39,4 %, жиру – 21,3 %; вирівняність – 74 %, умовно-чистий дохід від реалізації додаткового врожаю становив 5594 грн/га;

- урожайність сої сорту *Феєрія* перевищує середню по установі на 0,39 т/га (62,9 %); вміст протеїну – 40,7 %, жиру – 21,3 %; вирівняність – 67 %, умовно-чистий дохід від реалізації додаткового врожаю становив 7316 грн/га;

- *“Науково-практичні рекомендації з впливу агротехнологічних факторів на рівень реалізації генетичного потенціалу сортів пшениці та ячменю озимого в Степу України”* протягом року впроваджували у 65 агроформуваннях різних форм власності 7 областей України (Дніпропетровська, Кіровоградська, Київська, Миколаївська, Полтавська, Черкаська, Херсонська) на площі 1137 га, що дозволило підвищити рівень врожаю зернових у виробничих умовах на 0,3 – 0,5 т/га та отримати додатковий дохід на рівні 2610 – 4350 грн/га;

- *“Науково-практичні рекомендації вирощування ячменю ярого на насіння в умовах нестійкого зволоження Північного Степу”* були реалізовані елементи агротехнології вирощування насіння ячменю ярого сорту Святомихайлівський після попередника соняшник, що забезпечило підвищення урожайності порівняно із середньою по ІСГС НААН на 0,38 т/га (9,6 %), очікуваний валовий дохід від виробництва насіння еліти становив 52592 грн/га, рентабельність вирощування насіння еліти – 207,4 %;

- *“Науково-практичні рекомендації з удосконалення селекційно-племінної роботи в свиñarстві”* сформована аналітична та інформаційна база селекційних даних племінного обліку свиней, оцінка племінної цінності тварин за фенотипом методом BLUP, збільшилась продуктивність тварин до 10 – 23 %, а собівартість продукції знизилась на 10 %;

- *“Раціональні нормативи витрат на виробництво рослинницької і тваринницької продукції”* впроваджували на площі 3,38 тис. га, ефект від впровадження полягав у наданні послуг з аналізу розвитку галузі тваринництва, в удосконаленні управлінських стратегічних підходів при плануванні раціонального використання коштів і ресурсів та ефективній організації виробництва і збуту продукції, що забезпечило збільшення обсягів виробництва за 9 місяців 2025 р. порівняно з аналогічним періодом 2024 р на 105,2 % та доходів від реалізації на 167,2 %, в тому числі за рахунок підвищення продуктивності;

- *“Науково-практичні рекомендації щодо забезпечення безперервного інноваційного процесу в агропромисловому виробництві та удосконалення механізму просування на аграрний ринок науково-технічних розробок та наукоємної продукції”* за результатами системного аналізу ефективності виробництва с.-г. культур, визначено сильні та слабкі сторони інноваційної діяльності підприємства, що впливали на загальний фінансовий результат, рекомендації з підвищення рівня впровадження інновацій у рослинництві сприяли подоланню негативного впливу зовнішніх факторів, що на 12 – 15 % зменшить нестабільність виробничих показників;

- *“Науково-практичні рекомендації щодо сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур та технологій утримання і годівлі тварин, адаптованих до умов агропромислового сектору з урахуванням регіональних особливостей”* протягом року була впроваджені у 7 агроформуваннях різних форм власності 5 областей України (Дніпропетровська, Київська, Кіровоградська, Миколаївська, Черкаська) на площі 5,5 тис. га. В умовах господарств, надавалися науково-практичні консультації з:

- підбору сортів та гібридів с.-г. культур відповідно до ресурсного забезпечення господарства;

- розробки агротехнологічних заходів вирощування різних сортів с.-г. культур;

- особливостей застосування в с.-г. виробництві інноваційних розробок, створених установами НААН.

Висновки. З метою підтримки позитивних тенденцій (сильних сторін) діяльності ІСГС НААН, як головної установи Центру наукового забезпечення АПВ регіону:

– сприяє просуванню на аграрний ринок наукових розробок і сучасних технологій, які сприяють формуванню в регіонах степової зони інноваційної складової розвитку сільськогосподарського виробництва;

– має потужний кадровий потенціал, в науковій установі працює 22 дослідника, з яких 11 є дорадниками та експертами-дорадниками з різних напрямків агропромислового виробництва, науковий потенціал – 1 доктор та 10 кандидатів сільськогосподарських, технічних, економічних та історичних наук;

– впродовж 2021–2025 рр. науковцями установи проводилося випробування 28 та впровадження більше 50 наукових розробок у 440 агроформуваннях різних форм власності 13 областей України (Вінницька, Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Кіровоградська, Київська,

Миколаївська, Одеська, Полтавська, Сумська, Харківська, Херсонська, Черкаська), відповідно 470 укладених договорів;

- банк інновацій нараховує понад 100 завершених наукових розробок, що рекомендуються для освоєння в агроформуваннях;

- налагоджено систему курсів підвищення кваліфікації керівників і спеціалістів АПВ, впродовж 2024–2025 років проведено та прийнято участь у 42 конференціях. Проведено та прийнято участь у 18 семінарах, 52 нарадах, 13 “круглих столах”, 19 “Днях поля”. Прийнято участь у 45 курсах підвищення кваліфікації. Проведено навчань – 74. Виступи: по радіо – 8, на телебаченні – 30. Подано заявок на отримання патентів України на винаходи – 2, наукові видання, монографії, збірники, книги – 7, рекомендацій – 19. Надруковано статей всього – 227. Надано понад 13 тис. консультацій та проведено навчання більше 12,6 тис. фахівців АПК;

- в мережі Internet діє сайт установи <https://isgs-naan.com.ua>, проводиться постійна популяризація результатів наукових досліджень та напрацювань науковців у соціальних мережах;

- з метою рекламування та впровадження у виробництво високопродуктивних сортів та гібридів сільськогосподарських культур селекції наукових установ НААН щорічно закладаються 7 – 10 науково-технологічних та демонстраційних полігонів, де висіваються сорти і гібриди 14 сільськогосподарських культур різних селекційних центрів та НДУ системи НААН, на базі ДП “ДГ “Елітне” ІСГС НААН” діють 2 модельні ферми вирощування ВРХ та свиней;

- з метою забезпечення умов для своєчасного і високоякісного проведення наукових досліджень та випробування створеної інноваційної продукції, сприяння виробництву Базового (БН) та Сертифікованого (СН) насіння сільськогосподарських культур, вирощування племінного молодняку тварин надається методична допомога та здійснюється науково-консультаційне забезпечення трансферу інновацій в підпорядкованих дослідних господарствах.

Дубонос Анна Дмитрівна, студентка факультету економіки та управління підприємництвом спеціальність «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» Одеського національного економічного університету

Орленко Ольга Михайлівна, доцент кафедри економіки підприємства та організації підприємницької діяльності Одеського національного економічного університету

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262001>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ВИНОГРАДНИКІВ ОДЕЩИНИ

Стрімке загострення кліматичних умов безпосередньо впливає і на сільськогосподарське виробництво, змушуючи аграріїв шукати нові підходи до захисту ґрунтів задля збереження продуктивності галузі. Одеська область є найбільшим осередком виноградарства в Україні. Тут налічується понад 27 тис. га виноградних насаджень, що становить переважну більшість від вітчизняного фонду виноградарств України [1]. Це зумовлено комплексом природних та історичних чинників. Водночас через глобальне потепління Одеська область потрапляє до зони найвищих кліматичних викликів. За науковими даними, за останнє століття середня температура повітря на півдні України зросла на 1 – 1,5 °С, а загалом в Україні темпи потепління перевищують середньосвітові показники на 2,5% [2]. У свою чергу, річна кількість опадів на Одещині, що становить 350 – 450 мм, значно менша за випаровування, що сягає 1100 мм на рік. Тобто, навіть у відносно сприятливі роки ґрунт відчуває значний дефіцит вологи, а вегетація винограду відбувається в умовах, наближених до посушливих [2].

Для виноградарів Одещини постає проблема втрати конкурентоспроможності. На прикладі аномальної посухи 2024 – 2025 рр. чітко відстежується вразливість галузі: на деяких господарствах опади не перевищили 200 мм за сезон. Дані обставини змусили виробників до застосування крапельного зрошення, при цьому, порівняно з минулими роками, витрачаючи в 1,5 рази більше води [3]. За прогнозами фахівців, без впровадження адаптаційних систем степова зона Одеської області впродовж ближчих 10 – 20 років набуватиме ознак напівпустельного клімату, що унеможливило б традиційне ведення господарства [4].

Одним із інструментів вирішення даної проблеми може стати агровольтаїка. Ця технологія передбачає одночасне використання земельної ділянки для вирощування сільськогосподарських культур і виробництво електричної енергії шляхом встановлення сонячних фотоелектричних панелей над посівами або поруч з ними [5]. Незважаючи на те, що даний термін був

запроваджений понад 50 років тому, практичне визнання наведеної концепції відбулося лише впродовж останнього десятиліття.

Для розуміння актуальності агровольтаїки в регіональному контексті необхідно охарактеризувати специфіку кліматичних загроз, з якими стикаються виноградарі Одещини. Передусім варто підкреслити, що виноград - культура, чутлива до температурних коливань протягом усього циклу. Критичним є поєднання наступних факторів: зниження температури в зимово-весняний період до $-15\ldots-18^{\circ}\text{C}$, що призводить до загибелі вічок на 70%, а при -20°C - до повної загибелі вегетативних частин; водночас літні температури понад $+35-38^{\circ}\text{C}$ спричиняють теплові стреси та опіки, і прискорюють визрівання з надмірним накопиченням цукру [1, 2]. Кількість діб з температурою понад $+30^{\circ}\text{C}$ у Білгород-Дністровському районі в 2025 році сягнула позначки 70, даний показник свідчить про системну трансформацію термічного режиму регіону [9].

Для функціонування агровольтаїчних систем в виноградарстві, вони повинні охоплювати кілька фізіологічних рівнів. По-перше, затінення панелей знижує сонячну радіацію на листя й ягоди, запобігаючи опікам - критичній проблемі для виноградарів Середземномор'я через спеку [6]. По-друге, панелі змінюють мікроклімат у міжряддях: у регіоні Апулія (Італія) тінь підвищила вологість ґрунту та зменшила його нагрівання, що покращило якість врожаю сорту «Примітіво» [6]. По-третє, конструкції захищають від граду та сильних вітрів, які через зміни клімату стають дедалі частішими й інтенсивнішими.

У Франції компанія SunAgri встановила понад 20 таких систем у Провансі, Лангедоці та Руссільйоні. Панелі на висоті 4–4,2 м не заважають механізації, а динамічне регулювання їхнього кута оптимізує баланс між освітленням лози та генерацією енергії [6]. Японські дослідники виявили, що панелі знижують зимову швидкість вітру та температуру ґрунту, що може захищати корені від морозів. Водночас суттєвої різниці в рості пагонів, масі ягід, вмісті цукрів чи кислотності між затіненими та контрольними ділянками не зафіксовано, що підтверджує відсутність критичного негативного впливу на продуктивність [7]. Дослідження, проведене Університетом Гайзенгайм спільно з Fraunhofer ISE [8], показало, що рентабельність таких проєктів визначається синергією кількох чинників: продажі електроенергії, збереження якості врожаю та зниження витрат (особливо на зрошення). Важливу роль відіграють європейські субсидії та «зелені» тарифи. За моделюванням проєкти окупаються навіть за незмінної врожайності, а з підвищенням якості продукції стають значно прибутковішими [9].

Природно-кліматичні умови Одеської області створюють специфічний контекст для оцінювання потенціалу агровольтаїчних систем. Регіон вирізняється винятково високим рівнем сумарної сонячної радіації, що у середньому складає близько $1500-1600\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік і є достатнім для ефективного функціонування фотоелектричних установок, наближаючись до показників, характерних для Іспанії та півдня Франції.

Серед ключових переваг агровольтаїчних систем, для Одещини слід виокремити зменшення теплового стресу виноградної лози в критичні літні

місяці, що безпосередньо впливає на збереження ароматичного профілю та кисло-цукрового балансу ягід. Важливим є також скорочення випаровування вологи з поверхні ґрунту на 20-30%, що в умовах хронічної посухи має стратегічне значення [5].

Фундаментально важливим є також аспект енергетичної незалежності господарств. В умовах воєнного часу та нестабільності централізованого електропостачання, автономне виробництво електроенергії за допомогою сонячних панелей для потреб зрошення, холодильного зберігання та переробки винограду набуває стратегічного значення.

Поряд із потенційними перевагами, упровадження агровольтаїки на Одещині стикається з низкою системних обмежень. Насамперед, слід відзначити відсутність чіткої нормативно-правової бази. В Україні досі не визначено зміст поняття «агровольтаїка», категорії земель, які можуть використовуватися для цих цілей, а також технічні вимоги до відповідних рішень [5]. Окрім того, агровольтаїчні системи у виноградниках потребують значних капітальних вкладень, насамперед через необхідність встановлення конструкцій на висоті 4–5 м для забезпечення доступу техніки; відповідні початкові витрати суттєво перевищують показники для звичайних наземних сонячних електростанцій [9]. Нарешті, наукові дослідження взаємодії різних сортів винограду з агровольтаїчними системами в умовах причорноморського клімату практично відсутні, що є критичним, оскільки сортовий склад виноградників Одещини є специфічним, і включає як аборигенні сорти (Сухолиманський, Одеський чорний, Перлина Степу), так і інтродуковані форми з різними вимогами до освітлення.

Список використаних джерел

1. Виноградарство в Україні: стан, проблеми та перспективи розвитку галузі. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3006/1/Drobitko_KL_Vinogradstvo.pdf (дата звернення: 01.04.2026).
2. Кліматичні виклики для аграріїв: південь України потерпає від посухи та опустелювання. *GreenPost*. 2025. URL: <https://greenpost.ua/news/klimatychni-vyklyky-dlya-agrariyiv-pivden-ukrayiny-poterpaye-vid-posuhy-ta-opustelyuvannya-i95811> (дата звернення: 01.04.2026).
3. Посуха на Одещині ставить під загрозу врожай винограду. *Borg Expert*. 2024. URL: <https://borgexpert.com/news/posukha-na-odeshchyni-stavyt-pid-zahrozu-vrozhaj-vynohradu> (дата звернення: 01.04.2026).
4. Тимочко Т. Південь України стає напівпустелею: традиційне виноградарство під загрозою. УНІАН. 2025. URL: <https://www.unian.ua/ecology/klimat-v-ukrajini-ekologinya-poperedila-shcho-skoro-pivden-mozhe-stati-napivpusteleju-13115649.html> (дата звернення: 01.04.2026).
5. Зінкевич Д. Агровольтаїка: як сховати рослину від спеки і заробити на «тіні». *Latifundist.com*. 2024. URL:

<https://latifundist.com/blog/read/3096-agrovoltayika-finansova-vigoda-energonezalezhnist-ta-prikladi-vikoristannya-u-krayinah-svitu> (дата звернення: 01.04.2026).

6. A good year for solar: Agrivoltaics in vineyards. PV Magazine. 2020. URL: <https://www.pv-magazine.com/2020/03/31/a-good-year-for-solar-agrivoltaics-in-vineyards/> (дата звернення: 01.04.2026).

7. Trommsdorff M. et al. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. *Freiburg*, 2022. 68 p.

8. Тимочко Т. Південь України стає напівпустелею: традиційне виноградарство під загрозою. УНІАН. 2025. URL: <https://www.unian.ua/ecology/klimat-v-ukrajini-ekologinya-poperedila-shcho-skoro-pivden-mozhe-stati-napivpusteleju-13115649.html> (дата звернення: 01.04.2026).

9. Кліматичні виклики для аграріїв: південь України потерпає від посухи та опустелювання. *GreenPost*. 2025. URL: <https://greenpost.ua/news/klimatychni-vyklyky-dlya-agrariyiv-pivden-ukrayiny-poterpaye-vid-posuhy-ta-opustelyuvannya-i95811> (дата звернення: 01.04.2026).

10. Introducing the Viticultural Agrivoltaic Systems at Hochschule Geisenheim. *Hochschule Geisenheim University*. 2024. URL: <https://www.hs-geisenheim.de/en/research/departments/general-and-organic-viticulture/departments-of-general-organic-viticulture/vineyard-management/agrivoltaics/> (дата звернення: 01.04.2026).

Кабак Софія Святославівна,
студентка 4 курсу Одеського
національного економічного
університету
Орленко Ольга Михайлівна,
доцент кафедри економіки
підприємства та організації
підприємницької діяльності Одеського
національного економічного
університету
спеціальності 076 «Підприємництво,
торгівля та біржова діяльність»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262048>

ВПЛИВ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА МІКРОКЛІМАТ І ВРОЖАЙНІСТЬ КУЛЬТУР

У сучасних умовах дедалі гостріше постає проблема одночасного забезпечення людства продовольством, енергією та водними ресурсами. Зростання населення та кліматичні зміни посилюють навантаження на аграрні системи, які вже сьогодні споживають близько 70% світових водних ресурсів [1, с. 2]. Це формує складну взаємозалежність між водою, енергією та продовольством.

Паралельно розвиток сонячної енергетики створює конкуренцію за землю, оскільки значні площі сільськогосподарських угідь використовуються під фотоелектричні установки. У цьому контексті агровольтаїка дозволяє поєднати виробництво енергії та вирощування культур на одній ділянці [2, с. 1], що є важливим кроком до більш раціонального використання ресурсів.

Сонячні панелі суттєво змінюють умови середовища під собою. Найперше це проявляється у зменшенні рівня фотосинтетично активної радіації приблизно на 30% [4, с. 1]. Разом із цим відбуваються зміни температурного режиму та водного балансу.

Зокрема, під панелями спостерігається зниження температури ґрунту, що запобігає його перегріванню влітку. У тропічних умовах при цьому можливе локальне підвищення температури повітря через обмежену циркуляцію повітря [5, с. 1]. Водночас зменшення інтенсивності сонячного випромінювання сприяє зниженню випаровування і кращому збереженню вологи в ґрунті [1, с. 2].

Узагальнення змін мікроклімату подано у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Вплив агровольтаїки на основні параметри мікроклімату

Параметр	Характер змін під панелями
Освітлення (PAR)	зменшення приблизно на 30–37%
Температура ґрунту	зниження (приблизно на 1 °C)
Температура повітря	може знижуватися або підвищуватися залежно від вентиляції

Вологість ґрунту	підвищення
Випаровування	зменшення
Розподіл опадів	стає нерівномірним

Джерело: розроблено автором на основі [1, с. 2; 3, с. 8; 4, с. 1; 5, с. 1].

Таким чином, агровольтаїка формує змінений мікроклімат, який загалом є більш стабільним, але водночас має складний характер впливу.

Рослини активно реагують на зміну умов середовища. Зменшення освітлення стимулює їх адаптацію: вони збільшують висоту та листову поверхню, що дозволяє ефективніше використовувати доступне світло [3, с. 8]. Наочним підтвердженням цього є результати експериментальних досліджень, у яких рослини вирощувалися безпосередньо під сонячними панелями (рис. 1). У таких умовах спостерігається нормальний розвиток культур, включаючи фази цвітіння та формування плодів, що свідчить про відсутність критичного пригнічення росту.



Рисунок 1 – Агровольтаїчна установка та етапи розвитку рослин під сонячними панелями.

Примітка. вирощування Vigna radiata під агровольтаїчною системою (a – установка; b – ріст рослин; c – цвітіння; d – формування бобів)

Джерело: [2, с. 2].

У тропічному кліматі затінення може навіть покращувати фізіологічні процеси. Було встановлено, що під панелями зменшується фотопошкодження і підвищується ефективність фотосинтезу [2, с. 1]. Це пояснюється тим, що в умовах надлишкового світла і високих температур агровольтаїка виконує захисну функцію.

У помірних широтах ситуація інша: тут світло часто є обмежуючим фактором, тому його зменшення може негативно впливати на розвиток культур.

Вплив агровольтаїки на врожайність є неоднозначним. У помірному кліматі часто спостерігається зниження врожаю, що пов'язано зі зменшенням освітлення. Наприклад, зафіксовано зниження врожайності приблизно на 18–19% у перший рік вирощування під панелями [3, с. 8].

Разом із тим у спекотних умовах агровольтаїка може діяти як стабілізуючий фактор, зменшуючи тепловий і водний стрес [4, с. 1]. У тропічному кліматі ефект ще більш виражений: врожайність сої під панелями зросла на 106% у вологий сезон і на 17% у сухий [5, с. 1].

Для наочності ці результати узагальнено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Вплив агровольтаїки на врожайність у різних кліматичних умовах

Кліматичні умови	Характер впливу на врожайність	Результат
Помірний клімат	зниження приблизно на 18–19%	обмеження світла
Помірний клімат (спекотний рік)	збереження або підвищення	зменшення перегріву
Тропічний клімат (вологий сезон)	значне підвищення (до 106%)	зниження теплового стресу
Тропічний клімат (сухий сезон)	помірне підвищення (близько 17%)	збереження вологи

Джерело: розроблено автором на основі [3, с. 8; 4, с. 1; 5, с. 1].

Ці дані свідчать про те, що агровольтаїка не має універсального ефекту і її вплив визначається умовами середовища.

Агровольтаїка дозволяє ефективніше використовувати земельні ресурси та зменшувати водний стрес рослин [1, с. 2]. Вона також може підвищувати стійкість аграрних систем до кліматичних коливань. Водночас існують і ризики. Основним із них є дефіцит світла для світлолюбних культур, що може негативно впливати на їх продуктивність. Крім того, нерівномірний розподіл опадів і зміни мікроклімату можуть ускладнювати вирощування рослин [3, с. 8].

Таким чином, агровольтаїка є компромісом між енергетичною та аграрною ефективністю. Агровольтаїка є перспективним напрямом розвитку сільського господарства в умовах кліматичних змін. Вона змінює мікроклімат, впливаючи на освітлення, температуру та водний режим, що безпосередньо визначає ріст і врожайність культур. Ефективність агровольтаїчних систем залежить від клімату, типу культури та конструкції системи. У помірному кліматі можливе зниження врожайності, тоді як у тропічних умовах спостерігається її зростання.

Отже, агровольтаїка є доцільною технологією за умови адаптації до конкретних природних умов і грамотного проектування системи.

Список використаних джерел

1. Renno C., Di Marino O. Agrivoltaics across crops and technologies: a systematic review of experimental tests on yield, microclimate, and energy performance. *Energies*. 2026. Vol. 19. Art. 539. DOI: <https://doi.org/10.3390/en19020539>
2. Ukwu U. N., Muller O., Meier-Grüll M. et al. Agrivoltaics shading enhanced the microclimate, photosynthesis, growth and yields of *Vigna radiata* genotypes in tropical Nigeria. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Art. 1190. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84216-3>
3. Weselek A. The impact of agrivoltaics on crop production : doctoral dissertation. Stuttgart : University of Hohenheim, 2022. 121 p.
4. Weselek A., Bauerle A., Hartung J. et al. Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*. 2021. Vol. 41. Art. 59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>
5. Yoon S., Kim M., Han S., Lee J.-Y. Agrivoltaics in the tropics: soybean yield stability and microclimate buffering across wet and dry seasons. *Agronomy*. 2026. Vol. 16. Art. 116. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy16010116>

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА АДАПТИВНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ ГОРОХУ В УМОВАХ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

Сучасне сільськогосподарське виробництво в Україні стикається з низкою викликів, що обумовлені глобальними кліматичними змінами. Підвищення середньорічних температур, нерівномірність опадів та екстремальні погодні явища істотно впливають на стабільність вирощування зернобобових культур, зокрема гороху [1, с.5]. Агровольтаїка, що поєднує фотоелектричні панелі з посівами на спільній площі, є новаторським підходом, який одночасно забезпечує генерацію сонячної енергії та формує захисний мікроклімат для культур, чутливих до підвищених температур [2, с.352].

Горох є культурою, яка проявляє високу чутливість до спеки, особливо у фази цвітіння та формування бобів. В умовах Степу та Лісостепу України ярий горох часто потрапляє під вплив літньої посухи через дефіцит вологи у критичні фази органогенезу. Ситуація додатково ускладнюється непередбачуваністю весняних польових робіт. Як спостерігається в поточному сезоні, фізична стиглість ґрунту настає пізно, що зміщує терміни сівби на більш пізні дати. Це автоматично підставляє рослини під пік літньої спеки на етапі генеративного розвитку. Альтернативою міг би стати горох зимуючий, який ефективно використовує весняні запаси вологи та уникає червневої спеки [1, с.6]. Проте досвід поточного року показав ризикованість цього напрямку: через утворення льодової кірки на полях значна частина посівів зимуючого гороху в регіонах України була втрачена (досвід практичного землеробства, 2026).

Впровадження гороху в агровольтаїчні системи є одним із способів зменшення термічного стресу та запобігання деградації агроценозів під впливом високих температур. Доцільність такого підходу обґрунтована формуванням специфічного мікроклімату, де фотоелектричні модулі виконують роль захисного екрана, що суттєво знижує температуру поверхні ґрунту та приземного шару повітря [2, с.353].

Для такої культури, як горох, подібна зміна середовища забезпечує продовження фотосинтетичної активності навіть у періоди пікової інсоляції, що запобігає передчасному припиненню органогенезу. Разом із терморегуляцією, агровольтаїчні конструкції сприяють збереженню вологи через зменшення прямого випаровування з ґрунту, що підвищує ефективність використання водних ресурсів, особливо в умовах пізньої весни та швидкого вичерпання продуктивних запасів вологи. Загальне зниження евапотранспірації в межах системи дозволяє підтримувати стабільний і м'який гідротермічний режим, який забезпечує гомеостаз агрофітоценозу та підвищує його стійкість до абіотичних стресів сучасного клімату [3, с. 2-4].

Результати досліджень свідчать про те, що вирощування бобових культур в умовах специфічного світлового режиму агровольтаїчних систем

характеризується яскраво вираженими адаптивними особливостями. Незважаючи на зниження загальної біомаси рослин через обмеження сонячної радіації порівняно з відкритими ділянками, спостерігається суттєве покращення якісних параметрів урожаю. Зокрема, в умовах часткового затінення відбувається трансформація азотного метаболізму, що сприяє накопиченню сирого протеїну в сухій речовині бобових до рівня 25.8% проти 20.9% на контрольних посівах. Поряд із підвищенням вмісту білка, рослини, вирощені під фотоелектричними модулями, характеризуються оптимізацією вуглеводного складу, що виявляється у зниженні частки нейтрально-детергентної клітковини та одночасному зростанні показників її перетравності. Така зміна хімічного складу безпосередньо корелює з підвищенням загальної кормової та харчової цінності вирощеної продукції. Крім того, формування агровольтаїчного мікроклімату позитивно впливає на мінеральний склад фітомаси, сприяючи інтенсифікації накопичення кальцію та інших есенціальних мінеральних елементів, що додатково підтверджує біологічну цінність продукції, отриманої в умовах комбінованого землекористування [3, с. 3-6].

Для успішного вирощування гороху в таких системах необхідно враховувати архітектуру конструкцій. Оптимальна висота встановлення панелей становить від 1 до 1,5 метрів, що забезпечує достатню циркуляцію повітря. Орієнтація панелей (наприклад, схід-захід або північ-південь) має обиратися так, щоб максимізувати світловий потік у критичні фази росту гороху [2, с.353].

Підсумовуючи, можна констатувати, що впровадження агровольтаїчних систем є одним із найбільш перспективних інструментів підвищення адаптивного потенціалу та стійкості агроценозів гороху до зростаючих кліматичних викликів в Україні. Попри ймовірність певної депресії валового збору біомаси, функціонування таких систем гарантує надійний захист рослин від критичних температурних навантажень саме у вразливій фазі генеративного розвитку. Економічний ефект від застосування агровольтаїки базується на синергії вологозбереження та суттєвого покращення біохімічних параметрів продукції — зокрема зростання вмісту протеїну та покращення перетравності сухої речовини. Важливим аспектом є фінансова диверсифікація діяльності агропідприємств: стабільна генерація електроенергії дозволяє нівелювати економічні ризики, пов'язані з втратою врожаю через екстремальні погодні аномалії, такі як тривалі літні посухи або утворення льодової кірки на посівах зимуючих форм. Першочерговим завданням для подальшого наукового пошуку залишається цілеспрямована селекція генотипів гороху, морфо-біологічні особливості яких дозволяють максимально ефективно реалізувати потенціал продуктивності в умовах часткового затінення, а також розробка диференційованих схем інсталяції фотоелектричних модулів з урахуванням специфіки конкретних ґрунтово-кліматичних зон України.

Список використаних джерел

1. Аверчев О.В., Нікітенко М.П., Литвиненко О.І. Горох зимуючий як інструмент кліматично-адаптивного бобового виробництва в умовах Степу

України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Т.1, №145. С.3–12. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.1>

2. Сидякіна О. В., Подрезов І. О. Інноваційні підходи до оптимізації агровольтаїчних систем — шлях до підвищення продуктивності соняшнику. *Міжнародна міжгалузева конференція «Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні»* м. Київ, 2025. С. 351–355

3. Portner S. L., Buchanan E. S., Heins B. J., Reese M. H. Forage Biomass and Nutritive Value of Grasses and Legumes Grown Under Agrivoltaic Systems. *AgriVoltaics Conference Proceedings*. 2024. Vol. 2. URL: <https://doi.org/10.52825/agripv.v2i.979>

Мазурак Оксана Тимофіївна, доцент
кафедри екології та захисту довкілля
ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького

Ковалів Юлія Володимирівна,
студентка ЛНУВМБ, спеціальність 183
«Технології захисту навколишнього
середовища» ЛНУВМБ ім. С.З.
Гжицького

Мазурак Ростислав Андрійович,
старший викладач кафедри екології та
захисту довкілля ЛНУВМБ ім. С.З.
Гжицького

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262100>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ПОЄДНАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА СТАЛОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Агровольтаїчні системи – це інноваційний та стратегічний підхід до поєднання відновлюваних джерел енергії з сільськогосподарським виробництвом [1, с. 11]. Агровольтаїка поєднує технологію сонячних фотоелектричних систем із сільським господарством для ефективного використання земельних ресурсів. Фермери можуть вагатися щодо впровадження такого підходу подвійного використання, тому на основі аналізу було визначено чотири основні проблеми: адекватна компенсація, ринковий потенціал, невизначеність щодо врожайності та відсутність гнучких систем для різних видів сільського господарства. Вирішивши ці проблеми, можна вдосконалити технологію, щоб зробити її зручнішою та привабливішою для сільськогосподарської спільноти та краще збалансувати потреби у виробництві продовольства та відновлюваних джерел енергії.

Глобальне розширення інфраструктури відновлюваних джерел енергії часто може стикнутись з серйозною перешкодою: конкуренцією за високоякісні орні землі. У той час як багато країн прагнуть досягти цілей у декарбонізації, традиційна модель великомасштабного розвитку сонячної енергетики часто витісняє сільськогосподарське виробництво, що призводить до потенційних конфліктів між енергетикою та продовольством та призводить до непередбачених екологічних наслідків. Ця суперечність у використанні земель історично підкреслювалася тим, що спрямування сільськогосподарських ресурсів на енергетичні цілі може спричинити непрямі зміни у землекористуванні, що збільшують викиди парникових газів загалом. У відповідь на цей виклик з'явилися агровольтаїчні (AV) системи як стратегічна інновація, покликана гармонізувати виробництво сонячної фотоелектричної (PV) енергії з активним веденням сільського господарства за допомогою підходу до управління землею подвійного призначення. Розрахунки та оцінка впливу на довкілля протягом життєвого циклу показали, що такі системи мають кращі екологічні показники, ніж системи, що працюють лише з фотоелектричними

системами, їх впливом на навколишнє середовище є меншим на 15-55 % на кожну функціональну одиницю [2]. Інтегруючи виробництво енергії безпосередньо в сільськогосподарський ландшафт, агровольтаїчні системи перетворюють зв'язок між цими двома секторами з конкурентних на взаємодоповнюючі.

Технічна реалізація агровольтаїки значною мірою залежить від переходу від стандартних сонячних конструкцій до інженерних рішень, орієнтованих на потреби сільськогосподарських культур. На відміну від традиційних сонячних електростанцій, де основною метою є максимальна енергетична щільність, сучасні агровольтаїчні системи повинні ставити на перше місце фізіологічні потреби рослин, особливо щодо пропускання світла, спектральної якості та стабільності мікроклімату. Завдяки оптимізації «коефіцієнта світлової віддачі» та використанню двосторонніх фотоелектричних модулів є можливість збалансувати виробництво електроенергії з конкретними потребами різних культур у фотосинтезі [3; 4, с. 573]. Двостороння технологія є особливо ефективною в даному контексті, адже вона вловлює відбите світло від землі та рослинності, тим самим збільшуючи вихід енергії навіть тоді, коли панелі розташовані далеко одна від одної, щоб до культур потрапляло більше сонячного світла. Крім того, фізична інтеграція цих систем у середовище ферми вимагає значної структурної гнучкості. В даний час розробляються нові технології стеження та системи кріплення з великим просвітом, такі як ті, що розроблені спеціалізованими фірмами, щоб гарантувати, що енергетична інфраструктура не перешкоджатиме роботі важкої техніки та традиційним сільськогосподарським практикам (рис. 1). Ці системи дозволяють динамічно регулювати кути нахилу панелей, які можна нахилити для захисту культур від надмірної спеки або граду, або переміщувати їх для забезпечення максимального просвіту під час періоду збору врожаю.



Рис. 1. Об'єкт AgriPV [3]

З економічної та екологічної точок зору агровольтаїка демонструє кращі показники життєвого циклу порівняно з ізольованими сонячними системами або традиційними моделями ведення сільськогосподарської діяльності. Комплексні оцінки життєвого циклу (LCA) демонструють, що системи AV значно підвищують ефективність землекористування – часто вимірювану за допомогою коефіцієнта еквівалентності землі (LER) – одночасно зменшуючи вуглецевий слід, пов'язаний як з виробництвом енергії, так і з логістикою продовольства. Методології LCA для систем APV характеризуються значною неоднорідністю у виборі функціональних одиниць, визначеннях меж системи та методах оцінки впливу [5, с. 261]. Окрім зменшення викидів вуглецю, ці системи надають життєво важливі екосистемні послуги, які стають дедалі ціннішими в умовах зміни клімату.

У посушливих та напівпосушливих кліматичних умовах часткова тінь, яку створюють сонячні батареї, формує захисний мікроклімат, що зменшує випаровування ґрунту та тепловий стрес рослин. Цей ефект затінення може призвести до суттєвого зменшення потреб у зрошенні, тим самим знижуючи споживання води та підвищуючи загальну кліматичну стійкість ферми. У деяких випадках покращене утримання води та прохолодніші денні температури можуть навіть подовжити вегетаційний період для певних чутливих культур. Для того щоб досягнути максимального результату використовуючи дані системи, є типові просторово-конструктивні конфігурації агровольтаїчних (APV) систем (рис. 2), що відрізняються за способом розміщення панелей (вертикальне, надземне, міжрядне), їх орієнтацією та використанням систем відстеження сонця (одно- та двовісних).

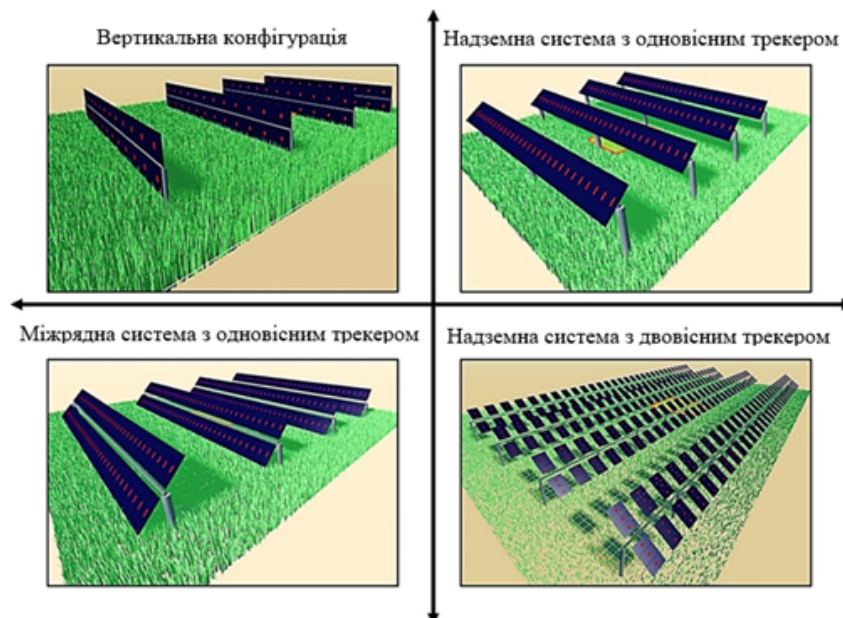


Рис. 2. Просторові моделі розміщення агровольтаїчних систем [5]

Переломним напрямком у цій галузі є концепція «регенеративної агровольтаїки», яка поєднує розвиток сонячної енергетики з практиками регенеративного землеробства. Цей підхід зосереджується на відновленні

здоров'я ґрунту, підвищенні біорізноманіття та поглинанні вуглецю в ґрунтовому профілі під панелями [6]. Тоді як традиційна агровольтаїка наголошує на ефективності землекористування, регенеративні моделі надають пріоритет довгостроковій екологічній якості ділянки, перетворюючи сонячні ферми на осередки біорізноманіття, що підтримують запилювачів, покращують вміст органічної речовини в ґрунті та ефективніше регулюють місцевий стік води. Для сільськогосподарської спільноти це є значною можливістю для економічної диверсифікації. Подвійний потік доходів – що складається з продажу традиційних сільськогосподарських культур та стабільних, незалежних від погоди доходів від сонячної енергії – діє як фінансовий буфер проти неврожаїв та волатильності ринку. Цей додатковий капітал можна повторно інвестувати у ферму для субсидування переходу до більш високотехнологічних, стійких сільськогосподарських методів, які в іншому випадку були б не вигідними.

Незважаючи на ці задокументовані переваги, широкому впровадженню агровольтаїки заважають кілька серйозних перешкод, які необхідно усунути за допомогою політичних заходів та просвітницької роботи. Експертний аналіз у сільськогосподарському секторі висвітлює глибоке занепокоєння щодо довгострокової гарантії продуктивності земель. Фермери часто сприймають встановлення сонячних панелей як ризиковане довгострокове втручання, яке може суттєво змінити структуру ґрунту, обмежити вибір культур у майбутньому або ускладнити можливе виведення об'єкта з експлуатації. Ця невизначеність посилюється відсутністю довгострокових емпіричних даних щодо стабільності врожайності в різних географічних регіонах та для різних видів культур. Крім того, нинішні ринкові структури та моделі компенсації часто не забезпечують фермерам справедливої частки прибутку від енергетики; багато бізнес-моделей досі розглядають фермерів як пасивних землевласників, а не як активних партнерів у переході до енергетики. Щоб системи АV мала успіх, потрібна система «справедливої компенсації», яка відображатиме складність та трудомісткість управління системою подвійного використання.

Крім того, низька адаптивність традиційної сонячної інфраструктури часто суперечить мінливим і динамічним потребам сучасної сільськогосподарської діяльності. Для того щоб агровольтаїка стала загальноприйнятим рішенням, необхідна гнучкість систем, які будуть спроектовані з урахуванням різних масштабів діяльності та змін у сільськогосподарських практиках протягом кількох десятиліть. Регуляторні та політичні перешкоди також залишаються значним фактором, що перешкоджає розвитку даних систем, адже багато існуючих законів про зонування, податкових стимулів та класифікацій землекористування не визнають системи подвійного призначення, часто змушуючи обирати між сільськогосподарськими субсидіями та дозволами на виробництво енергії. Це призводить до складних, фінансово затратних процесів отримання дозволів та юридичних неоднозначностей, що стримує інвестиції з боку фермерів.

Підсумовуючи, слід зазначити, що подолання розриву між відновлюваною енергетикою та сталим сільським господарством за допомогою впровадження

агровольтаїки відкриває революційні можливості для задоволення потреб у продовольстві та енергії. Потенційні переваги – підвищення продуктивності землі, пом'якшення наслідків зміни клімату, покращення стану ґрунтів та економічна диверсифікація – є значними. Однак для того щоб реалізувати цей потенціал необхідні міждисциплінарні зусилля з удосконалення технології, оновлення політичних рамок і вирішення обґрунтованих занепокоєнь сільськогосподарської спільноти щодо гнучкості та продуктивності. Зосередившись на регенеративних практиках та прозорих, орієнтованих на фермерів бізнес-моделях, агровольтаїка може трансформуватися з інноваційної пілотної концепції на визначальний аспект сталого розвитку сільських територій.

Список використаних джерел

1. Pascaris A. S., Schelly C., Pearce J. M. A first investigation of agriculture sector perspectives on the opportunities and barriers for agrivoltaics. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, no. 11. 16 p. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/12/1885>
2. Ravilla A. et al. Techno-economic and life cycle assessment of agrivoltaic system (AVS) designs. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 912. Art. 169274. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38092209/>
3. Where research and engineering are reshaping AgriPV. *REM Tec. Technologies*. URL: <https://www.remtec.energy/technologies/#AgrovoltaicoFisso>
4. Crop-specific optimization of bifacial PV arrays for agrivoltaic food-energy production: the light-productivity-factor approach / M. H. Riaz, H. Imran, H. Alam et al. *IEEE Journal of Photovoltaics*. 2022. Vol. 12, no. 2. P. 572-580. <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/229970/>
5. Nik Zad A. et al. Life cycle assessment of various agrivoltaic systems across Europe. *Sustainable Production and Consumption*. 2025. Vol. 60. P. 260 - 280. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S23525509250019>
6. Grell K. B., Parker S. S. Regenerative agrivoltaics: Challenges and opportunities in Southern California's Inland Empire region. *Energy Nexus*. 2026. Vol. 21. Art. 100661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2026.100661> (дата звернення: 10.04.2026).

Малярчук Анастасія Сергіївна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

Ревтьо Олесь Ярославівна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

Хохлов Богдан Володимирович, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня ОП «Агроінженерія» ХДАЕУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262111>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ АДАПТАЦІЇ АГРОВИРОБНИЦТВА ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Сучасний розвиток сільського господарства відбувається в умовах кліматичних змін, що проявляються підвищенням температур, зростанням частоти екстремальних погодних явищ, нерівномірністю опадів і посиленням ризиків посух. Це знижує ефективність агровиробництва, негативно впливає на врожайність культур і ускладнює забезпечення продовольчої безпеки. Особливо гостро ці проблеми проявляються в Україні, де значна частина орних земель належить до зони ризикованого землеробства, а агроландшафти південних регіонів характеризуються високою вразливістю до кліматичних ризиків [1, 2].

У таких умовах важливим завданням є пошук інноваційних рішень для адаптації аграрного сектору. Одним із перспективних напрямів є агровольтаїка — технологія одночасного використання земель для вирощування культур і генерації сонячної електроенергії. Вона підвищує ефективність використання територій і сприяє формуванню сприятливого мікроклімату завдяки частковому затіненню посівів та зменшенню випаровування вологи.

Дослідження свідчать, що агровольтаїчні системи здатні знижувати температурний стрес рослин, покращувати водний баланс ґрунту та в окремих випадках підвищувати врожайність, особливо культур, чутливих до перегріву [3, 4]. Одночасно інтеграція фотоелектричних установок сприяє розвитку відновлюваної енергетики та зменшенню викидів парникових газів, що відповідає цілям сталого розвитку [1, 5].

Впровадження агровольтаїки потребує комплексного підходу з урахуванням агротехнічних, економічних і інженерних аспектів. В Україні ця технологія перебуває на початковому етапі розвитку, що зумовлює необхідність подальших досліджень та наукового обґрунтування її ефективності.

Метою роботи є аналіз агровольтаїки як інструменту адаптації агровиробництва до кліматичних змін, оцінка її переваг і обмежень, а також визначення перспектив впровадження в умовах України.

Функціонування агровольтаїчних систем базується на подвійному використанні земель, оптимізації світлового режиму та формуванні взаємодії між рослинами і сонячними панелями. Часткове затінення зменшує негативний

вплив надмірної сонячної радіації і перегріву, тоді як транспірація рослин сприяє зниженню температури навколишнього середовища та підвищує ефективність роботи фотоелементів.

Залежно від конструктивних рішень розрізняють системи зі стаціонарними панелями, підняті конструкції та трекерні установки. Стаціонарні системи є простішими й дешевшими, однак мають обмежену адаптивність до змін освітлення. Підняті конструкції забезпечують можливість використання сільськогосподарської техніки та вирощування широкого спектра культур. Трекерні системи автоматично відстежують рух Сонця, підвищують ефективність генерації електроенергії та дозволяють регулювати рівень затінення посівів.

Технічна структура агровольтаїчних систем включає фотоелектричні модулі, опорні конструкції та елементи інтеграції з технологіями вирощування культур. Це передбачає узгодження висоти конструкцій, ширини міжрядь, маршрутів руху техніки та систем обробітку ґрунту з розміщенням панелей.

Отже, агровольтаїка є комплексним техніко-технологічним рішенням, що поєднує енергетичні й аграрні підходи та сприяє підвищенню стійкості агровиробництва в умовах кліматичних змін.

До основних кліматичних викликів належать посухи, перегрів ґрунту, ерозійні процеси та дефіцит вологи. Посушливі періоди стають тривалішими та інтенсивнішими, що призводить до зниження запасів продуктивної вологи. Збільшення кількості днів із температурою понад +30 °C негативно впливає на розвиток більшості культур, а перегрів ґрунту порушує біологічні процеси й знижує активність ґрунтової мікрофлори [2]. Одночасно посилюються ерозійні явища, зокрема вітрова ерозія в степових регіонах, що зумовлено зменшенням рослинного покриву та впливом суховіїв.

Наслідком цих процесів є зниження врожайності основних культур, підвищення нестабільності виробництва та зростання економічних ризиків для агропідприємств. Південні й частково центральні регіони України традиційно належать до зон ризикованого землеробства, де дефіцит вологи та нерівномірний розподіл опадів істотно обмежують потенціал агровиробництва. За подальшого посилення кліматичних змін без впровадження адаптаційних заходів можливе поглиблення деградації ґрунтів і зниження продуктивності агроєкосистем [6].

У цих умовах агровольтаїка розглядається як перспективний інструмент адаптації агровиробництва, особливо в посушливих регіонах. Поєднання вирощування культур із генерацією сонячної енергії підвищує ефективність використання земель і створює сприятливі мікрокліматичні умови.

Розміщення сонячних панелей над посівами сприяє частковому затіненню, що знижує температуру ґрунту та інтенсивність випаровування вологи. Це дозволяє довше зберігати продуктивну вологу в кореневмісному шарі й зменшує температурний стрес рослин, позитивно впливаючи на фотосинтетичну активність і фізіологічний стан культур [3]. У результаті формується більш стабільний водний режим агроєкосистем.

Дослідження показують, що вологість ґрунту в агровольтаїчних системах може бути на 10-30 % вищою порівняно з відкритими ділянками, що дає змогу зменшити потребу в зрошенні [4]. Для півдня України, де водні ресурси є обмеженими та дорогими, це має важливе економічне значення.

Вплив агровольтаїки на врожайність залежить від типу культур. Найбільш позитивний ефект спостерігається для овочевих, ягідних і кормових культур, які добре реагують на часткове затінення. Водночас світлолюбні культури, зокрема кукурудза або соняшник, можуть знижувати продуктивність за недостатнього рівня освітлення. Тому впровадження агровольтаїчних систем потребує оптимального підбору культур, щільності розміщення панелей і типу конструкцій.

Важливою складовою є генерація електроенергії. Фотоелектричні панелі забезпечують виробництво електроенергії для потреб господарства (зрошення, зберігання продукції, робота техніки) або її реалізацію в мережу. Це підвищує енергетичну автономність агропідприємств і створює додаткові джерела доходу.

Практичний досвід впровадження агровольтаїчних систем у різних країнах підтверджує їхню ефективність як інструменту адаптації агровиробництва до кліматичних змін, особливо в посушливих і напівпосушливих регіонах.

Одним із найбільш відомих є проєкт Університету Аризони (США), реалізований у пустельних кліматичних умовах. У межах експериментів сонячні панелі було встановлено над посівами перцю, томатів і зелені. Результати показали суттєве зростання врожайності окремих культур: урожай перцю збільшився майже утричі, тоді як споживання води зменшилося приблизно на 65 %. Це пояснюється формуванням більш прохолодного та вологого мікроклімату під панелями [3]. Подібні результати є релевантними для південних регіонів України з близькими кліматичними умовами.

Комерційне застосування агровольтаїки демонструє також проєкт Jack's Solar Garden у США, де поєднується вирощування культур із генерацією електроенергії. У цьому випадку технологія виступає не лише екологічним, а й економічним рішенням: фермери отримують додаткові доходи від продажу електроенергії або оренди земельних ділянок під фотоелектричні установки [7].

У країнах Африки, зокрема в Танзанії та Кенії, агровольтаїчні системи використовуються як інструмент підвищення продовольчої та енергетичної безпеки. Дослідження показали, що кукурудза та бобові демонструють кращу виживаність у періоди високих температур під сонячними панелями. Одночасно такі установки забезпечують електроенергією сільські громади, підвищуючи їхню автономність [8].

Світовий досвід засвідчує, що найбільший ефект агровольтаїка забезпечує саме в умовах дефіциту вологи та високих температур, що робить її перспективною для впровадження в південних регіонах України.

Разом із тим широке впровадження цієї технології супроводжується низкою обмежень. Одним із ключових стримуючих факторів є значні початкові інвестиції, пов'язані з установленням фотоелектричних модулів, монтажем

опорних конструкцій і інтеграцією енергетичних та агротехнологічних систем. Це особливо актуально для малих і середніх господарств.

Важливим викликом є також складність проектування агрогравольтаїчних систем, що потребує врахування типу культур, кліматичних і ґрунтових умов, рівня сонячної радіації та параметрів розміщення панелей. Помилки на цьому етапі можуть призвести до зниження як врожайності, так і ефективності генерації електроенергії [4].

Впровадження агрогравольтаїки потребує адаптації традиційних агротехнологій, зокрема зміни схем посіву, підбору культур, що краще реагують на часткове затінення, а також пристосування сільськогосподарської техніки до роботи в умовах наявності опорних конструкцій. Додатковим бар'єром залишається недосконалість нормативно-правового регулювання використання сільськогосподарських земель для одночасного виробництва продукції та електроенергії [6].

Попри це для України ця технологія є особливо актуальною з огляду на високий рівень сонячної радіації в південних регіонах і водночас значні кліматичні ризики. У контексті післявоєнного відновлення аграрного сектору впровадження агрогравольтаїки може стати важливим чинником підвищення його стійкості та конкурентоспроможності.

Отже, агрогравольтаїка є перспективним інструментом адаптації агровиробництва до кліматичних змін, що поєднує підвищення стабільності врожайності з можливістю генерації електроенергії. Вона сприяє покращенню мікроклімату посівів, раціональному використанню водних ресурсів і диверсифікації доходів агропідприємств.

Список використаних джерел

1. The State of Food and Agriculture 2022. Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems / FAO. Rome : FAO, 2022.
2. Climate Change 2021: The Physical Science Basis / IPCC. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021.
3. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus / G. A. Barron-Gafford, R. L. Minor, N. A. Allen et al. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848-855.
4. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes / Dupraz C., Marrou H., Talbot G. et al. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. Issue 10. P. 2725-2732.
5. Future of Solar Photovoltaic: Deployment, Investment, Technology, Grid Integration and Socio-Economic Aspects / IRENA. Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency, 2021.
6. Ukraine Climate Risk Country Profile / World Bank. Washington, DC : World Bank, 2020.
7. Developing crop-based agrivoltaic systems: A case study of Jack's Solar Garden / T. Swanson et al. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*. 2025. P. 1–18. URL: <https://doi.org/10.5304/jafscd.2025.151.010>.

8. Agrivoltaics as a climate-smart and resilient solution for midday depression in photosynthesis in dryland regions / G. A. Barron-Gafford et al. *npj Sustainable Agriculture*. 2025. Vol. 3, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s44264-025-00073-1>.

Садовов Артем Володимирович,
аспірант лабораторії ентомології та
стійкості сільськогосподарських
культур проти шкідників Інститут
захисту рослин НААН України
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262126>

ВПЛИВ АГРОФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ НА ДИНАМІКУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА СКЛАД ШКІДЛИВОГО ЕНТОМОКОМПЛЕКСУ СУНИЦІ САДОВОЇ (*FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH.) ЗА УМОВ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Сучасний стан аграрного сектору України в умовах війни вимагає впровадження сучасних енергоефективних технологій, серед яких особливе місце посідає агрофотовольтаїчні системи (APV). Ця інноваційна практика вирощування передбачає одночасне використання земельних ділянок для генерації сонячної енергії та вирощування сільськогосподарських культур. Агрофотовольтаїчні панелі слід розглядати не лише як джерело енергії, а як інструмент керування мікрокліматом, що дозволяє природним шляхом зменшувати агресивність світлолюбних шкідників, хоча це й вимагає адаптації стратегій контролю ґрунтової фауни. Суниця садова (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) є однією з найпопулярніших ягід в Україні та світі, яка належить до роду *Fragaria* родини *Rosaceae* [1, с.101]. Суниця садова (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) є продуктом схрещення двох сортів суниці: віргінської (*Fragaria virginiana*) та чилійської (*Fragaria chiloensis*), батьківщиною якої є Південна Америка. Duch. є скороченням прізвища видатного французького науковця Антуана Ніколя Дюшена (Antoine Nicolas Duchesne), який у 1766 році науково описав цей виведений гібрид ягоди і вважається його першовідкривачем, а *X ananassa* - це видова назва, що містить знак “х”, який підтверджує її гібридне походження.

За останніми відкритими статистичними даними у зв'язку з війною в Україні, частка вирощування плодів та ягід у цілісній структурі сільського господарства України становила 1,94%. Так, внаслідок активних військових дій на Півдні та Сході України продовжують не бути засіяними багато посівних площ в Донецькій, Херсонській, Луганській, Запорізькій, Сумській та Харківській областях. Окремою проблемою є мінування значних площ території України, що значно ускладнює використання земель, зокрема в аграрному секторі у т.ч. щодо безпекових можливостей встановлення агрофотовольтаїчних систем. Заміновані ділянки обмежують доступ до сільськогосподарських угідь, гальмують відновлення виробництва і потребують значних ресурсів та часу для їх очищення і подальшого безпечного використання. Разом з тим, на п'ятий рік повномасштабної війни виробництво суниці садової в Україні частково відновило свої ринкові позиції завдяки релокації бізнесу та запровадженням державним грантовим програмам підтримки фермерів у галузі садівництва, зокрема серед яких:

- Державна компенсація на реконструкцію і будівництво меліоративних систем (ДАР);
- Бюджетна субсидія для аграріїв з прифронтових територій (ДАР);
- Грант на сад (до 400 тис. грн/га, але не більше 10 млн грн на проєкт та не більше 70% вартості проєкту) (ДІЯ-бізнес);
- Грант на теплицю (для 0,4-0,6 гектара – 2 млн гривень, 0,8-1,2 гектара – 3,5 млн гривень; 1,6-2,4 гектара – 7 млн гривень) (ДІЯ-бізнес);
- Грант на власну справу (до 250 тис. грн, для окремих областей – до 500 тис. грн, для окремих видів діяльності – до 1 млн грн) (ДІЯ-бізнес).

Суниця садова (*Fragaria x ananassa* Duch.) традиційно домінує за обсягами виробництва і споживання на українському ягідному ринку. Друге місце за виробництвом серед ягідних культур посідає малина (*Rubus idaeus*), а на третьому – лохина (*Vaccinium corymbosum* L.). До повномасштабного вторгнення у тимчасово окупованій частині Херсонській області, а також інших областях Півдня України вирощувалося приблизно 40 % суниці садової. Водночас, упродовж повномасштабної війни багато фермерів включили суницю садову у своє власне виробництво. За наявними даними Держстату України з 2020 по 2024 рік площа насаджень суниці садової в Україні зменшилася з 8,6 до 7,1 тис. га. Внаслідок цього валовий збір суниці садової також скоротився з 62,3 тис. тонн у 2021 р. до 53,67 тис. тонн у 2024 р. Тобто спостерігається тенденція до зменшення виробництва ягоди в країні (рис. 1). Слід також врахувати, що в Україні 90% суниці садової вирощується в господарствах населення. Загалом плоди та ягоди є дуже важливим елементом раціону населення, проте фактичне їх споживання в Україні (59 кг на людину/рік) залишається низьким і вдвічі поступається рівню споживання у країнах ЄС.

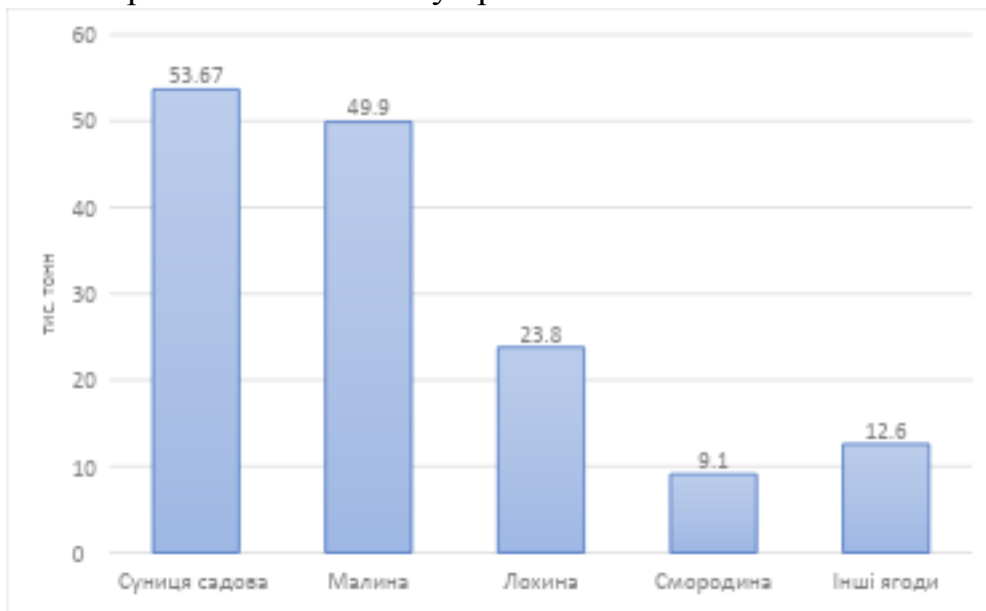


Рис. 1. Виробництво ягід в Україні у 2024 р. (тис. тонн).

За аналітичними даними FAOSTAT світовий попит на суницю продовжує постійно зростати. Китай, США та Єгипет посідають трійку лідерів за виробництвом суниці у світі. Китай виробляє більше 4 мільйона тонн суниці.

Дані звіту FAO свідчать, що Китай посідає перше місце з виробництва суниці з далекого 1994 року. На другому місці Сполучені Штати Америки, які виробили близько 1,3 мільйона тонн суниці. Третє місце посідає Єгипет, випереджаючи Туреччину [2] (рис. 2).

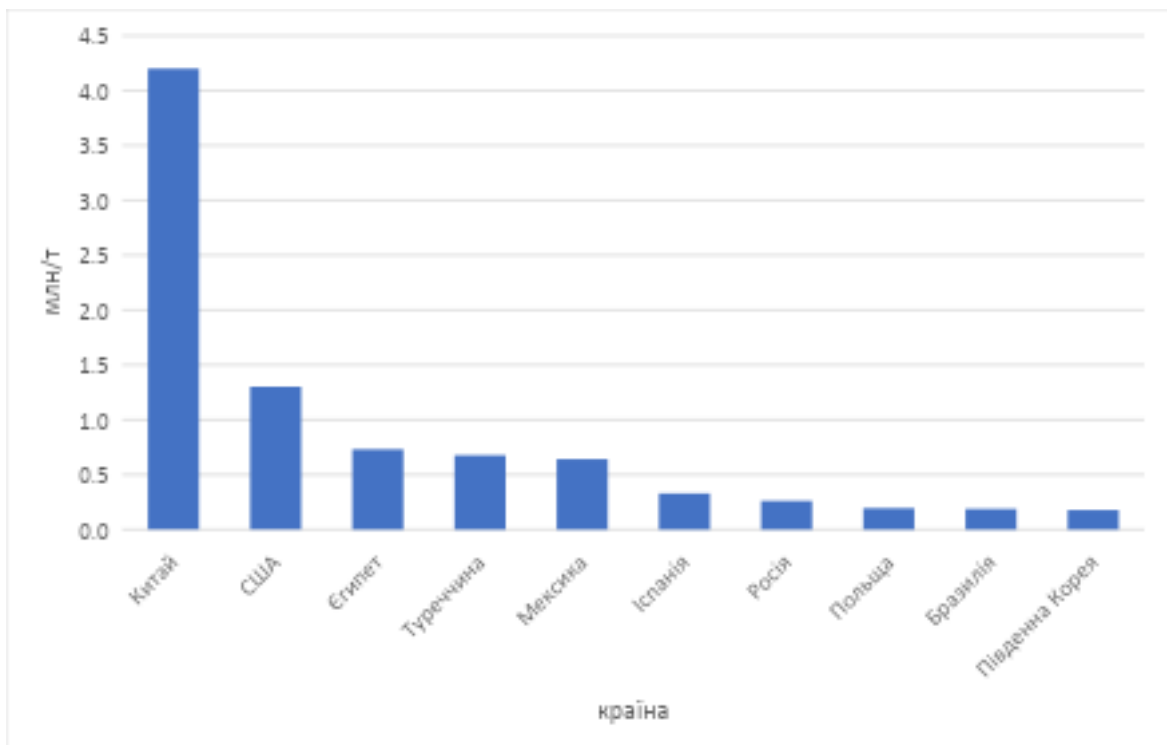


Рис.2. Виробництво ягід суниці садової у світі у 2024 р.

Основна частка світового виробництва суниці садової припадає саме на країни Азії і становить 48,7%, що свідчить про домінування цього регіону, насамперед завдяки Китаю як провідного виробника. Американський континент займає 25% глобального виробництва, демонструючи високу ефективність вирощування та розвинену інфраструктуру переробки, зокрема у США та Мексиці. Європа забезпечує лише 16,3% світового обсягу, маючи стабільне виробництво, орієнтоване на якість продукції. Африка виробляє 9,2% суниці, і цей показник поступово зростає завдяки розвитку сектору в Північній Африці (особливо Єгипту і Марокко). Найменшу частку займає Океанія – 0,8%, де виробництво спрямоване переважно на задоволення внутрішнього попиту (рис. 3) [3].

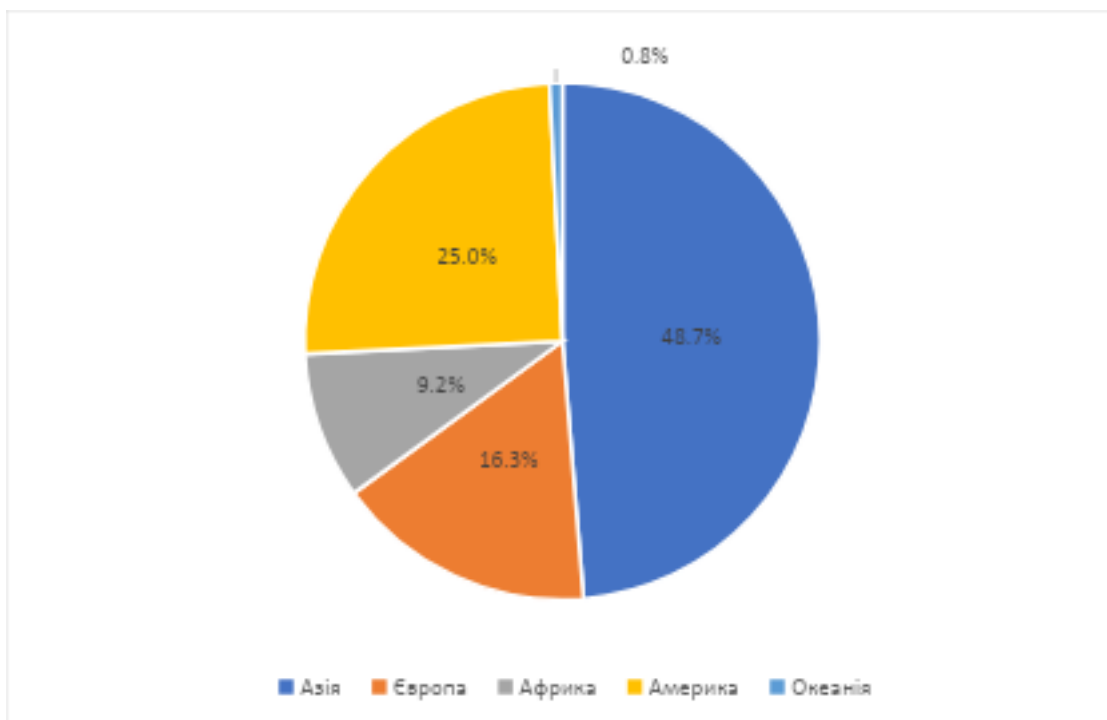


Рис. 3. Виробництво ягід суниці садової за регіонами світу у 2024 р.

Додатково слід відзначити, що у Китайській Народній Республіці лише три провінції забезпечують понад 60 відсотків виробництва суниці в цій країні: Хебей, Шаньдун та Ляонін. Штат Каліфорнія виробляє 90 відсотків врожаю суниці у Сполучених Штатах Америки, а Флорида, Орегон, Північна Кароліна та Мічиган останні 10 відсотків. У Єгипті Ісмаїлія, Бейхейра та Калуобія є регіонами, які виробляють найбільше суниці.

Україна посідає 21 місце у світі за виробництвом суниці. Хоча виробництво суниці садової у багатьох країнах залишається популярним, дедалі більше на її вирощування впливає зміна клімату, яка створює комфортний природний ареал для розповсюдження багатьох видів шкідників, котрі знижують врожаї, що призводить до перевищення попиту над пропозицією в деяких країнах. У зв'язку з цим, нагальною потребою є постійне удосконалення системи захисту суниці садової від шкідливого ентомокомплексу. Враховуючи те, що суниця садова (*Fragaria x ananassa* Duch.) це культура, яка потребує точних термінів збору врожаю та швидкого охолодження для транспортування, більшість суниці садової у світі не відправляється далеко від місць її вирощування, якщо бракує достатніх ресурсів для замороження та доставки на експорт, і є більше орієнтованою культурою саме на внутрішній ринок.

Встановлення фотоелектричних панелей над посівами змінює ключові параметри мікроклімату, зокрема знижує температуру, інтенсивність прямих сонячних променів та випаровування, а також підвищує вологість ґрунту й повітря. Зниження швидкості вітру та випаровування під панелями призводить до стабільного підвищення відносної вологості повітря на 12–18% порівняно з відкритим полем [4, с.120]. Незважаючи на активний розвиток досліджень з використанням агрофотовольтаїки, прямі емпіричні дослідження, присвячені впливу агрофотовольтаїчних систем на шкідників суниці садової, майже

відсутні. Таким чином, формується певна наукова прогалина, що потребує додаткових міждисциплінарних досліджень на перетині ентомології, екології та відновлюваної енергетики.

Агроценоз суниці садової є доволі складною екосистемою, у якій формуються стійкі зв'язки між культурою та фітофагами. Контроль шкідників цієї ягоди виступають дуже важливим регуляторним чинником її продуктивності, впливаючи на фізіологічний стан рослин і якість врожаю для фермера. Відомо, що популяційна динаміка шкідників суниці (зокрема попелиць, трипсів, слимаків) значною мірою визначається температурними умовами. У цьому контексті зміни мікроклімату під фотоелектричними панелями можуть суттєво впливати на взаємодії в агроекосистемі і у свою чергу на показник врожайності ягоди. Стандартні APV-системи не завжди забезпечують ефективний контроль шкідників без додаткових заходів контролю шкідників (наприклад, використання інсект-сіток, встановлення пасток).

Впровадження APV панелей суттєво зменшить шкодочинність Оленки волохатої (*Epicometis hirta* Poda.), активний літ якої розпочинається при температурі +15 °C – +18 °C і вище. Дефіцит прямого ультрафіолету під панелями насамперед створить ефект світлового затінення для квіток суниці. Упродовж травня-червня самки шкідника відкладають яйця у ґрунт. Кожна самка відкладає до 20 яєць [5, с.216], [6, с.45]. Аналогічна тенденція простежуватиметься і щодо Пильщика суничного (*Allantus cinctus*), чий репродуктивний цикл уповільнюється через відсутність температурних піків на поверхні листка [7, с.215]. Малиново-суничний довгоносик (*Anthonomus rubi*) є одним з найнебезпечніших шкідників для суниці, його активність у весняний період (фаза бутонізації) напряму корелює з прогріванням верхнього шару повітря над ґрунтом. Затримка ранкового прогрівання промислових насаджень під панелями більше ніж на 2 години скоротить активність шкідника для підгризання квітконосів.

Щодо ризофагів, які живляться корінням суниці садової, таких як хрущ травневий (*Melolontha melolontha* L.) та комплекс Коваликів (*Agriotes spp.*), ситуація виглядає складнішою, але контрольованою (рис. 4). З одного боку, стабільна вологість ґрунту під панелями сприятиме виживанню личинок. З іншого боку, відсутність перегріву ґрунту у червні-липні робить ці ділянки менш привабливими для самок хруща під час яйцекладки. Таким чином, APV панелі можуть виступати фактором деконцентрації шкідників ґрунту, відтісняючи їх на периферію промислових насаджень. Попри ризики локального перезволоження, що сприяє концентрації та розповсюдження слимаків (*Deroceras reticulatum*), архітектура APV дозволяє конвертувати цей виклик у перевагу: передбачуваність зон стоку опадів під панелями дає змогу відмовитися від хімічних методів захисту на користь точкового моніторингу та пасток з атрактантами. Додатковою перевагою є впровадження бар'єрних та клейових систем на опорних конструкціях панелей з нанесенням спеціальних липких стрічок або репелентних гелів на вертикальні стійки [8, с.15].

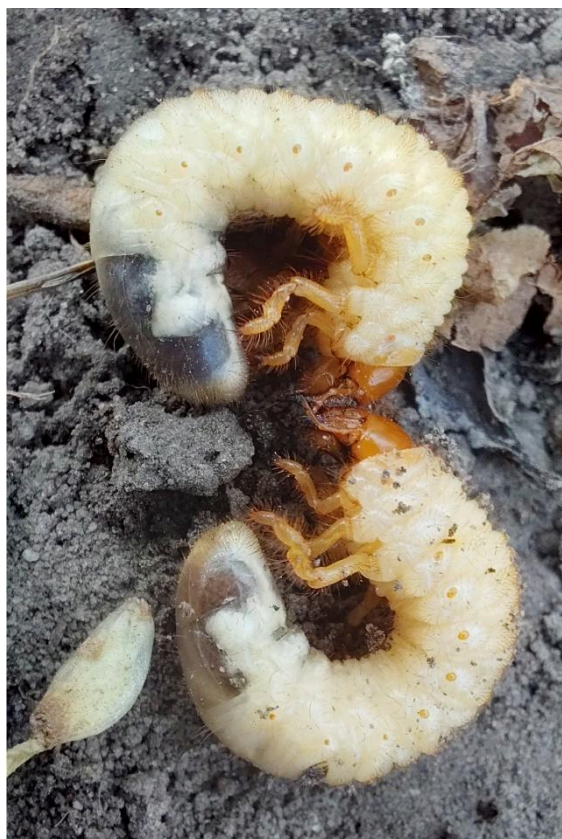


Рис.4. Личинки хруща травневого (*Melolontha melolontha* L.) у ґрунті промислових насаджень. Автор фото: Артем Садовов

Агрофотовольтаїка – це не лише крок до енергонезалежності фермерського господарства, а й перехід до нового підходу в системі захисту рослин. Можна висунути наукове припущення, що основним викликом залишається контроль вологолюбних шкідників та адаптація біологічного захисту до умов штучного затінення від сонця, спричиненого встановленими панелями у промислових насадженнях. Агрофотовольтаїка потенційно може як знижувати шкідливість окремих видів фітофагів через стабілізацію мікроклімату та сприяти посиленню біологічного контролю, так і створювати умови для зміни видового та чисельного складу шкідників. Подальші дослідження мають бути спрямовані на кількісну та якісну оцінку цих ефектів для суниці садової (*Fragaria x ananassa* Duch.) з використанням агрофотовольтаїчних панелей, з урахуванням регіональних кліматичних умов, порівняння сортів рослин (червненого плодоношення, ремонтантних сортів), а також технологій вирощування.

Список використаних джерел

1. Гель І.М., Рожко І.С. Суниця: біологія, сорти, технології вирощування та переробки (укр.). Львів, 2012. Український бестселер. С. 101.
2. World's Leading Strawberry Production Countries. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.fao.org/faostat/en>
3. Food and Agricultural Organization. Statistical Data Base. Crops. FAO: Rome, Italy, 2024

4. Кривко П. І. Біологічний захист суниці садової від кліщів-фітофагів у закритому та напівзакритому ґрунті. К.: Нора-прінт, 2023. С. 120.

5. Яновський Ю. П., Воеводін В. В., Лапа О. М., Чепернатий Є. В., Ягідництво: навч. посіб. / за ред. Ю. П. Яновського, О. М. Лапи. К.: Колобіг, 2009. С. 216.

6. Бабаєва Г. О. Аналіз ентомофауни ягідників у затінених агроєкосистемах. Аграрна наука та практика, 2024. № 4. С. 45–58.

7. Шевчук І. В., Москаленко Ю. П. Шкідники та хвороби суниці садової: атлас-визначник. Харків : Основа, 2022. С. 215.

8. Дроздов С. В. Цифрові рішення в моніторингу шкідників. Агротехніка та енергоефективність. 2025. № 3. С. 15–22.

Сидякіна Олена Вікторівна, доцент
кафедри рослинництва та агроінженерії
ХДАЕУ

Житков Сергій Сергійович, старший
викладач кафедри агроінженерії ОДАУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262142>

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СИСТЕМАХ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Глобальні кліматичні зміни, які проявляються у підвищенні середньорічних температур, зростанні частоти посух і нерівномірному розподілі опадів, ускладнюють ведення сільськогосподарського виробництва. У багатьох регіонах світу, зокрема в Україні, спостерігається зниження стабільності врожайності вирощуваних культур через дефіцит вологи, перегрівання ґрунту та посилення температурних стресів у рослин. За таких умов постає необхідність впровадження нових підходів до організації агровиробництва, спрямованих на забезпечення продовольчої безпеки та раціональне використання земельних ресурсів.

Одним із перспективних напрямів є агровольтаїка – інтегрована система, яка поєднує виробництво сільськогосподарської продукції з генерацією електроенергії за допомогою сонячних фотоелектричних панелей (рис. 1). Такий підхід сприяє підвищенню ефективності використання земельних ресурсів, оскільки одна й та сама територія використовується одночасно для аграрного виробництва та енергетики. Крім того, сонячні панелі можуть впливати на мікроклімат агроценозів та створювати часткове затінення, яке зменшує перегрівання ґрунту та інтенсивність випаровування [1].

З огляду на зазначене, дослідження агротехнологічних особливостей вирощування культур у системах агровольтаїки є важливим напрямом сучасної аграрної науки. Особливого значення набуває вивчення впливу таких систем на формування мікроклімату посівів, водний режим ґрунту та продуктивність рослин.

Однією із важливих особливостей агровольтаїчних систем є зміна мікрокліматичних умов у межах агроценозу. Розміщення фотоелектричних панелей над посівами створює неоднорідний світловий режим, який характеризується чергуванням зон прямого освітлення та часткового затінення. Такий ефект може суттєво впливати на фізіологічні процеси рослин, у тому числі на фотосинтез, транспірацію та водоспоживання.

Результати досліджень засвідчують, що у системах агровольтаїки температура поверхні ґрунту в середньому знижується на 2–3 °С порівняно з відкритими ділянками. Це обумовлено частковим екрануванням сонячної радіації фотоелектричними панелями. Зниження температури ґрунту сприяє зменшенню інтенсивності випаровування вологи, що є особливо важливим у посушливих умовах [2].

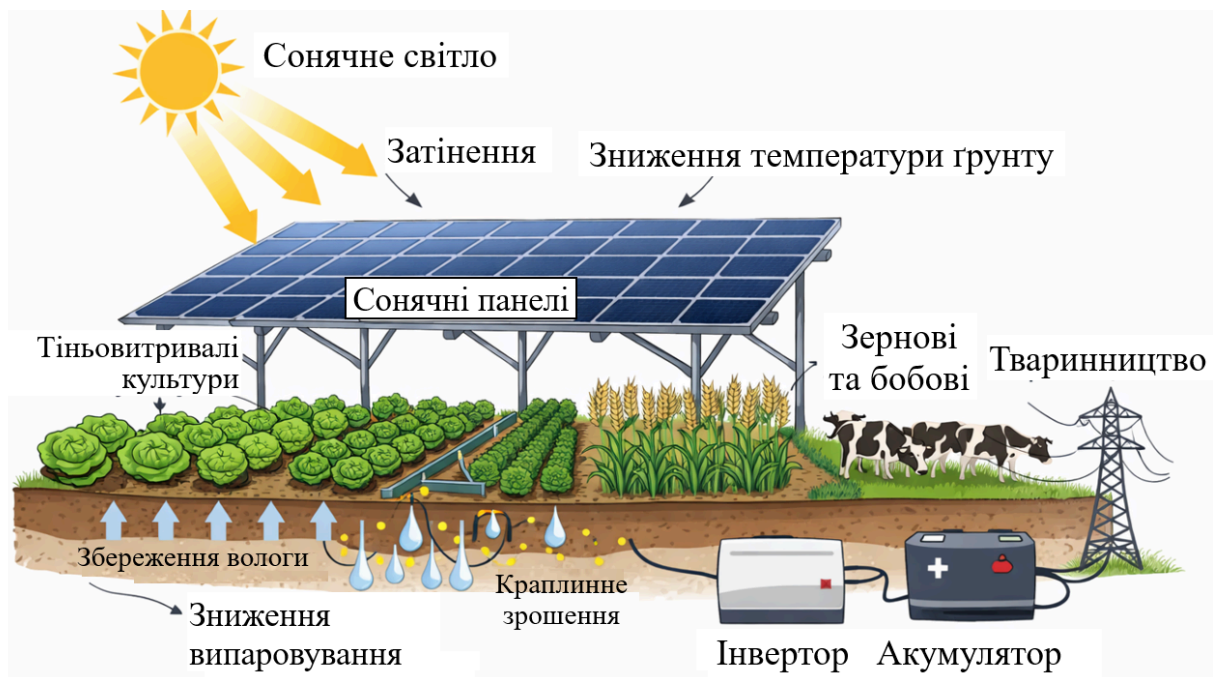


Рис. 1. Виробництво енергії та сільськогосподарське використання земельних ресурсів

Крім того, затінення від сонячних панелей знижує інтенсивність транспірації рослин, що сприяє більш ефективному використанню ґрунтової вологи. Як результат, рослини зазнають меншого водного стресу, особливо у періоди надмірно високих температур. Завдяки цьому вдається максимізувати врожайний потенціал навіть таких культур, розвиток яких традиційно лімітується тепловим стресом [3].

Важливим є також вплив агровольтаїчних конструкцій на швидкість вітру та відносну вологість повітря. Сонячні панелі частково виконують функцію бар'єру, зменшують швидкість повітряних потоків та створюють більш стабільний мікроклімат у посівах. Так, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що фотоелектричні панелі у системах агровольтаїки зменшують швидкість вітру приблизно на 24% і підвищують відносну вологість повітря близько на 5%, що сприяє формуванню більш стабільного мікроклімату та зменшенню евапотранспірації [4]. Прогностичне моделювання для країн Північної Європи показало, що ряди сонячних панелей діють як вітрозахисні бар'єри, здатні зменшувати швидкість вітру в зоні посівів сільськогосподарських культур у середньому на 29%, а за певних напрямків вітру – значно більше [5].

Ефективність функціонування агровольтаїчних систем значною мірою визначається правильним добором сільськогосподарських культур та адаптацією агротехнологій до умов зміненого світлового режиму. Найбільш придатними для вирощування у таких системах є культури, що характеризуються підвищеною тіньовитривалістю або здатністю адаптуватися до часткового затінення. До них належать окремі овочеві культури (салат, шпинат, різні види капусти), кормові трави, а також деякі зернові та бобові

культури, зокрема пшениця (*Triticum aestivum*), рис (*Oryza sativa*), кукурудза (*Zea mays*) і соя (*Glycine max*) [6].

Важливим елементом агротехнології в умовах агровольтаїчних систем є оптимізація густоти стояння рослин. За умов часткового затінення доцільним є зменшення густоти посівів, що сприяє поліпшенню освітленості рослин, зменшенню конкуренції за ресурси та формуванню більш сприятливих умов для їх росту і розвитку. Крім того, параметри міжрядь можна коригувати залежно від схеми розміщення фотоелектричних панелей і конструктивних особливостей агровольтаїчної системи [7].

Особливого значення в умовах агровольтаїчних систем набуває управління водним режимом посівів. Часткове затінення від сонячних панелей сприяє зменшенню інтенсивності випаровування та збереженню ґрунтової вологи, що створює передумови для оптимізації режимів зрошення та більш раціонального використання водних ресурсів. У регіонах з обмеженим водозабезпеченням такі умови розглядаються як важлива перевага агровольтаїчних систем, оскільки сприяють підвищенню ефективності водокористування в агровиробництві [8].

В умовах кліматичних змін агровольтаїчні системи розглядаються як перспективний напрям підвищення стійкості аграрного виробництва. Поєднання вирощування сільськогосподарських культур із генерацією відновлюваної енергії сприяє диверсифікації економічної діяльності аграрних підприємств і підвищенню стабільності розвитку сільських територій. Інтегроване використання земельних ресурсів забезпечує більш високу загальну ефективність землекористування порівняно з їх окремим застосуванням для аграрних або енергетичних потреб. За оцінками дослідників, сумарна продуктивність землі в агровольтаїчних системах може перевищувати показники традиційних форм використання територій [7, 8].

Для України розвиток агровольтаїки має значний потенціал, особливо в південних і центральних регіонах, де поєднуються сприятливі умови для генерації сонячної енергії та зростає потреба у підвищенні адаптивності агровиробництва до посушливих умов. Запровадження таких систем може сприяти зміцненню енергетичної автономності аграрного сектору та зменшенню впливу кліматичних ризиків на стабільність виробництва.

Таким чином, агровольтаїка розглядається як перспективний напрям розвитку сучасного агровиробництва, що поєднує вирощування сільськогосподарських культур із генерацією відновлюваної енергії. Розміщення сонячних панелей над посівами змінює мікроклімат агроценозів, знижує температуру ґрунту та інтенсивність випаровування вологи, що сприяє зниженню негативного впливу водного стресу на рослини. Ефективність таких систем залежить від адаптації агротехнологій, зокрема оптимізації густоти стояння рослин, добору культур, толерантних до часткового затінення, та раціонального управління водними ресурсами. Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення оптимальних параметрів розміщення фотоелектричних панелей і розроблення адаптованих технологій вирощування культур для різних ґрунтово-кліматичних умов.

Список використаних джерел

1. Omer A. A. A., Li M., Zhang F., Hassaan M. M. E., Kolaly W. E., Zhang X., Lan H., Liu J., Liu W. Impacts of agrivoltaic systems on microclimate, water use efficiency, and crop yield: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2025. Vol. 221. P. 115930. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115930>.
2. Jung D., Schönberger F., Spera F. Effects of Agrivoltaics on the Microclimate in Horticulture. *Enhancing Resilience of Agriculture in Semi-Arid Zones : AgriVoltaics Conference Proceedings*, 2024. 8 p. DOI: <https://doi.org/10.52825/agripv.v2i.1033>.
3. Barron-Gafford G. A., Murphy P., Salazar A., Lepley K., Rouini N., Barnett-Moreno I., Macknick J. E. Agrivoltaics as a climate-smart and resilient solution for midday depression in photosynthesis in dryland regions. *Sustainable Agriculture*. 2025. Vol. 3(32). 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44264-025-00073-1>.
4. Renno C., Di Marino O. Agrivoltaics Across Crops and Technologies: A Systematic Review of Experimental Tests on Yield, Microclimate, and Energy Performance. *Energies*. 2026. Vol. 19(2). P. 539. DOI: <https://doi.org/10.3390/en19020539>.
5. Honningdalsnes E. H., Marstein E. S., Lindholm D., Bonesmo H., Riise H. N. Wind sheltering in vertical agrivoltaics can increase crop yields: A modeling study for Northern Europe. *Energy Nexus*. 2025. Vol. 19. P. 100516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100516>.
6. Priya M., Sandler H. A., Jeranyama P., Nayyar H., Mupambi G. Connecting agriculture and renewable energy: insights into microclimatic changes, physiological, biochemical, and yield responses under agrivoltaics: a review. *Frontiers in Horticulture*. 2026. Vol. 5. 26 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fhort.2026.1645374>.
7. Сидякіна О. В., Подрезов І. О. Інноваційні підходи до оптимізації агровольтаїчних систем – шлях до підвищення продуктивності соняшнику. *Стратегія розвитку агровольтаїки: стан виклики та кроки впровадження в Україні* : Матеріали Міжнародної міжгалузевої конференції, 8 квітня 2025 р. Київ, 2025. С. 351–355.
8. Barron-Gafford G. A., Pavao-Zuckerman M. A. Minor R. L., Sutter L. F. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848–855.

Shepel Andrii Vasylovych, Associate Professor of the Department of Agriculture, Kherson State Agrarian and Economic University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262162>

CO-UTILIZATION OF AGRICULTURAL LAND, WATER BODIES, AND IRRIGATION INFRASTRUCTURE FOR THE DEPLOYMENT OF SOLAR ENERGY SYSTEMS IN THE FORMAT OF AGRIVOLTAICS

Modern challenges of energy security and food sustainability necessitate the development of integrated approaches to natural resource management. In this context, agrivoltaics is gaining increasing relevance as an innovative approach that combines agricultural production with solar energy generation within the same land area. This approach aligns with the principles of sustainable development and enhances land-use efficiency.

Particular attention should be paid to the potential use not only of arable land but also of water bodies (aquaculture ponds) and elements of reclamation infrastructure (irrigation canals) for the installation of photovoltaic modules [1, p. 4].

The aim of this study is to generalize theoretical and applied aspects of the co-utilization of agricultural land, water bodies, and hydraulic infrastructure for the implementation of agrivoltaic systems.

The main objectives of the study include: analysis of global approaches to agrivoltaic systems; identification of the specific features of solar panel placement across different land-use types; assessment of potential benefits and risks; formulation of recommendations for implementation in Ukraine.

Agrivoltaics involves the simultaneous use of land for crop cultivation and electricity generation using photovoltaic systems. Scientific research in the field of renewable energy demonstrates that the optimal placement of solar panels can reduce moisture evaporation, protect crops from overheating, and increase the productivity of certain plant species.

At the same time, the efficiency of agrivoltaic systems largely depends on the spatial configuration of panels, their height above ground level, and the degree of shading. On arable land, agrivoltaics is implemented through the installation of elevated solar panel structures, allowing for continued soil cultivation and crop production. Such systems are most suitable for: forage crops; shade-tolerant vegetables; perennial plantations. From a land management perspective, it is essential to ensure rational land use without changing its designated purpose [2].

The deployment of floating solar power plants on water bodies (ponds) represents a promising direction in agrivoltaic development. These systems offer several advantages: reduction of water evaporation; limitation of algae growth due to shading; increased efficiency of photovoltaic modules through natural cooling. This approach is actively studied within the field of aquaculture, where moderate shading has been shown to have no negative impact on most fish species and may even improve their living conditions.

The installation of solar panels over irrigation canals makes it possible to: reduce water losses due to evaporation; improve the efficiency of infrastructure use; minimize the withdrawal of productive land from agricultural circulation. Moreover, such systems can be integrated into existing reclamation networks, which corresponds to modern trends in land reclamation development [3, p. 5].

The co-utilization of resources provides: diversification of farmers' income; enhancement of energy independence; reduction of anthropogenic environmental pressure. At the same time, several constraints exist, including: high initial investment costs; regulatory and legal barriers; the need to adapt technologies to local conditions.

Agrivoltaics represents a promising direction of integrated natural resource management, enabling the efficient combination of agricultural production and renewable energy generation. The use of arable land, water bodies, and irrigation canals creates favorable conditions for comprehensive territorial development and increased resource potential.

For the successful implementation of such systems in Ukraine, it is necessary to: improve the regulatory and legal framework; develop standard technical solutions; stimulate investment in renewable energy; conduct scientific research considering regional characteristics. The integration of agriculture and energy based on the principles of sustainable development opens new opportunities for building a competitive and environmentally oriented economy.

References

1. Maity, R., Hariram, N. P., Quazi, M. M., & Sudhakar, K. (2025). Agrivoltaic systems for sustainability: An overview of emerging trends and practices. *Solar Compass*, vol.16, 100148, pp.1-21. <https://doi.org/10.1016/j.solcom.2025.100148>
2. Mamun, M. A. A., Dargusch, P., Wadley, D., Zulkarnain, N. A., & Aziz, A. A. (2022). A review of research on agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 161, 112351. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>
3. Zahrawi, A., & Aly, A. M. (2024). A review of agrivoltaic systems: Addressing challenges and enhancing sustainability. *Sustainability*, vol. 16 (18), 8271, pp.1-36. <https://doi.org/10.3390/su16188271>

УДК 631.1:620.9:626.8:639.3

5. ЕКОНОМІКА, ФІНАНСИ, СТРАХУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

Акулова Тетяна Сергіївна, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 3 курсу Факультету менеджменту, обліку та інформаційних технологій Одеського національного економічного університету, спеціальність D3 «Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., доцент Одеського національного економічного університету Карпенко Ю. В.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262261>

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПРОЄКТІВ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Сучасний стан глобальної енергетики вимагає переходу до мультифункціонального використання територій, що дозволяє нівелювати конфлікт між генерацією відновлюваної енергії та сільським господарством. Агровольтаїка стає відповіддю на виклики дефіциту земельних ресурсів, пропонуючи технологічне поєднання фотоелектричних систем із рослинництвом або тваринництвом. Впровадження таких інновацій потребує нових управлінських підходів, що базуються на засадах сталого розвитку та інтегрованого менеджменту якості.

Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки в умовах кліматичних змін. Традиційні підходи до управління сонячними електростанціями часто ігнорують екологічний стан ґрунтів та інтереси аграрного сектору, що створює бар'єри для сталого розвитку територій. Розробка комплексних критеріїв якості для агровольтаїчних проєктів дозволяє оптимізувати ресурсоспоживання та підвищити економічну стійкість сільських громад.

Метою дослідження є визначення ключових показників якості агровольтаїчних проєктів та обґрунтування механізмів їх управління для досягнення синергії між енергетичною ефективністю та сталим землекористуванням.

Управління якістю в агровольтаїчних проєктах базується на інтегрованому менеджменті екосистемних послуг. Згідно з підходами до інноваційного ландшафту сталого розвитку, першочерговим індикатором якості на етапі проектування є ефективність використання земельних ресурсів (Land Use Efficiency). Ключовим показником у цьому контексті виступає коефіцієнт еквівалентності землі (Land Equivalent Ratio - LER) [1]. Показник LER розраховується як сума відносної врожайності сільськогосподарських культур

та відносної генерації електроенергії на одній ділянці. Якщо значення LER перевищує одиницю, проєкт вважається успішним з погляду менеджменту ресурсів, оскільки сукупна продуктивність системи є вищою, ніж при роздільному використанні земель під енергетику та агровиробництво.

Економічний аспект управління якістю традиційно базується на показнику LCOE (Levelized Cost of Electricity) - нормованій вартості електроенергії. У контексті агровольтаїки, LCOE відображає капітальні та операційні витрати на встановлення конструкцій, які адаптовані під потреби фермерства (збільшена висота опор, спеціальний кут нахилу панелей). Якість управлінського рішення тут полягає у досягненні конкурентної вартості енергії при забезпеченні вільного доступу сільськогосподарської техніки до ґрунту [2]. Таким чином, мінімізація LCOE не повинна відбуватися за рахунок обмеження аграрних операцій, що є критичним для довгострокової стійкості об'єкта.

Паралельно з енергетичними метриками, в управлінні якістю проєктів має бути врахований специфічний показник LCOF (Levelized Cost of Food) - нормована вартість продовольства [3]. Цей індикатор дозволяє оцінити вплив енергетичної інфраструктури на собівартість вирощеної продукції. Якісний агровольтаїчний проєкт спрямований на стабілізацію або зниження LCOF завдяки синергетичним ефектам, таким як захист рослин від екстремальних погодних явищ (граду, надмірного сонячного випромінювання) та зменшення витрат на іригацію. Це гарантує продовольчу безпеку та економічну стабільність сільськогосподарського підприємства.

Реалізація механізму управління якістю в агровольтаїці базується на застосуванні циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act), адаптованого до специфіки аграрного сезону. На етапі планування здійснюється інтегроване моделювання систем за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для прогнозування світлового режиму. Виконавчий механізм передбачає використання трекерних систем, що автоматично коригують кут нахилу панелей залежно від фаз вегетації рослин. Контрольна функція реалізується через постійний аудит критичних точок: врожайності, технічного стану обладнання та показників деградації ґрунту. Такий зациклений механізм дозволяє оперативно вносити корективи в операційну діяльність, забезпечуючи сталий результат протягом усього життєвого циклу проєкту [4; 5].

Важливим компонентом сталого розвитку в управлінні проєктами є моніторинг та оптимізація водного балансу. Ефект часткового затінення від фотоелектричних модулів дозволяє суттєво знизити рівень евапотранспірації - випаровування вологи з поверхні ґрунту та рослин. В умовах глобальної зміни клімату управління якістю водних ресурсів стає стратегічною перевагою, оскільки дозволяє економити до 20-30% поливної води без втрати врожайності [2, 3]. Це вимагає від менеджменту впровадження інтегрованих систем моніторингу (IoT-датчиків), що дозволяють відстежувати рівень вологості в режимі реального часу.

Екологічний складник управління якістю також включає мінімізацію негативного впливу на біорізноманіття та стан ґрунтів. На відміну від традиційних наземних сонячних станцій, які часто призводять до деградації

земель, агровольтаїчні системи сприяють збереженню родючості через запобігання вітровій та водній ерозії. Відповідно до стандартів екологічного менеджменту серії ISO 14001, процес управління має включати регулярні аудити стану ґрунтового покриву та біологічного різноманіття на ділянці [4]. Такий підхід забезпечує відповідність проєкту глобальним стандартам екологічної відповідальності.

Соціальний аспект управління на засадах сталого розвитку реалізується через підтримку життєздатності сільських громад та створення нових робочих місць у високотехнологічному секторі. Якість проєкту оцінюється за рівнем залученості місцевих стейкхолдерів та можливістю отримання фермерами додаткового доходу від продажу електроенергії. Інтеграція енергетики в агросектор дозволяє господарствам досягти енергетичної незалежності, що підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку [5]. Це робить агровольтаїку не просто технологічним рішенням, а моделлю соціально-економічного розвитку території.

Отже, впровадження агровольтаїчних проєктів потребує якісно нової моделі управління, що базується на інтеграції енергетичних, аграрних та екологічних індикаторів. Визначені ключові показники якості, такі як LER, LCOE та LCOF, дозволяють об'єктивно оцінити ефективність агровольтаїчних проєктів та забезпечити необхідну синергію між генерацією чистої енергії та збереженням врожайності. Механізми управління, що ґрунтуються на цифровому моніторингу мікроклімату та дотриманні стандартів сталого землекористування, виступають гарантом довгострокової родючості ґрунтів та раціонального водокористування. Такий підхід трансформує агровольтаїку з технічного рішення у стратегічний інструмент сталого розвитку, що балансує економічні інтереси стейкхолдерів із вимогами екологічної безпеки. Гармонізація цих складників забезпечує не лише енергетичну незалежність господарств, а й глобальну стійкість продовольчих систем у мінливих кліматичних умовах.

Список використаних джерел:

1. Innovation landscape for sustainable development powered by renewables [Електронний ресурс] // IRENA. - Режим доступу: <https://www.irena.org> (дата звернення: 3.04.2026).
2. Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. Guidelines for Germany [Електронний ресурс] // Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). - Режим доступу: <https://www.ise.fraunhofer.de> (дата звернення: 3.04.2026).
3. The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture [Електронний ресурс] // FAO. - Режим доступу: <https://www.fao.org> (дата звернення: 3.04.2026).
4. Environmental management systems — Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (дата звернення: 3.04.2026).

5. Dinesh H., Pearce J. M. The potential of agrivoltaic systems [Электронный ресурс] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення: 3.04.2026).

Аркушенко Катерина Андріївна,
здобувач вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня, 2 курсу
Факультету менеджменту, обліку та
інформаційних технологій Одеського
національного економічного
університету, спеціальність D3
«Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., доцент
кафедри менеджменту організацій
Одеського національного економічного
університету Волчек Р. М.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262287>

ОСОБЛИВОСТІ ПОРТФЕЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАІЧНИМИ АКТИВАМИ

Агровольтаїка як інноваційна технологія поєднання виробництва електроенергії та сільськогосподарської продукції на одній земельній ділянці набуває особливого значення для України в умовах енергетичної кризи, зміни клімату та необхідності раціонального використання обмежених земельних ресурсів. Портфельне управління такими активами дозволяє не лише диверсифікувати ризики, а й забезпечити стабільну дохідність за рахунок синергії енергетичної та аграрної складових.

Актуальність дослідження зумовлена недостатнім рівнем розробки теоретичних і практичних аспектів управління агровольтаїчними портфелями в українських умовах, зокрема з урахуванням географічних особливостей, регуляторних бар'єрів та сучасних технологічних рішень.

Мета дослідження полягає в розкритті особливостей портфельного управління агровольтаїчними активами й оцінюванні впливу ключових ризиків інвестування задля підвищення результативності впровадження агровольтаїчних проектів на вітчизняних сільськогосподарських підприємствах.

Портфельне управління агровольтаїчними активами передбачає оптимальне розподілення інвестицій між різними сонячними електростанціями, розміщеними на сільськогосподарських землях. Основна мета такого підходу – зменшення загальних ризиків і максимізація сумарної доходності через одночасне отримання енергетичної генерації та аграрної продукції. При формуванні портфеля важливо враховувати географічне розміщення об'єктів, їх виробничу потужність, стабільність сонячної радіації, сумісність із сільськогосподарськими культурами та рівень державної підтримки. Диверсифікація активів сприяє стабільності отримання прибутку, адже коливання продуктивності в одному регіоні чи за однією технологією компенсуються результатами інших об'єктів. Ефективне портфельне управління передбачає регулярний аналіз активів, застосування інструментів ризик-менеджменту та впровадження технологічного оновлення, що забезпечує

довгострокову стійкість і підвищує загальну ефективність використання земельних ресурсів.

Географія суттєво впливає на ефективність агровольтаїчних активів. Вона визначає рівень сонячної інсоляції, кліматичні умови, водний баланс ґрунту та можливості сумісного вирощування культур. У південних регіонах України з високою сонячною радіацією такі системи забезпечують значну енергетичну віддачу протягом року. У посушливих умовах часткове затінення від панелей зменшує випаровування вологи та створює сприятливіший мікроклімат для рослин, що часто позитивно позначається на врожайності посухостійких культур. У центральних і західних регіонах з помірнішою інсоляцією енергетична продуктивність дещо нижча, але агровольтаїка краще поєднується з тіньовитривалими культурами або випасанням тварин. Географічна диверсифікація портфеля дає змогу балансувати енергетичну та аграрну складові, знижувати сезонну волатильність і підвищувати загальну продуктивність землі порівняно з традиційним використанням угідь [1].

При інвестуванні в агровольтаїку виникає комплекс ризиків, які потребують системного управління. Серед них – фінансові ризики, пов'язані з вищими капітальними витратами на спеціальні конструкції та обладнання порівняно зі звичайними сонячними станціями. Регуляторні ризики, зумовлені обмеженнями законодавства щодо розміщення енергогенеруючих об'єктів на сільськогосподарських землях, складністю дозвільних процедур та можливими змінами державної політики. Операційні ризики включають технічну складність обслуговування, потенційне зниження врожайності через неправильний дизайн систем, а також можливі конфлікти інтересів в процесі здійснення енергетичної та аграрної діяльності. Кліматичні ризики пов'язані з мінливістю погоди, яка одночасно впливає на генерацію електроенергії та сільськогосподарське виробництво. Портфельний підхід дозволяє пом'якшити ці ризики завдяки розподілу активів за різними регіонами, технологіями та типами культур [5].

Найефективнішими інноваціями для оптимізації портфеля агровольтаїчних проєктів є динамічні системи з трекерами, що автоматично змінюють положення панелей залежно від фази росту рослин і погодних умов. Важливе значення мають біфаціальні та напівпрозорі сонячні модулі, які пропускають частину світла до рослин і підвищують загальну продуктивність ділянки. Інтеграція цифрових технологій моніторингу мікроклімату, датчиків вологості ґрунту та алгоритмів штучного інтелекту дозволяє точніше прогнозувати врожайність і оптимізувати використання ресурсів. Перспективними є також регенеративні практики, зокрема випасання тварин під панелями, що зменшує витрати на догляд за територією та сприяє збереженню біорізноманіття. Модульні легкі конструкції полегшують ротацію культур і знижують інвестиційні бар'єри. Поєднання цих інновацій у портфелі допомагає досягти кращого балансу між енергетичною та аграрною ефективністю [3].

Таким чином, портфельне управління агровольтаїчними активами є перспективним інструментом сталого розвитку, що поєднує інтереси енергетики та сільського господарства. Ефективна географічна диверсифікація, системне управління ризиками та впровадження сучасних інновацій дозволяють

максимально використати потенціал сільськогосподарських земель, підвищити їх продуктивність і забезпечити стабільність прибутку за умов кліматичних та ринкових викликів. Для повноцінної реалізації цього потенціалу в Україні необхідні подальші законодавчі зміни та цілеспрямована державна підтримка [2].

Список використаних джерел

1. Дегтяр О. А. Міжнародний досвід публічного управління агровольтаїки та можливості розвитку в Україні. *Perspectives of public administration*. 2020. № 1 (18). С. 1079-1093.
2. Одарчук Л. Агровольтаїка в Україні : можливості та виклики (матеріали науково-практичних конференцій та доповідей 2018–2020 рр.). Київ : ECOFORUM, 2020. 28 с.
3. Adeh E. H., Good S. P., Calaf M., Higgins C. W. Solar PV power potential is greatest over croplands. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. Article number 11442.
4. Barron-Gafford G. A., Pavao-Zuckerman M. A., Minor R. L., Sutter L. F., Barnett-Moreno I., Blackett D. T., Thompson M., Dimond K., Gerlak A. K., Nabhan G. P., Macknick J. E. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848-855.
5. Dinesh H., Pearce J. M. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 54. P. 299–308.
6. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Noguchi A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use : towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36, Iss. 10. P. 2725–2732.
7. Macknick J., Beatty B., Macknick J. The 5 Cs of agrivoltaic success factors in the United States : lessons from the InSPIRE research study. Golden, CO : National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2020. Technical Report NREL/TP-6A20-75698.
8. Scognamiglio A. Agrivoltaic systems design and assessment : A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision. 2017–2020.

Бунда Ольга Миколаївна, доцент
кафедри економіки КНУТД

Зверева Марія Віталіївна, здобувач
освіти КНУТД спеціальність 051
Економіка

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262297>

МІЖНАРОДНА ЕКОНОМІЧНА ІНТЕГРАЦІЯ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Міжнародна економічна інтеграція в сучасних умовах є однією з найважливіших тенденцій розвитку світового господарства, яке зазнає суттєвих змін під впливом глобалізаційних процесів, цифровізації та структурної перебудови економічних систем. Сучасна цифрова економіка характеризується високим рівнем взаємозалежності національних економік, що обумовлює необхідність поглиблення економічного співробітництва між країнами. Інтеграція визначається як процес зближення національних господарств, який супроводжується усуненням бар'єрів у торгівлі, русі капіталу, робочої сили та формуванням спільного економічного простору. Інтеграція сприяє раціональному використанню ресурсів, підвищенню ефективності виробництва та забезпечує зростання конкурентоспроможності країн у глобальному середовищі [1, с. 10–18].

Сутність міжнародної економічної інтеграції проявляється у формуванні стійких економічних зв'язків між країнами. Інтеграційні процеси мають багаторівневий характер і включають різні форми економічної взаємодії, які відрізняються ступенем глибини та інституційного оформлення.

Початковими формами інтеграції є зони вільної торгівлі, тоді як більш розвинені форми передбачають створення економічних союзів і спільних інституцій [2, с. 120–123].

Суттєвим чинником розвитку міжнародної економічної інтеграції виступає глобалізація, що сприяє активізації міжнародної торгівлі, розвитку інвестиційних процесів і розширенню діяльності транснаціональних корпорацій. У цьому контексті інтеграція розглядається як важливий механізм адаптації національних економік до умов зростаючої глобальної конкуренції та цифровізації. Зауважимо, що глобалізація поряд із позитивними ефектами створює ризики, пов'язані з нерівномірністю економічного розвитку країн і залежністю від зовнішніх факторів.

Нормативно-правове регулювання використання цифрових технологій відіграє ключову роль у формуванні прозорого та безпечного бізнес-середовища. Водночас транскордонний і безпаперовий характер цифрової економіки суттєво ускладнює застосування традиційних правових норм. У зв'язку з цим перед державними органами постає завдання розробки гнучкої та адаптивної нормативно-правової бази, яка б, з одного боку, стимулювала інноваційний розвиток, а з іншого — забезпечувала належний рівень захисту споживачів і бізнесу. Особливої актуальності набувають питання

оподаткування міжнародних цифрових компаній, визначення відповідальності онлайн-платформ за розміщуваний контент, а також регулювання обігу цифрових валют.

Закон України «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» визначає організаційні, правові та фінансові засади функціонування правового режиму Дія Сіті, що запроваджується з метою стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні шляхом створення сприятливих умов для ведення інноваційного бізнесу, розбудови цифрової інфраструктури, залучення інвестицій, а також талановитих спеціалістів [3].

Окрему увагу в умовах цифрової трансформації приділяють питанням захисту персональних даних і забезпечення конфіденційності. Зростання обсягів збору, обробки та зберігання даних в мережі Інтернет супроводжується підвищенням ризиків їх несанкціонованого використання та кіберзлочинності.

Це зумовлює необхідність удосконалення нормативних механізмів захисту інформації, хоча їх практична реалізація залишається складним завданням. У таких умовах компанії змушені забезпечувати баланс між ефективним використанням даних для впровадження інновацій і персоналізації послуг та дотриманням базових прав людини щодо персональної інформації [4, с. 7; 5, с. 5].

Сучасний етап розвитку цифрової економіки характеризується глибокою трансформацією, яка суттєво впливає на характер міжнародної економічної інтеграції. Основними проявами цієї трансформації є цифровізація економічних процесів, розвиток інноваційних технологій, зміна структури міжнародної торгівлі та формування нових центрів економічного зростання. Таким чином інтеграція набуває нових форм, пов'язаних із розвитком глобальних ланцюгів доданої вартості та цифрових економічних платформ [6, с. 45–52]. Це свідчить про те, що інтеграційні процеси стають більш динамічними та адаптивними до змін у цифровій економіці.

Форми міжнародної економічної інтеграції відображають ступінь і глибину економічної співпраці країн та характеризують послідовність розвитку інтеграційних процесів. Початковим етапом є зона вільної торгівлі, що передбачає формування сприятливого економічного середовища без митних і кількісних обмежень у взаємній торгівлі між країнами-учасниками, що, в свою чергу, стимулює розвиток міжнародних торговельних відносин. Наступною формою виступає митний союз, у межах якого країни об'єднуються у спільну митну територію, усувають внутрішні торговельні бар'єри та застосовують єдиний митний тариф щодо третіх країн, що сприяє впорядкуванню зовнішньоекономічної діяльності. Більш високий рівень інтеграції представлений спільним ринком, який забезпечує не лише вільний рух товарів, а й капіталу, послуг і робочої сили, формуючи цілісний економічний простір. Подальшим етапом є економічний союз, що передбачає поглиблення інтеграційних процесів через узгодження економічної політики, уніфікацію фінансових механізмів і реалізацію спільної валютної політики. Найвищим рівнем інтеграції виступає політичний союз, який базується на тісній координації дій країн та реалізації спільної політики в різних сферах

суспільного розвитку. Водночас вагоме значення у розвитку інтеграційних процесів мають міжнародні організації та об'єднання, які забезпечують узгодження інтересів країн-учасниць і сприяють досягненню спільних економічних і соціальних результатів.

Для України міжнародна економічна інтеграція є стратегічно важливим напрямом розвитку цифрової економіки, оскільки визначає її місце у світовій економіці та перспективи економічного розвитку.

Ефективна інтеграція потребує активної участі у міжнародних економічних організаціях, розвитку зовнішньоекономічних зв'язків і впровадження економічних реформ [2, с. 123–126].

Отже, міжнародна економічна інтеграція в умовах трансформації цифрової економіки постає як складний і динамічний процес, що визначає розвиток сучасних міжнародних економічних відносин. Вона забезпечує поглиблення економічної взаємодії між країнами, сприяє більш ефективному використанню ресурсів і формуванню єдиного глобального економічного цифрового простору. Водночас інтеграційні процеси породжують нові виклики для цифрової економіки, які потребують від країн гнучкості, швидкої реакції та здатності адаптуватися до змін.

Список використаних джерел

1. Міжнародна економіка: підруч. / С.О. Гуткевич, М.Д.Корінько, Ю.М.Сафонов. - 3-е вид., перероблене та доповнене. – Вид-во «Діса Плюс», 2021. – 428 с.
2. Синіговець О. М. Міжнародна економічна інтеграція / О. М. Синіговець, К. С. Чебанкова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : тези доп. 30-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. / ред. Є. І. Сокол ; уклад. Г. В. Лісачук. – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – С. 600.
3. Закон України від 15.07.2021 № 1667-IX «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» № 2811-IX від 01.12.2022р. в редакції від 01.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1667-20#Text>
4. Bunda O. M. Digital economy development: innovative aspect / O. M. Bunda, M. A. Blahodatnyh // Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали міжнародної конференції (18 листопада 2025 р., м. Київ). – Київ : КНУТД, 2025. – Т. 2. – С. 5-10.
5. Трохимець, О., Томарева-Патлахова, В., & Семенов, А. (2024). Цифрова економіка та трансформація традиційних індустрій: виклики та можливості інституціоналізації цифрової економіки. Економіка та суспільство, (59). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-168>
6. Міжнародні економічні відносини : підручник / за ред. О. А. Довгаль. – 2-ге вид., перероб. та доп. – Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2025. – 852 с.

Вафіна Марія Маратівна, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 3 курсу Факультету менеджменту, обліку та інформаційних технологій Одеського національного економічного університету, спеціальність ДЗ «Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., старший викладач кафедри менеджменту організацій Одеського національного економічного університету Ковальський А. О.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262317>

УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИМИ ПРОЄКТАМИ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

В умовах глобальної енергетичної нестабільності, спричиненої геополітичними конфліктами, коливанням цін на енергоресурси та зростанням попиту на відновлювані джерела енергії, особливої актуальності набуває пошук моделей господарювання, здатних забезпечити енергетичну стійкість підприємств [1]. Енергетична нестабільність проявляється у вигляді перебоїв постачання електроенергії, волатильності цін на енергоресурси та зростання ризиків для функціонування підприємств, що особливо відчутно для аграрного сектору, який залежить від безперервності виробничих процесів.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначеної проблеми є агровольтаїка це система, що поєднує виробництво сільськогосподарської продукції та генерацію сонячної електроенергії на одній земельній ділянці [2]. Такий підхід дозволяє не лише підвищити ефективність використання земельних ресурсів, а й створити локальні джерела енергії, що забезпечують часткову автономність підприємств в умовах нестабільності енергетичних ринків [3].

Актуальність теми зумовлена зростанням енергетичної нестабільності, що створює суттєві ризики для функціонування аграрних підприємств і підсилює потребу в енергетично автономних рішеннях. У цьому контексті агровольтаїка як поєднання сільського господарства та генерації сонячної енергії набуває особливого значення, а ефективне управління такими проєктами стає ключовим чинником підвищення стійкості агробізнесу.

Метою дослідження є обґрунтування ролі та визначення особливостей управління агровольтаїчними проєктами в умовах енергетичної нестабільності.

Реалізація зазначеної мети потребує комплексного підходу до розгляду агровольтаїчних проєктів не лише як технологічного рішення, а як багатофункціональної системи, що інтегрує виробничі, енергетичні та управлінські процеси. У цьому контексті особливого значення набуває формування ефективних управлінських механізмів, здатних забезпечити

адаптивність підприємств до динамічних змін зовнішнього середовища.

Агровольтаїчні системи створюють можливість підвищити загальну ефективність використання земельних ресурсів, однак їх ефективність визначається не лише технологічними характеристиками, а й якістю управлінських рішень, спрямованих на узгодження аграрної та енергетичної складових [3].

Дослідження показують, що поєднання виробництва електроенергії та сільського господарства може суттєво підвищувати загальну продуктивність землекористування порівняно з традиційними моделями використання земель [4]. У цьому контексті управління агровольтаїчними проєктами передбачає прийняття рішень щодо трьох ключових аспектів функціонування системи: оптимізації використання земельних ресурсів, управління виробленими енергетичними потоками та формування економічної моделі функціонування проєкту. Саме через ці три напрями менеджмент безпосередньо впливає на ефективність системи, перетворюючи агровольтаїку з технологічного рішення на комплексну управлінську модель.

Водночас ефективність прийняття управлінських рішень у межах зазначених напрямів значною мірою залежить від рівня інформаційного забезпечення та здатності підприємства оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища. Використання сучасних цифрових технологій, зокрема систем моніторингу генерації енергії та стану посівів, дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень і мінімізувати ризики, пов'язані з невизначеністю.

Зокрема, одним із ключових управлінських завдань є визначення оптимальної конфігурації розміщення фотоелектричних панелей, що дозволяє забезпечити баланс між рівнем затінення та збереженням врожайності сільськогосподарських культур. Неправильне проєктування системи може призвести до зниження продуктивності як аграрної, так і енергетичної складової, що підкреслює важливість професійного управління на етапі планування [3].

Важливим напрямом є також управління енергетичними потоками в умовах нестабільності, що передбачає прийняття рішень щодо використання виробленої електроенергії: для власних потреб підприємства, її накопичення або реалізації на ринку залежно від поточних умов. У періоди зростання цін на електроенергію доцільним є продаж енергії, тоді як у разі перебоїв постачання пріоритетним стає забезпечення внутрішніх потреб підприємства. Така гнучкість у прийнятті рішень є ключовим елементом управління в умовах енергетичної нестабільності.

Додатково важливим аспектом управління є врахування ризиків енергетичної нестабільності, зокрема перебоїв електропостачання, змін тарифної політики та коливань попиту на електроенергію. У цьому контексті ефективними управлінськими інструментами є впровадження систем накопичення енергії, диверсифікація каналів її використання та розробка адаптивних стратегій функціонування підприємства [4].

Крім того, агровольтаїка розглядається як елемент кліматично

адаптивного сільського господарства, оскільки фотоелектричні панелі можуть впливати на мікроклімат, зменшуючи перегрів ґрунту, втрату вологи та негативний вплив екстремальних погодних умов на рослини [5]. Це розширює функції менеджменту, який має враховувати не лише економічні та енергетичні, а й кліматичні фактори при прийнятті рішень.

Окремої уваги заслуговує стратегічний аспект управління агровольтаїчними проєктами, який передбачає довгострокове планування розвитку підприємства з урахуванням енергетичних, економічних та екологічних викликів. У таких умовах агровольтаїка виступає не лише інструментом підвищення ефективності, а й засобом формування стійких конкурентних переваг аграрних підприємств.

Таким чином, ефективне управління агровольтаїчними проєктами виступає ключовим інструментом адаптації аграрного сектору до умов енергетичної нестабільності, оскільки дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів, забезпечити часткову енергетичну автономність господарств, підвищити економічну стійкість аграрних підприємств та сформувані передумови для їх довгострокового конкурентного розвитку. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою ефективних моделей управління агровольтаїчними системами, оцінкою їх економічної доцільності та впровадженням інноваційних підходів до управління в умовах нестабільних енергетичних ринків.

Список використаних джерел:

1. International Energy Agency. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. Paris : IEA, 2023. 162 p. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023> (дата звернення: 02.04.2026).
2. National Renewable Energy Laboratory. Agrivoltaics: Combining solar energy and agriculture. URL: <https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis> (дата звернення: 02.04.2026).
3. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Agrivoltaics: Opportunities for agriculture and the energy transition. Freiburg, 2020. 44 p. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics> (дата звернення: 02.04.2026).
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Renewable energy for agrifood systems. Rome : FAO, 2021. 128 p. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/> (дата звернення: 02.04.2026).
5. Barron-Gafford G. A. et al. Agrivoltaics as a climate-smart and sustainable solution for agriculture. 2025. URL: <https://www.nature.com/articles/s44264-025-00073-1> (дата звернення: 02.04.2026).

Волчек Руслан Миколайович, к.е.н.,
доцент кафедри менеджменту
організацій Одеського національного
економічного університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262341>

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ У ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ВПРОВАДЖУЮТЬ АГРОВОЛЬТАЇКУ

Трансформація аграрного сектору в умовах кліматичних змін, енергетичної турбулентності та імплементації європейських стандартів сталого розвитку зумовлює необхідність переходу до інтегрованих моделей господарювання. Однією з таких моделей є агровольтаїка, що забезпечує синергію виробництва сільськогосподарської продукції та генерації відновлюваної енергії. За оцінками європейських досліджень [4], впровадження агровольтаїчних систем дозволяє підвищити коефіцієнт використання земельних ресурсів до 60 %, що формує додаткову економічну вартість і знижує ресурсну інтенсивність виробництва.

Мета дослідження полягає у спробі автора запропонувати модель управління змінами, адаптовану до особливостей господарювання підприємств, які впроваджують агровольтаїчні проекти у своїй діяльності.

Агровольтаїка виступає не лише технологічною інновацією, а й тригером системних змін у діяльності підприємств, що потребує застосування концепцій управління змінами. У цьому контексті підприємство розглядається як складна соціально-економічна система, трансформація якої охоплює взаємопов'язані підсистеми: виробничу, енергетичну, управлінську та інституційну. Інтеграція фотоелектричних технологій у виробничі процеси забезпечує зниження витрат на енергоресурси майже на 40 %, що підвищує загальну ефективність господарської діяльності та сприяє диверсифікації доходів [2].

Специфіка управління змінами в умовах впровадження агровольтаїки полягає у їх багаторівневому та мультидисциплінарному характері. Технологічні зміни супроводжуються адаптацією агротехнологій до нових умов інсоляції, що дозволяє зберігати врожайність на рівні 80 %. Організаційні зміни передбачають трансформацію структури управління та розвиток нових компетенцій персоналу, зокрема у сфері цифрового агровиробництва. Використання цифрових платформ забезпечує зростання продуктивності праці до 25 % [3].

Стратегічний вимір управління змінами пов'язаний із переходом підприємств до моделей функціонування, що відповідають принципам ESG та циркулярної економіки. У цьому контексті агровольтаїка формує нову бізнес-модель, орієнтовану на максимізацію сукупної віддачі від ресурсів та мінімізацію екологічного впливу. За міжнародними оцінками, середній строк окупності агровольтаїчних проектів становить від 5 до 8 років, що підтверджує їх інвестиційну привабливість у середньостроковій перспективі [1].

Разом із тим, реалізація агровольтаїчних проєктів в Україні супроводжується комплексом системних перешкод, що суттєво ускладнюють управління змінами. Ключовим обмеженням є висока вартість фінансових ресурсів: ставка кредитування для аграрного сектору часто сягає від 18 до 25 % річних, що знижує доступність довгострокових інвестицій. Нормативно-правова невизначеність щодо використання земель сільськогосподарського призначення для енергетичних потреб створює додаткові інституційні ризики та підвищує транзакційні витрати підприємств.

Ще одними суттєвими обмеженнями є організаційна інерційність та низька готовність до змін. Значна кількість топ-менеджменту аграрних підприємств застосовує традиційні управлінські підходи, орієнтовані на короткострокову ефективність, що суперечить природі агровольтаїчних проєктів як довгострокових інвестицій. Відсутність досвіду інтеграції енергетичних компонентів у бізнес-моделі підприємств призводить до управлінських дисфункцій та неефективного розподілу ресурсів. Також ключовою проблемою є дефіцит людського капіталу та необхідних компетенцій у персоналі підприємств. Впровадження агровольтаїки потребує міждисциплінарних знань на перетині агрономії, енергетики та цифрових технологій. Однак рівень підготовки персоналу в більшості аграрних підприємств не відповідає цим вимогам, що знижує ефективність управління змінами та підвищує операційні ризики. Водночас опір персоналу нововведенням, зумовлений невизначеністю та страхом втрати робочих місць, додатково ускладнює трансформаційні процеси.

Додатковим обмеженням виступає недостатній рівень розвитку енергетичної та цифрової інфраструктури в сільській місцевості, зокрема обмежена пропускна здатність електромереж та складність підключення до систем розподілу. Макроекономічна нестабільність також формує додаткові ризики, що ускладнюють стратегічне планування та залучення інвестицій.

Зазвичай найбільш легким в управлінні спротивом змінам під час впровадження стратегічних змін є використання класичної моделі Джона Коттера. Між тим, вважаємо, що зазначена модель є надто лінійною для підприємств, що використовують агровольтаїчні проєкти. Під час реалізації зазначених проєктів, як вже зазначалось, зміни мають міжсекторальний та високоневизначений характер. Тому її доцільно не застосовувати механічно, а адаптувати як гібридну модель управління спротивом.

Нами запропонована авторська модель управління спротивом при здійсненні стратегічних змін у діяльності підприємств, що впроваджують агровольтаїчні системи. Вказана модель є розвитком підходів Джона Коттера та базується на їх адаптації до умов міжсекторальної інтеграції аграрного та енергетичного виробництва. На відміну від класичних моделей управління змінами, дана концепція розглядає спротив не як побічний ефект трансформацій, а як структурний елемент системи змін, що підлягає цілеспрямованому управлінському впливу.

Сутність моделі полягає у формуванні багаторівневої системи управління спротивом, яка інтегрує діагностичні, поведінкові, організаційні та інституційні

механізми впливу. В основу моделі покладено принцип проактивної детекції та трансформації спротиву, відповідно до якого управлінські дії спрямовані не лише на подолання опору, але й на його конверсію у джерело інформації для вдосконалення стратегічних рішень. Ключовим елементом моделі виступає введення нульового етапу – діагностики спротиву, що передбачає системну ідентифікацію стейкхолдерів, аналіз причин виникнення опору та оцінку його інтенсивності. Впровадження запропонованого етапу дозволяє перейти від реактивного до превентивного управління змінами. Подальші етапи моделі формують логічно послідовний ланцюг управлінського впливу, в межах якого кожен етап виконує окрему функцію нейтралізації або трансформації спротиву.

На етапі формування відчуття невідкладності відбувається когнітивна переорієнтація персоналу через раціоналізацію необхідності змін, що особливо важливо в умовах впровадження агровольтаїки, де домінує невизначеність економічних результатів. Етап формування коаліції змін забезпечує інтеграцію різних професійних груп, що мінімізує міжфункціональні конфлікти, характерні для гібридних систем. Формування інтегрованого бачення виконує функцію узгодження ціннісних орієнтацій, поєднуючи аграрну та енергетичну складові розвитку підприємства.

Подальші етапи моделі (комунікація, розширення повноважень, досягнення короткострокових результатів) спрямовані на зниження когнітивної невизначеності, подолання операційних бар'єрів та формування довіри до змін. Особливе значення має етап створення короткострокових результатів, який в умовах довгого інвестиційного циклу агровольтаїки виступає критичним фактором легітимації змін. Етапи консолідації забезпечують закріплення нових практик та трансформацію організаційної культури, що унеможливорює повернення до традиційних моделей господарювання.

У контексті подолання виявлених перешкод доцільним є формування системного підходу до управління змінами при реалізації агровольтаїчних проєктів, який передбачає: інтеграцію фінансово-економічних інструментів стимулювання інновацій, впровадження сучасних моделей change management на рівні підприємств, а також інвестування у розвиток людського капіталу та цифрових компетенцій.

Список використаних джерел

1. Stuhlmacher A., Schindler M., Riedel T. Model predictive control for agrivoltaic systems. *arXiv*. 2026. URL: <https://arxiv.org/abs/2603.22554>
2. Hönen J., Nieße A., Sonnenschein M. Energy management for microgrids. *arXiv*. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2307.05154>
3. Wang C. IoT-based agricultural systems: opportunities and challenges. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.09488>
4. Agrivoltaics in Europe: trends and perspectives. 2025. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1233-agrivoltaicua/>

Горбатюк Валентина Вікторівна,
викладач кафедри менеджменту,
Одеського національного економічного
університету, спеціальність менеджмент
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262351>

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ АГРОПІДПРИЄМСТВ НА ЗАСАДАХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Агропромисловий сектор є стратегічним фундаментом української економіки, відіграючи ключову роль у формуванні ВВП, забезпеченні валютних доходів та працевлаштуванні громадян. Сучасні виклики — воєнний стан, глобальна нестабільність та кліматичні зміни — роблять питання ресурсоефективності та продуктивності аграріїв критично важливими. У цьому контексті успіх підприємств залежить від їхньої здатності до технологічного оновлення. Ретельний аналіз виробничого потенціалу та гнучкість інфраструктури щодо інтеграції інновацій є визначальними умовами для підтримки їх конкурентоспроможності.

Конкурентоспроможність підприємств формується на засадах поєднання низки чинників. Систематизація поглядів українських науковців дозволяє виокремити кілька фундаментальних підходів до трактування конкурентоспроможності підприємства. А. Мазаракі акцентує увагу на результативності, визначаючи її як здатність забезпечувати прибуткову діяльність та стійкі позиції. О. Кузьмін розглядає термін як інтегральну характеристику потенціалу. Сутність полягає не лише у поточному стані, а й у наявності сукупності ресурсів, які дозволяють ефективно функціонувати в майбутньому. В той час як Ю. Іванов та О. Тищенко визначають сутність конкурентоспроможності як здатність до розвитку переваг. Це не статичний стан, а постійний процес виявлення та формування нових сильних сторін у мінливому середовищі[1, с.83].

При цьому, сутність конкурентоспроможності суб'єктів аграрного сектору економіки визначається синтезом загальноекономічних закономірностей та специфічних галузевих рис, зумовлених використанням живих організмів і природних ресурсів як засобів виробництва. Системний підхід до аналізу цієї категорії дозволяє виокремити низку ключових складових, які в сукупності формують ринкову стійкість підприємства[2, с.].

Виробничо-технологічна складова виступає базисом конкурентоспроможності, оскільки саме вона визначає фізичні параметри продукту та витратну базу. В аграрній сфері ця компонента нерозривно пов'язана з природно-ресурсним потенціалом, зокрема якісними характеристиками земельних угідь та кліматичними умовами. Технологічна перевага сьогодні забезпечується не лише наявністю парку сучасної техніки, а й впровадженням систем точного землеробства, використанням інноваційних селекційних досягнень та дотриманням суворих агротехнічних термінів.

Ефективність цієї складової прямо корелює з мінімізацією виробничих ризиків, що мають біологічну природу.

Економіко-фінансова складова відображає здатність підприємства до ефективної трансформації ресурсів у додану вартість та підтримку ліквідності в умовах тривалого виробничого циклу. Ключовим фактором тут виступає управління собівартістю одиниці продукції, що в агробізнесі часто залежить від ефекту масштабу. Особливого значення набуває доступ до зовнішнього фінансування та державної підтримки, що дозволяє згладжувати сезонні розриви у грошових потоках. Фінансова стійкість є гарантом інвестиційної привабливості підприємства та його спроможності проводити модернізацію виробничих потужностей.

Маркетингово-логістична складова визначає стратегічні позиції підприємства на внутрішньому та зовнішньому ринках. У сучасних умовах конкурентоспроможність аграрного виробника значною мірою залежить від наявності власної інфраструктури зберігання, яка дозволяє уникати реалізації продукції в період збиральної кампанії за мінімальними цінами. Ця компонента також охоплює сертифікацію продукції за міжнародними стандартами якості, що є обов'язковою умовою для виходу на високомаржинальні експортні ринки та формування лояльності споживачів.

Організаційно-управлінська складова інтегрує всі перелічені елементи в єдину систему. Її сутність полягає в якості менеджменту, здатності до стратегічного планування та оперативного реагування на динамічні зміни ринкової кон'юнктури. Висока кваліфікація фахівців забезпечує ефективне використання інновацій та адаптацію до викликів зовнішнього середовища. В умовах цифровізації агробізнесу управлінська складова також включає здатність оперувати великими масивами даних для прийняття обґрунтованих рішень.

Таким чином, конкурентоспроможність аграрного підприємства є результатом синергетичної взаємодії природних переваг, технологічної досконалості, фінансової маневреності та стратегічного маркетингу. Жодна з наведених складових не може забезпечити сталий успіх автономно, що вимагає від менеджменту комплексного підходу до управління конкурентним потенціалом організації.

Як зазначає автор[3], ключовим драйвером зростання ефективності в агросекторі є розбудова техніко-технологічного потенціалу. Ця категорія трактується як інтегрована система технічних ресурсів, інноваційних методик, організаційних схем та кадрового капіталу, що в сукупності забезпечують стабільний розвиток агровиробництва. Фактично, мова йде про спроможність суб'єкта господарювання створювати продукцію, спираючись на новітню матеріально-технічну базу.

Структура цього потенціалу є багатогранною і включає не лише фізичні активи, а й систему управління та професійні компетенції працівників. Саме якість техніко-технологічного базису визначає рівень продуктивності та ринкову стійкість підприємства. Лише через синергію цих компонентів досягається безперервна модернізація виробництва.

Водночас у сучасних умовах господарювання якісні характеристики такої модернізації не можуть розглядатися виключно крізь призму нарощення потужностей. В умовах дефіциту енергоресурсів та глобальної екологізації економіки, ключовим вектором розвитку техніко-технологічного потенціалу стає зміщення акцентів з кількісних показників на ресурсну ощадливість. Це зумовлює об'єктивну необхідність трансформації системи управління конкурентоспроможністю аграрних підприємств на засадах енергоефективності. Такий підхід дозволяє розглядати енергозбереження не лише як інструмент мінімізації витрат, а як стратегічну домінанту, що визначає здатність суб'єкта до виживання та лідерства в умовах волатильності енергетичних ринків.

Управління конкурентоспроможністю аграрних підприємств на засадах енергоефективності є специфічним напрямом стратегічного менеджменту, що поєднує в собі економічну доцільність, екологічну відповідальність та технологічну модернізацію. В умовах волатильності цін на енергоносії та посилення кліматичних вимог, енергетичний фактор трансформується з витратної статті у стратегічний актив[4]. На основі аналізу літературних джерел, ми дослідили основні особливості управління агропідприємствами на засадах енергоефективності.

Пріоритетність зниження енергоємності продукції як фактор цінової конкуренції. В аграрному секторі частка енерговитрат (пальне, електроенергія, природний газ для сушіння зерна) у собівартості продукції може сягати 20–30%. Управління на засадах енергоефективності передбачає впровадження систем енергомоніторингу та перехід на ресурсозберігаючі технології, що дозволяє радикально скоротити використання палива. Це створює цінову перевагу на ринку за рахунок нижчої собівартості при збереженні якості продукту.

Диверсифікація джерел енергозабезпечення через використання біопотенціалу. Специфічною рисою аграрних підприємств є можливість самозабезпечення енергією. Управління конкурентоспроможністю включає інвестиції в установки для переробки біомаси (соломи, лушпиння, гною) у біогаз або тверде паливо. Це не лише знижує залежність від зовнішніх монополістів-постачальників, а й вирішує проблему утилізації відходів, перетворюючи їх на ресурс із доданою вартістю.

Екологізація бренду та відповідність міжнародним стандартам. Сучасне управління конкурентоспроможністю неможливе без врахування концепції «зеленої економіки». Використання відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей на дахах ферм, вітрогенераторів) підвищує престиж підприємства та дозволяє отримати сертифікати сталого розвитку. Це критично важливо для експорту продукції на ринки ЄС, де діють суворі вимоги щодо вуглецевого сліду продукції.

Інноваційна трансформація управлінського циклу. Перехід на засади енергоефективності вимагає від менеджменту впровадження системи енергетичного менеджменту згідно зі стандартом ISO 50001. Особливість полягає в тому, що управління стає безперервним процесом: від енергоаудиту та планування заходів до контролю фактичного споживання за допомогою

інтелектуальних датчиків. Це змінює культуру споживання ресурсів на всіх рівнях — від тракториста до топ-менеджера.

Отже, управління на засадах енергоефективності перетворює аграрне підприємство з пасивного споживача ресурсів на активного гравця енергетичного ринку, забезпечуючи стійкість до зовнішніх шоків та формуючи фундамент для довгострокового лідерства в галузі.

Список використаних джерел

1. Янковий О. Г., Лагодієнко В. В. Конкурентоспроможність підприємства: теорія, методологія, практика. *Науковий вісник Одеського національного університету імені І. І. Мечникова*. Серія: Економіка. 2024. Т. 29, Вип. 1. С. 82–91.

2. Данкевич В. Є., Данкевич П. Є. Управління конкурентоспроможністю суб'єктів агробізнесу в умовах цифрової трансформації та енергетичних викликів. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. № 2. С. 45–54.

3. Халін В. Г. Етапи формування техніко-технологічного потенціалу аграрних підприємств. *Економіка АПК*. 2021. № 4. С. 54–62.

4. Данкевич В. Є., Данкевич П. Є. Управління конкурентоспроможністю суб'єктів агробізнесу в умовах цифрової трансформації та енергетичних викликів. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. № 2. С. 45–54.

Горяча Катерина Андріївна, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 2 курсу Факультету менеджменту, обліку та інформаційних технологій Одеського національного економічного університету, спеціальність ДЗ «Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., старший викладач кафедри менеджменту організацій Одеського національного економічного університету Ковальський А. О.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262359>

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИМИ ПРОЄКТАМИ ВИРОБНИЧИХ АГРОПІДПРИЄМСТВ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС

Сучасні реалії функціонування аграрного сектору економіки України диктують необхідність кардинального перегляду традиційних бізнес-моделей. Наслідки військових дій, що супроводжувалися системним руйнуванням енергетичної інфраструктури, порушенням логістичних ланцюгів та значним погіршенням фінансового стану підприємств, вимагають від агровиробників пошуку нових шляхів для забезпечення власної автономності. У цьому контексті впровадження агровольтаїчних проєктів – одночасного використання земельних ділянок для вирощування сільськогосподарських культур та генерації сонячної електроенергії – перетворюється з екологічного тренду на критично важливу стратегію виживання та розвитку.

Специфіка післявоєнного відновлення створює унікальне середовище, в якому успішне функціонування систем агровольтаїки вимагає принципово нових, адаптованих підходів до менеджменту. Управлінські команди стикаються з безпрецедентним набором викликів: від необхідності хеджування безпекових ризиків до управління мультидисциплінарними процесами в умовах гострого дефіциту ресурсів. Дослідження цих управлінських особливостей є фундаментально важливим для забезпечення сталого розвитку вітчизняного агропромислового комплексу в період відбудови.

Мета дослідження: визначити ключові особливості управління проєктами агровольтаїки на виробничих агропідприємствах у післявоєнний час та розробити комплексні підходи до управління, які сприятимуть досягненню енергетичної незалежності, оптимізації фінансових ресурсів, подоланню кадрового дефіциту та підвищенню загальної конкурентоспроможності бізнесу.

З точки зору стратегічного менеджменту, впровадження агровольтаїки вимагає від керівництва виробничих агропідприємств трансформації мислення. Підприємство перестає бути виключно виробником продовольства і перетворюється на гібридний агроенергетичний комплекс. Стратегічне

планування у післявоєнний час повинно спиратися на концепцію «Build Back Better» (відбудувати краще, ніж було). Менеджерам необхідно інтегрувати в стратегію розвитку принципи циркулярної економіки та вимоги Європейського зеленого курсу (Green Deal), оскільки дотримання ESG-критеріїв (Environmental, Social, and Corporate Governance) стає обов'язковою умовою для експорту продукції на ринки ЄС та отримання доступу до міжнародного капіталу [1].

Фінансовий менеджмент агровольтаїчних проєктів у післявоєнний період набуває особливої складності. Головним бар'єром є висока капіталомісткість (CAPEX) встановлення спеціалізованих сонячних конструкцій, які дозволяють працювати великогабаритній сільськогосподарській техніці. В умовах обмеженого доступу до класичного банківського кредитування через високі облікові ставки та ризики втрати активів, фінансові менеджери повинні володіти навичками фандрейзингу та проєктного фінансування. Основний фокус зміщується на залучення коштів через міжнародні донорські програми (наприклад, гранти USAID, програми ЄБРР, фонди Ukraine Facility). Крім того, фінансова модель має ретельно враховувати показник LCOE (нормована вартість електроенергії) та баланс між зекономленими коштами на купівлі електроенергії з мережі, витратами на експлуатацію СЕС та потенційними змінами у врожайності [2]. Ефективне управління грошовими потоками передбачає також монетизацію надлишків енергії шляхом її продажу державі або суміжним підприємствам, що диверсифікує джерела доходу.

Операційний менеджмент стикається з викликом інтеграції двох різних технологічних циклів: агрономічного та енергетичного. У післявоєнний час, який характеризується нестабільністю об'єднаної енергосистеми та ризиками блекаутів, наявність власної генерації дозволяє операційним менеджерам забезпечити безперебійну роботу критичних вузлів підприємства: систем зрошення, комплексів первинної переробки, холодильного обладнання та зерносушарок [4]. Однак, управління мікрокліматом під сонячними панелями вимагає тісної координації між агрономами та інженерами. Затінення від панелей впливає на рівень вологості, температуру ґрунту та інсоляцію рослин, що змушує менеджерів оперативно коригувати технологічні карти вирощування культур, режими поливу та внесення добрив.

Важливою складовою є управління людськими ресурсами (HR-менеджмент). Демографічна криза, викликана міграційними процесами та мобілізацією під час війни, призвела до гострого дефіциту кваліфікованої робочої сили в аграрному секторі. Управління агровольтаїчними комплексами потребує фахівців з крос-функціональними навичками – людей, які розуміють як основи агрономії, так і принципи роботи електротехнічного обладнання. Управлінським рішенням у цій ситуації стає максимальна цифровізація та автоматизація процесів. Менеджери повинні впроваджувати системи Інтернету речей (IoT), автоматизовані метеостанції та програмне забезпечення на базі штучного інтелекту для дистанційного моніторингу стану посівів і кута нахилу панелей [3]. Це дозволяє оптимізувати штатний розпис і знизити залежність підприємства від ручної праці.

У сфері ризик-менеджменту та правового регулювання на перший план виходить управління інституційними та регуляторними бар'єрами. Як і в довоєнний час, значною проблемою залишається відсутність чіткої нормативно-правової бази, що регулює цільове призначення земель для агровольтаїки. Менеджерам вищої ланки необхідно закладати юридичні ризики у планування проєктів, а також брати активну участь у галузевих асоціаціях для лобіювання законодавчих змін на державному рівні. Крім того, специфічним післявоєнним ризиком є мінна небезпека на деокупованих територіях; проте впровадження сонячних станцій на очищених, але ще не придатних для інтенсивного землеробства ділянках, є ефективним управлінським рішенням для рекультивациі земель та отримання економічної вигоди в період їх «відпочинку» [5].

Узагальнюючи, слід зазначити, що управління агровольтаїчними проєктами у післявоєнний період набуває комплексного міждисциплінарного характеру та суттєво відрізняється від традиційних підходів аграрного менеджменту. Ефективна реалізація таких проєктів потребує інтеграції інструментів стратегічного, фінансового, операційного та кадрового менеджменту з урахуванням підвищеного рівня ризиків і ресурсних обмежень. Запровадження агровольтаїки створює передумови для досягнення енергетичної автономності агропідприємств, підвищення їх економічної стійкості та конкурентоспроможності, а також сприяє адаптації до вимог сталого розвитку та європейської інтеграції. Водночас досягнення зазначених результатів можливе за умови активного застосування проєктного фінансування, цифровізації управлінських процесів і вдосконалення нормативно-правового забезпечення у сфері використання земель та відновлюваної енергетики.

Список використаних джерел

1. Європейський зелений курс та відновлення України: можливості для аграрного сектору [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dixigroup.org/storage/files/2020-05-26/european-green-dealwebfinal.pdf> (дата звернення: 01.04.2026).
2. Енергетична безпека агробізнесу: як сонячні станції рятують виробництво під час блекаутів [Електронний ресурс] // AgroPortal.ua. – Режим доступу: <https://epravda.com.ua/energetika/sonyachna-energetika-yes-i-ukrajini-rekordi-vikliki-ta-novi-zagrozi-2025-817963/> (дата звернення: 01.04.2026).
3. Інновації в HR: як автоматизація та IoT вирішують проблему кадрового голоду в АПК [Електронний ресурс] // Landlord. – Режим доступу: <https://www.erpforum.com.ua/blog/doslidzhennia-10/kadrovii-viklik-v-ukraini-avtomatizatsiia-iak-rishennia-defitsitu-fakhivtsiv-305> (дата звернення: 02.04.2026).
4. Офіційний портал програми «Ukraine Facility»: грантове фінансування відновлення економіки [Електронний ресурс] // Міністерство економіки України. – Режим доступу: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/> (дата звернення: 02.04.2026).

5. Перспективи рекультивації постраждалих земель через проєкти відновлюваної енергетики [Електронний ресурс] // Асоціація агровольтаїки України. – Режим доступу: <https://agrivoltaic.org.ua/> (дата звернення: 02.04.2026).

Гребінча Регіна Вячеславівна,
здобувач вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня, 3 курсу
Факультету менеджменту, обліку та
інформаційних технологій Одеського
національного економічного
університету, спеціальність D3
«Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., доцент
кафедри менеджменту організацій
Одеського національного економічного
університету Карпенко Ю. В.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262377>

РИЗИК-ОРІЄНТОВНЕ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПРОЄКТІВ В АГРОБІЗНЕСІ

Земля - один із найцінніших ресурсів в аграрному бізнесі. Однак у сучасних умовах за неї конкурують одразу два сектори: сільське господарство та сонячна енергетика. Будівництво сонячних електростанцій вимагає значних площ, що призводить до виведення родючих земель із сільськогосподарського обігу. Агровольтаїка пропонує вирішення цього конфлікту: сонячні панелі розміщуються над сільськогосподарськими культурами або між їх рядами, забезпечуючи одночасне використання землі для виробництва енергії та вирощування продукції.

З точки зору агробізнесу, агровольтаїчні проєкти відкривають принципово новий формат диверсифікації доходів: земля перестає бути лише ресурсом для вирощування культур і стає повноцінним енергетичним активом. В останні роки спостерігається стійке зростання впровадження агровольтаїчних систем, особливо в таких країнах, як Японія, Китай, Південна Корея, Німеччина, Франція та Італія.

Проте стрімке масштабування технології виявило системну проблему: відсутність єдиних стандартів проєктування, нормативно-правова невизначеність та недостатня увага до управління ризиками призводять до провалів проєктів. Особливо гостро ці проблеми проявляються в Україні, яка входить до топ-5 аграрних експортерів світу. Після 2022 року країна зіткнулася з критичним дефіцитом електроенергії через масштабне руйнування енергетичної інфраструктури. Агровольтаїка потенційно дозволяє вирішувати обидві проблеми одночасно: генерувати сонячну енергію там, де вже ведеться сільськогосподарська діяльність, не виводячи землю з обороту. Водночас в Україні поки що не існує жодного спеціального нормативного акту щодо агровольтаїки, що робить регуляторний ризик особливо гострим і вимагає приділити йому значну увагу в управлінні якістю таких проєктів.

Метою дослідження є систематизація ключових ризиків агровольтаїчних проєктів та обґрунтування підходів до ризик-орієнтованого управління їх якістю.

Агровольтаїчний проєкт має відповідати двом групам вимог одночасно: з боку енергетики - максимальний виробіток електроенергії, з боку агрономії - збереження врожайності та якості продукції. Складність у тому, що ці цілі природно конкурують між собою: щільніше розміщення панелей підвищує енергетичну ефективність, але зменшує доступ сонячного світла до рослин.

Важливим елементом ризик-орієнтованого підходу є системне виявлення та класифікація ризиків, що впливають на якість проєкту.

На основі дослідження ScienceDirect (2024), присвяченого аналізу ризиків агровольтаїчних проєктів у сільських громадах, виділяють шість груп ризиків [1, с.12]:

- Фінансові ризики: висока капіталомісткість, нестабільність тарифів на електроенергію, труднощі із залученням інвестицій. За даними аналітиків, вартість агровольтаїчних систем на 10-15% вища від стандартних сонячних установок [1, с.14].

- Регуляторно-правові ризики: відсутність або неоднозначність нормативно-правової бази. У разі зміни цільового призначення земельної ділянки після встановлення панелей фермер може втратити право на аграрні субсидії.

- Технологічні ризики: конструктивні недоліки несучих конструкцій (зокрема, вразливість до вітрових навантажень), деградація панелей, несумісність обладнання.

- Агрономічні ризики: надмірне затінення, зміна мікроклімату, порушення режиму зрошення. Пшениця чи соняшник під панелями дадуть значно менший врожай, тоді як салат, шпинат, полуниця, виноград і навіть яблука певних сортів можуть виграти від часткової тіні.

- Соціально-репутаційні ризики: опір з боку місцевих громад, сприйняття проєкту як «заміни сільськогосподарських угідь» промисловими об'єктами.

- Операційні ризики: інституційна нестабільність контрагентів, партнерів; недостатня кваліфікація персоналу, що обслуговує та експлуатує агровольтаїчні системи.

Врахування зазначених ризиків є основою для формування підходів до ризик-орієнтованого управління якістю.

Першим ключовим підходом є інтеграція аналізу ризиків на етапі планування проєкту. Цей підхід передбачає проведення комплексного аудиту земельної ділянки, оцінювання агрокліматичних умов та математичне моделювання впливу конструкцій на врожайність. Визначення оптимальної конфігурації системи (висоти та кута нахилу панелей) дозволяє мінімізувати конфлікт між енергетичними та агрономічними цілями ще до початку інвестицій [2, с.21].

Другим підходом є впровадження системи моніторингу та контролю якості в процесі реалізації та експлуатації проєкту. Йдеться про регулярне

відстеження технічного стану обладнання, показників генерації електроенергії, змін мікроклімату та врожайності культур. Порівняння фактичних результатів із запланованими дозволяє своєчасно виявляти відхилення та застосовувати коригувальні заходи [3, с.9].

Третім підходом є адаптивне управління, що передбачає коригування управлінських рішень на основі накопиченого досвіду та фактичних даних. Це включає зміну агротехнічних заходів, оптимізацію режимів обслуговування обладнання, перегляд фінансових моделей та врахування змін зовнішнього середовища.

Четвертим підходом є інституційне забезпечення управління якістю, яке передбачає розробку національних стандартів і методичних рекомендацій щодо реалізації агровольтаїчних проєктів. Створення чіткої регуляторної бази дозволяє зменшити рівень правової невизначеності та встановити єдині вимоги до якості та безпеки агровольтаїчних систем.

Отже, ризик-орієнтоване управління якістю агровольтаїчних проєктів є комплексним процесом, що охоплює всі етапи їх реалізації та базується на системному врахуванні фінансових, технологічних, агрономічних і регуляторних ризиків. Його застосування дозволяє забезпечити баланс між виробництвом електроенергії та сільськогосподарської продукції, знизити рівень невизначеності та підвищити ефективність використання земельних ресурсів.

Узагальнюючи результати дослідження, слід зазначити, що агровольтаїчні проєкти є складними об'єктами управління, які потребують інтегрованого підходу до забезпечення якості. Систематизація ризиків дозволяє визначити ключові напрями впливу на ефективність проєктів, а впровадження ризик-орієнтованого підходу забезпечує їх превентивне управління. Для України пріоритетним напрямом є розробка національних підходів до управління якістю агровольтаїчних проєктів, що враховують особливості правового середовища, кліматичних умов та структури аграрного виробництва.

Список використаних джерел:

1. Risk Analysis for Agrivoltaic Projects in Rural Farming Communities in SSA. Applied Energy, ScienceDirect, 2024. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261924003167> (дата звернення 05.04.2026)
2. Dupraz C. et al. Combining solar photovoltaic panels and crops. Renewable Energy. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148110003383> [Дата звернення: 05.04.2026].
3. Stridsman E. Monitoring of microclimate underneath agrivoltaic systems using IoT sensor station. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://mdh.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1742532> [Дата звернення: 05.04.2026].

Джупіна Галина Миколаївна, доцент
кафедри менеджменту та аграрної
економіки ВП НУБіП України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262412>

МЕНЕДЖМЕНТ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

У сучасних умовах глобального енергетичного переходу та зростаючого дефіциту земельних ресурсів особливої актуальності набуває пошук інтегрованих рішень, здатних одночасно забезпечити продовольчу безпеку та розвиток відновлюваної енергетики. Одним із таких інноваційних підходів виступають агровольтаїчні системи, які передбачають поєднання виробництва сільськогосподарської продукції та генерації сонячної енергії на одній і тій самій земельній ділянці. Така модель дозволяє мінімізувати конфлікти землекористування та підвищити ефективність використання територій.

З наукової точки зору агровольтаїка розглядається як складна соціо-економічна система, що поєднує технічні, екологічні та інституційні компоненти. У межах сучасних досліджень її ефективність оцінюється через інтегровані показники, зокрема коефіцієнт еквівалентного використання земель (Land Equivalent Ratio), який у більшості випадків перевищує одиницю, що свідчить про підвищення продуктивності території на 20–80% порівняно з окремим використанням земель для сільського господарства або енергетики. Таким чином, агровольтаїчні системи демонструють потенціал значного підвищення ефективності використання ресурсів [3].

Важливим аспектом функціонування агровольтаїки є її вплив на екологічну стійкість аграрних систем. Дослідження показують, що використання сонячних панелей створює специфічні мікрокліматичні умови, які сприяють зменшенню температурного навантаження на рослини, зниженню випаровування та підвищенню ефективності використання водних ресурсів. Зокрема, у посушливих регіонах підвищення ефективності використання води може досягати 15–30%, що має критичне значення в умовах зміни клімату. Крім того, агровольтаїка сприяє зменшенню викидів парникових газів та покращенню екосистемних характеристик, що підтверджується результатами оцінок життєвого циклу [1].

Разом з тим ефективність агровольтаїчних систем значною мірою залежить від особливостей їх проєктування та управління. Ключовими факторами виступають щільність розміщення панелей, вибір культур, агрокліматичні умови та організація виробничих процесів. Неправильне поєднання цих параметрів може призводити до зниження врожайності або економічної ефективності, що свідчить про необхідність застосування системного управлінського підходу до їх впровадження.

З позицій менеджменту агровольтаїчні системи доцільно розглядати як інтегровані проєкти, що потребують координації між різними стейкхолдерами: агровиробниками, енергетичними компаніями, органами державної влади та місцевими громадами. У цьому контексті особливого значення набувають інституційні механізми, включаючи нормативно-правове забезпечення, фінансові стимули та механізми розподілу вигод. Дослідження показують, що навіть за високої технічної ефективності агровольтаїчні проєкти можуть не реалізовуватися через відсутність чітких регуляторних рамок та узгодженості політик у сфері сільського господарства та енергетики.

Невід'ємною складовою управління агровольтаїкою є забезпечення соціальної прийнятності та справедливості. Концепція енергетичної справедливості підкреслює необхідність врахування інтересів різних груп населення, забезпечення прозорості прийняття рішень та рівного доступу до вигод від реалізації проєктів. Це особливо актуально для сільських територій, де агровольтаїка може виступати інструментом диверсифікації доходів та розвитку місцевих громад [2].

Аналіз сучасних досліджень також свідчить про нерівномірність розвитку агровольтаїки у глобальному масштабі. Основна частина наукових публікацій та практичних реалізацій зосереджена в країнах Глобальної Півночі, тоді як у країнах, що розвиваються, зокрема в Латинській Америці, спостерігається дефіцит емпіричних досліджень та практичних кейсів. Це обмежує можливості адаптації технології до локальних умов та потребує активізації наукових і прикладних досліджень у цих регіонах.

З управлінської точки зору ключовим викликом є забезпечення масштабування агровольтаїчних систем. Це потребує формування комплексної політики, що поєднує підтримку інновацій, розвиток інфраструктури, удосконалення механізмів фінансування та підготовку кадрів. Особливу роль відіграє інтеграція агровольтаїки в стратегії сталого розвитку та енергетичного переходу, що дозволяє забезпечити синергію між економічними, екологічними та соціальними цілями.

Таким чином, агровольтаїчні системи виступають перспективним напрямом розвитку аграрного та енергетичного секторів, що поєднує підвищення ефективності використання ресурсів із забезпеченням екологічної стійкості. Водночас їх успішне впровадження залежить не лише від технологічних рішень, але й від якості управління, інституційного середовища та здатності адаптуватися до специфіки конкретних територій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення моделей управління агровольтаїчними системами, що враховують багаторівневу взаємодію економічних, екологічних та соціальних факторів.

Узагальнення результатів дослідження свідчить, що агровольтаїчні системи є перспективною моделлю інтегрованого використання земельних ресурсів, яка забезпечує одночасне досягнення економічних, екологічних та соціальних ефектів. Доведено, що ефективність їх функціонування визначається не лише технологічними параметрами, але й якістю управління, здатністю до координації між стейкхолдерами та рівнем розвитку інституційного

середовища. Встановлено, що впровадження агровольтаїки сприяє підвищенню продуктивності землекористування, оптимізації водних ресурсів та зниженню екологічного навантаження, однак потребує врахування специфіки локальних умов та адаптації управлінських підходів. Обґрунтовано, що ключовими передумовами масштабування агровольтаїчних систем є формування узгодженої державної політики, розвиток фінансових інструментів підтримки, підвищення рівня управлінських компетентностей та забезпечення соціальної прийнятності таких проєктів. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для розроблення стратегій сталого розвитку аграрного сектору та інтеграції відновлюваної енергетики у систему управління земельними ресурсами.

Список використаних джерел

1. Chalgynbayeva, A.; Gabnai, Z.; Lengyel, P.; Pestisha, A.; Bai, A. Worldwide Research Trends in Agrivoltaic Systems – A Bibliometric Review. *Energies* 2023, 16, 611.
2. Steadman, C.L.; Higgins, C.W. Agrivoltaic systems have the potential to meet energy demands of electric vehicles in rural Oregon, US. *Sci. Rep.* 2022, 12, 4647.
3. Pandey, G. A systematic review of agrivoltaics: Productivity, profitability, and environmental co-benefits. *Sustain. Prod. Consum.* 2025, 56, 13–36.

Каламан Ольга Борисівна, доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту організацій
Харенко Дмитро Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри туристичного та готельно-ресторанного бізнесу
Одеський національний економічний університет
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262437>

СИНЕРГІЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ ТА СІЛЬСЬКОГО ТУРИЗМУ: ІННОВАЦІЙНІ БІЗНЕС-МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

У сучасних умовах трансформації сільської економіки України особливої актуальності набуває пошук таких моделей розвитку територій, які поєднують енергетичну безпеку, економічну стійкість, екологічну орієнтацію та зростання локальної підприємницької активності. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті виступає агровольтаїка, тобто поєднання сільськогосподарського використання земельних ділянок із виробництвом електроенергії за допомогою сонячних панелей. В українській науковій думці агровольтаїка розглядається як міжгалузева модель, що поєднує аграрну, енергетичну, екологічну та управлінську складові. Паралельно з цим сільський і зелений туризм в Україні дедалі частіше трактується як інструмент активізації економіки громад, диверсифікації доходів населення, збереження локальної ідентичності та розвитку малого підприємництва [1-3]. Саме на перетині цих двох напрямів формується нове поле для інноваційних бізнес-моделей, здатних продукувати додану вартість не лише в межах окремого господарства, а й на рівні всієї територіальної громади.

Синергія агровольтаїки та сільського туризму є важливою насамперед тому, що вона змінює саму логіку використання сільської території. Якщо в традиційній моделі земля виконує переважно виробничу функцію, то в інноваційній моделі вона одночасно стає ресурсом для аграрного виробництва, генерації енергії, освітньо-демонстраційної діяльності, туристичної атракції та локального брендингу. У такому випадку громада отримує багатофункціональний простір, де поєднуються фермерські практики, екологічні цінності, технологічні інновації та досвідова економіка. В українських дослідженнях туризму останніх років дедалі чіткіше простежується підхід, за яким розвиток громади пов'язується не лише з наявністю природних чи історико-культурних ресурсів, а й зі здатністю території створювати комплексний, сучасний і конкурентоспроможний продукт [2-6]. Агровольтаїчні локації, у свою чергу, можуть стати основою саме такого інтегрованого продукту.

Важливо наголосити, що агровольтаїка має значення не лише як джерело додаткової електроенергії, а як модель багатоканального формування доходів. У правничому дослідженні А. Гетьмана та О. Статівки підкреслено, що впровадження агровольтаїчної діяльності в Україні пов'язане з міжнародними кліматичними зобов'язаннями, енергетичною трансформацією та необхідністю оновлення правового забезпечення такого виду господарювання [1]. У цьому сенсі агровольтаїка може розглядатися як інституційна платформа для нових форм партнерства між бізнесом, громадами, органами місцевого самоврядування та інвесторами. Якщо ж до цієї моделі додається туристична складова, виникає ефект економічного мультиплікатора: енергія забезпечує функціонування ферми чи садиби, сама агровольтаїчна інфраструктура стає об'єктом інтересу, а навколо неї формуються супутні послуги - екскурсії, дегустації, освітні події, продаж локальної продукції, гастрономічні маршрути, майстер-класи та розміщення туристів.

З позиції економіки територіальних громад особливо цінною є здатність такої синергії формувати нові ланцюги створення доданої вартості. У класичному сільському господарстві додана вартість концентрується на етапі виробництва сировини, тоді як переробка, маркетинг, збут і споживчий досвід залишаються поза межами громади. Натомість поєднання агровольтаїки із сільським туризмом дозволяє істотно подовжити цей ланцюг. Земля породжує не тільки аграрний продукт, а й електроенергію; ферма виконує не лише виробничу, а й презентаційну функцію; локальний продукт набуває значення туристичного сувеніра або гастрономічної пропозиції; енергоефективність стає частиною бренду території. У результаті громада отримує систему взаємопов'язаних джерел доходу [2-5; 7].

Науково обґрунтованою видається теза, що агровольтаїка може виконувати роль інфраструктурного ядра для нової туристичної спеціалізації громади. Таке ядро здатне об'єднувати навколо себе фермерські господарства, виробників локальної продукції, власників агросадиб, заклади харчування, освітні інституції та органи місцевого самоврядування. Тут йдеться про кластерний тип розвитку, де кожний учасник підсилює інших. Подібна логіка простежується в дослідженнях українських науковців, присвячених кластерам у туризмі, позиціонуванню громад і просторовому плануванню територій у контексті повоєнного відновлення [5; 6]. Для сільської громади це особливо важливо, оскільки дозволяє перейти від пасивного використання ресурсів до активного управління ними, створюючи стійку локальну екосистему послуг, виробництва й інновацій.

Сільський туризм у такій моделі перестає бути лише формою тимчасового розміщення туристів у приватних садибах. Він трансформується у складніший продукт, що включає в себе елементи екотуризму, агротуризму, гастрономічного туризму, освітнього туризму та туризму вражень. О. Терлецька демонструє, що екотуристичні маршрути можуть бути інструментом комплексного розвитку сільських громад, який сприяє створенню робочих місць, популяризації локальної культури та зміцненню місцевих економік [2]. У поєднанні з агровольтаїкою такий підхід може бути поглиблений: маршрут включає

демонстрацію інноваційного землекористування, приклади енергоефективної ферми, знайомство з локальним виробником, дегустацію продукції, участь у майстер-класі та перебування у середовищі, де технологія не руйнує сільський ландшафт, а інтегрується в нього. Це дає громаді якісно новий туристичний продукт, орієнтований на пізнання, екоосвіту та формування позитивного іміджу території.

Значний потенціал для такої інтеграції має й фактор локального брендингу. Як показують дослідження з розвитку туризму в громадах та аналізу туристичної привабливості конкретних територій, конкурентоспроможність громади дедалі більше залежить від її здатності пропонувати унікальний образ, чітко комуніковану ідентичність та впізнаваний набір цінностей [3; 5]. Агровольтаїка в цьому разі може виступати символом сучасності, екологічної відповідальності й управлінської інноваційності. Якщо громада позиціонує себе як територія, де поєднуються чиста енергія, локальне фермерство, екологічний стиль життя та гостинність, вона формує сильну ринкову відмінність. Це особливо актуально, коли турист все більше цінує безпечні, змістовні, екологічно орієнтовані та автентичні подорожі Україною.

Ще одним важливим аспектом є інноваційність бізнес-моделей, які можуть виникати на перетині агровольтаїки і сільського туризму. Усі моделі передбачають, що додана вартість формується не в одному сегменті, а через взаємодію виробництва, сервісу, маркетингу, логістики та цифрової комунікації [2-6]:

1) фермерсько-туристична: основний акцент робиться на поєднанні сільськогосподарського виробництва з екскурсійною та дегустаційною діяльністю;

2) енергетично-сервісна: генерована електроенергія використовується для забезпечення функціонування туристичної інфраструктури (еко-садиб, кемпінгів);

3) освітньо-демонстраційна: агровольтаїчні об'єкти є платформою для форумів, воркшопів, студентських візитів, презентацій для інвесторів і громад;

4) кластерна: кілька суб'єктів громади об'єднуються навколо спільного бренду та комплексного туристичного продукту.

Інноваційна природа таких моделей вимагає й нового управлінського підходу з боку територіальних громад. Йдеться про стратегічне бачення просторового розвитку, у якому аграрне виробництво, відновлювана енергетика та туризм розглядаються як елементи єдиної системи. Белобородова М. наголошує на важливості інтегрованого управління туристично-рекреаційними системами, урахування соціально-екологічних детермінант, інклюзивності та активної участі стейкхолдерів територіальних громад [7]. Для теми агровольтаїки це положення має особливе значення: без залучення громади, прозорості комунікації, локальної підтримки, чітких правил землекористування та стратегічної координації такий проєкт ризикує залишитися ізольованою технічною ініціативою. Натомість у разі інтегрованого підходу він стає частиною місцевої економічної політики.

Окремої уваги заслуговує соціальний ефект синергії агровольтаїки та сільського туризму. Для багатьох українських громад критично важливими є створення нових робочих місць, закріплення населення на місцях, підтримка малого підприємництва та формування позитивних сценаріїв розвитку. Сільський і зелений туризм розглядаються українськими авторами як один із реальних інструментів підвищення життєздатності громад, активізації внутрішнього ринку подорожей і розвитку місцевої інфраструктури [4-6; 8]. Якщо цей сектор буде підсилений агровольтаїчними рішеннями, тоді громада отримує сучасний і символічно сильний проєкт, що об'єднує відновлення, стійкість, інновації і локальність. Цей результат важливий соціокультурно, адже сприяє новому осмисленню ролі сільської території в національній економіці. Водночас слід враховувати і низку обмежень:

- розвиток агровольтаїки в Україні потребує правового забезпечення, адаптованого до особливостей аграрного та енергетичного використання земель;

- існує проблема стартових інвестицій, що є особливо чутливою для невеликих фермерських господарств і сільських громад;

- туристичний продукт на основі агровольтаїки потребує професійного маркетингу, цифрової присутності, якісного сервісу і взаємодії між суб'єктами;

- для формування стійкої моделі необхідно забезпечити баланс між інноваційністю та збереженням автентичного характеру сільської місцевості.

Отже, синергія агровольтаїки та сільського туризму є перспективним напрямом формування інноваційних бізнес-моделей розвитку територіальних громад України. Вона дозволяє перейти від галузевого мислення до інтегрованого бачення місцевого розвитку, у якому одна й та сама територія одночасно створює аграрну, енергетичну, туристичну та соціальну цінність. Такий підхід розширює ланцюг створення доданої вартості, посилює економічну самодостатність громади, сприяє формуванню локального бренду та відкриває нові можливості для України.

Список використаних джерел

1. Гетьман А. П., Статівка О. О. Правниче забезпечення агровольтаїчної діяльності в Україні у контексті міжнародних кліматичних зобов'язань. *Право України*. 2025. № 8. С. 73–83. DOI: 10.33498/lopu-2025-08-073.

2. Терлецька О. В. Екотуристичні маршрути як інструмент розвитку сільських громад. *Економіка та суспільство*. 2025. №76. DOI:10.32782/2524-0072/2025-76-33.

3. Габчак Н. Ф., Габчак С. Є. Аналіз туристичної привабливості Полянської територіальної громади Закарпатської області. *Економіка та суспільство*. 2024. №65. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-65-27.

4. Табенська О. І. Тенденції розвитку екологічного туризму в Україні. *Економіка та суспільство*. 2024. №70. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-70-149.

5. Тимошенко Т., Шевчук О., Шевчук О. «Лагідний» маркетинг та позиціонування громад і регіонів в контексті повоєнного відновлення туризму в

Україні з врахуванням світового досвіду. *Економіка та суспільство*. 2024. №64. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-64-152

6. Періг Т. Зелений туризм на сучасному туристичному ринку: перспективні інноваційні рішення для України. *Економіка та суспільство*. 2025. №76. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-76-110.

7. Белобородова М. В. Інтегрований розвиток регіональних туристично-рекреаційних систем на засадах соціально-екологічної відповідальності : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.05. Одеса, 2025. 490 с.

8. Тищук І. Сільський зелений туризм як інструмент розвитку громад. *Економіка та суспільство*. 2026. №84. DOI: 10.32782/2524-0072/2026-84-57

Карпов Володимир Анатолійович,
доцент кафедри економіки, права та
управління бізнесом Одеського
національного економічного
університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262471>

ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ПО ІНВЕСТИЦІЙНОМУ МОДЕЛЮВАННЮ У АГРОВОЛЬТАЇЦІ

Сучасний світ бізнесу агровольтаїці перебуває у стані постійної трансформації, спричиненої глобалізацією, цифровізацією та зростанням технологічної складності економічних процесів. Динамічні ринкові умови, інтенсивна конкуренція та поява нових моделей взаємодії між учасниками ринку вимагають від підприємців не лише глибокого розуміння власного продукту чи послуги, але й здатності чітко прогнозувати, планувати та коригувати стратегію розвитку бізнесу. У цих умовах ключову роль відіграє бізнес-план як стратегічний документ, що поєднує у собі фінансові розрахунки, маркетинговий аналіз, оцінку ризиків і бачення майбутнього розвитку підприємства. Він перетворюється на дієвий інструмент управління, який допомагає не лише сформулювати цілі, а й забезпечити послідовне їх досягнення у реальному ринковому середовищі.

З функціональної точки зору практично в економічних процесах використовується універсальне, спеціальне та спеціалізоване програмне забезпечення. До універсального програмного забезпечення відносять текстові редактори та електронні таблиці, як у рамках офісних пакетів (Microsoft Office), так і окремих, самостійних програм (PolyEdit, AbiWord). Спеціальне програмне забезпечення містить у собі насамперед різні статистичні програми (StatSoft Statistica) і використовується у рамках розрахунково-аналітичної діяльності. Що ж стосується спеціалізованого програмного забезпечення, то воно використовується, як у виробничій, так і у фінансово-інвестиційній діяльності суб'єктів господарювання [1].

Особливої уваги заслуговує тенденція впровадження штучного інтелекту у системи бізнес-планування. Алгоритми AI допомагають автоматично генерувати текстові описи, аналізувати ринкові тенденції, формувати фінансові прогнози та навіть пропонувати варіанти розвитку підприємства. Такі функції суттєво підвищують точність розрахунків, скорочують час підготовки бізнес-плану та дають змогу підприємцям зосередитися на стратегічних рішеннях, а не на технічних аспектах підготовки документації.

Для оцінки інвестиційної привабливості підприємств і ефективності передбачуваних інвестицій, як правило, потрібна група експертів, що володіють спеціальними знаннями в різних галузях економіки (маркетинг, фінансовий і управлінський облік, інвестиції, податкове планування). Такі кадри є у консалтингових фірм, які надають послуги підприємствам. Однак вартість цих послуг сьогодні багатьом підприємствам недоступна.

Тому єдиною можливістю, самостійно, розрахувати та проаналізувати інвестиційний проект, провести аналіз фінансово-господарчої діяльності для оцінки інвестиційної привабливості свого підприємства, розробити стратегічний план розвитку, за допомогою власних фахівців, є їхнє навчання сучасним методам інвестиційного проектування за рахунок використання спеціальних комп'ютерних програм.

Відтак, в наш час, розроблено достатньо багато програмних продуктів, що дозволяють прискорити інвестиційне проектування. До найбільш відомих відносяться продукти COMFAR, ASANA, LivePlan, Upmetrics, Bizplan, IdeaBuddy, Probject Expert, ATREY, Energy Invest тощо [3].

Відомим програмним продуктом для проектування інвестиційних проектів є програма "COMFAR". Методичною основою даної програми є методика Організації з промислового розвитку ООН (так звана методика ЮНІДО). "COMFAR" являє собою програмний засіб для Windows. Система реалізована повністю англійською мовою, вихідні дані, опис і керівництво користувача також англійською. Для виключення можливостей несанкціонованого використання застосована апаратна захист у вигляді ключа. Останнім часом на сайті ЮНІДО з'явилася демонстраційна версія програми і ви можете з нею ознайомитися на сайті <http://www.unido.org/stdoc.cfm?did=50113>. [2]

LivePlan <https://startupsavant.com/liveplan-review> – це інструмент для бізнес-планування та фінансового прогнозування, що працює на базі штучного інтелекту (ШІ). Платформа може похвалитися низкою корисних інструментів, які дозволяють власникам бізнесу створювати бізнес-плани, підготувати інвестиційні звіти та зробити фінансові прогнози для зростання свого бізнесу – все в одній простій у використанні платформі [6].

Upmetrics <https://upmetrics.co> – інтуїтивний планувальник з AI-помічником. Upmetrics пропонує комплексне рішення для малих підприємств і стартапів, спрощуючи процес створення бізнес-планів, фінансових прогнозів та стратегічного планування. Платформа дозволяє підприємцям та командам працювати спільно над документами, ефективно координувати дії, відслідковувати виконання проектів та оперативно коригувати стратегії.

Bizplan <https://www.bizplan.com/start> – конструктор планів з акцентом на фандрайзинг. Bizplan – онлайн-платформа, що входить до екосистеми Startups.com і орієнтована на підтримку підприємців на всіх етапах створення та розвитку бізнесу. Програма поєднує інтуїтивний конструктор бізнес-планів, фінансові інструменти, навчальні матеріали та інтеграцію з платформою Fundable, що дозволяє презентувати проект потенційним інвесторам безпосередньо в онлайн-форматі [7].

IdeaBuddy <https://ideabuddy.com/> — комплексний інструмент для розробки та валідації бізнес-ідей. У сучасному динамічному бізнес-середовищі, де перевірка життєздатності ідеї є критичною перед початком інвестування, IdeaBuddy вирізняється як комплексна платформа для розробки, тестування та валідації бізнес-концепцій. На відміну від традиційних інструментів

бізнес-планування, IdeaBuddy орієнтований на найраніші стадії створення бізнесу — від первинної ідеї до її перетворення в готовий до реалізації проект [8].

ASANA <https://asana.com/download> - управління проектами та завданнями. У сучасному світі віддаленої роботи та розподілених команд, коли координація проектів та завдань потребує високої чіткості та ефективності, Asana вирізняється як ефективний інструмент для організації робочих процесів [9].

Microsoft Office Project <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/project/project-management> це професійна програма для управління проектами, що входить до сімейства Microsoft Office. Вона дозволяє створювати плани, розподіляти ресурси, відстежувати прогрес, аналізувати бюджети та використовувати діаграми Ганта для візуалізації критичних шляхів. Програма підходить як для індивідуальної, так і для командної роботи, пропонуючи як локальні, так і хмарні рішення.

Artemis <https://www.aisc.com/> - це рішення, що базується на використанні web- додатку і дозволяє компаніям застосувати спадний підхід до керування та оцінки інвестицій. Система Artemis допомагає зменшити випадки розтрачання ресурсів на ініціативи, що не мають великої значимості для компанії. Вона сприяє підвищенню управлінської дисципліни і поліпшенню обміну інформації між усіма рівнями компанії [10].

На жаль, вітчизняних програмах продуктів з якісним інтерфейсом та широким діапазоном інструментів планування та аналізу комерційних проектів дуже обмежено. Наведемо опис деяких із них.

Грант на власну справу <https://www.dcz.gov.ua/people/micro> - шаблон бізнес-плану для отримання гранту від Державної служби зайнятості (на прикладі програми «Власна справа» до Дія) включає резюме, опис ідеї, аналіз ринку, маркетинговий та фінансовий плани.

ATREY <https://www.blogbusiness.com.ua/primer-biznes-plana-s-raschetami/> - фінансова модель планування та аналізу підприємницьких проектів. Програма підготовлена вітчизняними енетузіастами з великим досвідом консультування бізнесу. ATREY є кульмінацією попередніх розробок. Програма реалізована в середовищі Excel, дуже велика за функціональним обсягом, має багато графічних інструментів аналізу проектів. В даний час остання версія програми розповсюджується безкоштовно. Інтерфейс програми досить тяжкий. Однак, автори підготували посібник для користувачів, який доступний на їхньому сайті.

Програма «Порівняння проектів» <http://dl.oneu.edu.ua/course/view.php?id=312> - учбова програма ОНЕУ для автоматизації розрахунків показників ефективності альтернативних інвестиційних проектів. Програма «Порівняння проектів» дозволяє для певного структурованого набору грошового потоку розрахувати показники ефективності, побудувати криву ефективності проекту і порівняти два альтернативні проекти. Пакет складається з трьох файлів «NPV-1 проект», «NPV-2 проект» і «Крапка Фішера». Перший і другий файли абсолютно ідентичні по структурі і алгоритмам розрахунків, тому, якщо аналізується один

проект, то одного файлу достатньо для аналізу показників ефективності проекту. При аналізі двох альтернативних проектів необхідний третій файл «Крапка Фішера», для які обидва файли є ввідними інформаційними файлами [4].

У 2025-2026 роках спеціалістами ОНЕУ спільно зі студентами було здійснено спробу підготувати програмний продукт для аналізу навчальних підприємницьких проектів для бакалаврів Одеського національного економічного університету. Робоча назва програми Project Efficiency. Ver.1. Програма підготовлена у середовищі Excel. Програма має всі основні вхідні та вихідні блоки для аналізу оцінки реалістичності реалізації підприємницького проекту. Обрій планування проекту складає 10 років. Проекти з меншим життєвим циклом під час заповнення вхідних форм заповнюються на необхідну кількість років, незаповнені роки ігноруються програмою при розрахунку. Project Efficiency. Ver.1. проходить тестування у навчальному процесі. Програма дотримується методики UNIDO.

Список використаних джерел

1. Проектний аналіз: навчальний посібник /за редакцією проф. Карпова В.А.). К.: Видавничий дім «Кондор». 2019. 320 с.
2. COMFAR III Expert. Версія для Windows. Руководство пользователя. ЮНИДО (United Nations Industrial Development Organization). 2003
3. Інформаційні системи у наукових дослідженнях (для аспірантів та студентів економічних спеціальностей): навчальний посібник – 2-е доповнене видання/за редакцією професора Карпова В. А. К.: Видавничий дім «Кондор». 2018. 200 с.
4. Карпов В.А. Методичні рекомендації щодо використання програми розрахунку критеріїв ефективності інвестиційних проектів «Розрахунок NPV», Вер. 2.0 у навчальному процесі (посібник користувача).- Од.: ОДЕУ. 2012. 24 с.
5. Карпов В.А., Маркітан О.С., Малишко В.С., Мацкул В.М. Методичні рекомендації щодо використання ПЕОМ у дипломних дослідженнях (для студентів спеціальності економіка підприємства всіх форм навчання). Одеса: ОДЕУ. Ротапрінт. 2006. 116с.
6. Огляд LivePlan 2026. URL: <https://startupsavant.com/liveplan-review/> (дата звернення 12.03.2025).
7. Build your empire on solid foundations. URL: <https://www.bizplan.com/start> (дата звернення 12.03.2025).
8. Bring your business idea to life. URL: <https://ideabuddy.com/> (дата звернення 12.03.2025).
9. Asana for desktop: a more focused experience. URL: <https://asana.com/download> (дата звернення 12.03.2025).
10. Meet the future of business software. URL: <https://www.aisc.com/> (дата звернення 12.03.2025).

Мишаглі Вероніка Олегівна,
здобувач вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня, 1 курсу
Факультету менеджменту, обліку та
інформаційних технологій
Одеського національного економічного
університету, спеціальність D3
«Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., старший
викладач кафедри менеджменту
організацій Одеського національного
економічного університету Ковальський
А. О.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262478>

УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ АГРОВОЛЬТАІЧНИХ ПРОЄКТІВ У ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОБІЗНЕСУ УКРАЇНИ

Інвестиційна діяльність в агропромисловому комплексі виступає однією з ключових передумов економічного та соціального розвитку як України загалом, так і окремих її регіонів. Саме залучення інвестицій сприяє модернізації виробництва, впровадженню інноваційних технологій та підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору. У сучасних умовах особливої актуальності набуває розвиток проєктів, що поєднують економічну ефективність із принципами сталого розвитку. Зокрема, впровадження агровольтаїчних систем відкриває нові можливості для оптимізації використання ресурсів, підвищення енергетичної незалежності та забезпечення стабільного функціонування агробізнесу.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності управління інвестиційним забезпеченням агробізнесу в умовах енергетичної нестабільності та обмеженості ресурсів в Україні. Особливого значення набуває впровадження інноваційних рішень, зокрема агровольтаїчних проєктів, які поєднують виробництво сільськогосподарської продукції з генерацією відновлюваної енергії. Такі проєкти створюють нові можливості для диверсифікації джерел доходів, підвищення енергетичної незалежності підприємств та забезпечення їх фінансової стійкості, що зумовлює необхідність дослідження особливостей управління їх інвестиційним забезпеченням.

Метою дослідження є обґрунтування теоретичних засад і практичних підходів до управління інвестиційним забезпеченням агровольтаїчних проєктів у підприємствах агробізнесу України, а також визначення факторів, що впливають на їх ефективність, інвестиційну привабливість і фінансову результативність.

Агровольтаїка являє собою інноваційний підхід, що поєднує використання сонячної енергетики та ведення сільського господарства на одній

земельній ділянці. Особливість цієї концепції полягає в тому, що встановлення сонячних панелей не потребує вилучення земель із сільськогосподарського обігу, оскільки під ними можливе вирощування культур або використання території для тваринництва. Такий підхід сприяє більш раціональному використанню ресурсів і формуванню багатофункціонального простору, де одночасно здійснюється виробництво продукції та генерація відновлюваної енергії.

На сучасному етапі агровольтаїка в Україні перебуває на початковій стадії розвитку, проте існують значні передумови для її активного впровадження. Зокрема, періоди найбільш інтенсивного виробництва електроенергії сонячними установками збігаються з фазами активної діяльності в аграрному секторі, що створює можливість для фермерських господарств частково або повністю забезпечувати власні енергетичні потреби[1].

Важливою перевагою агровольтаїки є її здатність підвищувати адаптивність аграрного виробництва до змін клімату. Розміщення сонячних панелей створює часткове затінення, що сприяє зниженню температури ґрунту та зменшенню втрат вологи. Це позитивно впливає на врожайність окремих культур і дозволяє більш ефективно використовувати водні ресурси, знижуючи витрати на зрошення. Впровадження агровольтаїчних систем відкриває нові можливості для фінансової стабільності підприємств. Комбінування доходів від продажу електроенергії та аграрної продукції дозволяє знизити залежність від сезонних коливань ринку та підвищує інвестиційну привабливість бізнесу[3].

З економічної точки зору агровольтаїчні проєкти формують диверсифіковану модель доходів, що знижує загальний рівень фінансових ризиків. У разі зниження врожайності підприємство може компенсувати втрати за рахунок енергетичного компонента, що забезпечує більшу стабільність діяльності. Крім того, агровольтаїка підвищує ефективність використання земель, забезпечуючи одночасне отримання продукції та електроенергії, що дозволяє збільшити сумарну продуктивність ділянки та прибутковість підприємств[4].

Українські дані свідчать про активний розвиток сонячної енергетики: лише за перші місяці 2025 року було введено понад 500 МВт нових потужностей, значна частина яких використовується бізнесом для власного споживання. Це підтверджує зростаючий інтерес аграрного сектору до енергетичної автономії[2].

Зростання таких потужностей свідчить про трансформацію підходів до ведення агробізнесу, де поряд із виробництвом продукції все більшої ваги набувають питання енергоефективності та оптимізації витрат. Фінансово-економічне обґрунтування є ключовим етапом планування агровольтаїчних систем. Основна мета цього етапу – оцінити рентабельність проєкту, визначити інвестиційну привабливість та спрогнозувати фінансові результати. Комбіновані доходи дозволяють скоротити строк окупності та підвищити стійкість проєктів[4].

При оцінці ефективності використовуються показники NPV, IRR та строк окупності інвестицій, що дозволяє більш точно визначити доцільність реалізації

проектів. Планування доходів включає врахування тарифів на електроенергію, витрат на встановлення та обслуговування систем, а також ефективності аграрної складової. Це дозволяє сформувати повну фінансову модель. Ефективне управління агровольтаїчними проектами передбачає планування, координацію ресурсів і контроль виконання всіх етапів. Важливу роль відіграє взаємодія між технічними та аграрними спеціалістами. Використання цифрових технологій моніторингу дозволяє контролювати ефективність роботи систем у реальному часі та підвищує якість управлінських рішень. Оцінка ризиків є невід'ємною складовою управління. До основних належать фінансові, технологічні та кліматичні ризики, а також зміни законодавства. Їх урахування дозволяє підвищити стабільність проектів.

Масштабування агровольтаїчних проектів дозволяє підвищити ефективність бізнесу за рахунок розширення діяльності та оптимізації управління ресурсами. Бізнес-моделі агровольтаїки базуються на поєднанні аграрного та енергетичного компонентів, що забезпечує стабільність доходів і підвищує інвестиційну привабливість[4].

Соціально-економічні ефекти проявляються у створенні робочих місць, розвитку сільських територій та підвищенні енергетичної незалежності.

Крім того, агровольтаїка сприяє впровадженню інновацій у сільське господарство та підвищенню рівня технологічного розвитку галузі.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність упровадження агровольтаїчних проектів у підприємствах агробізнесу України та обґрунтовують необхідність ефективного управління їх інвестиційним забезпеченням. Встановлено, що поєднання аграрного виробництва з генерацією відновлюваної енергії сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, диверсифікації доходів і зниженню фінансових ризиків. Застосування сучасних підходів до управління інвестиціями дозволяє підвищити інвестиційну привабливість проектів, скоротити строк їх окупності та забезпечити стабільні фінансові результати підприємств. Це підтверджує, що агровольтаїка є перспективним напрямом розвитку агробізнесу України та ефективним інструментом реалізації інвестиційної стратегії підприємств.

Список використаних джерел:

1. Агровольтаїка: нові можливості для української енергетики та агросектора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sace.gov.ua/news/ahrovoltaika-novi-mozhlyvosti-dlia-ukrainskoi-enerhetyky-ta-ahrosektora> (дата звернення: 31.03.2026).

2. Ukraine adds 500 MW of solar in H1 [Електронний ресурс] // PV Magazine International. – Режим доступу: <https://www.pv-magazine.com> (дата звернення: 31.03.2026).

3. Agrivoltaics: An economic option for farmers and rural development [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieefa.org/resources/agrivoltaics-economic-option-farmers-and-rural-development/> (дата звернення: 31.03.2026).

4. A systematic review of agrivoltaics: productivity, profitability, and environmental co-benefits [Электронный ресурс] // ScienceDirect.
– Режимдоступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550925000569> (дата звернення: 31.03.2026).

Москалюк Ганна Олександрівна,
доцент кафедри менеджменту
організацій ОНЕУ, спеціальність D3
«Менеджмент»

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262498>

УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЮ ПРИВАБЛИВІСТЮ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

В умовах глобальної енергетичної трансформації, кліматичних змін та необхідності забезпечення продовольчої безпеки особливої актуальності набуває розвиток інтегрованих моделей використання ресурсів, зокрема агровольтаїки. Агровольтаїчні системи поєднують виробництво сільськогосподарської продукції та генерацію сонячної енергії, забезпечуючи ефективніше використання земельних ресурсів та сприяючи сталому розвитку економіки.

Згідно з даними міжнародних організацій, частка відновлюваної енергії у Європейському Союзі у 2024 році досягла 25,4% кінцевого енергоспоживання, а в електроенергетиці – близько 47% [1]. Водночас глобальні тенденції передбачають трикратне зростання встановлених потужностей ВДЕ до 2030 року [2]. Для України проблема є ще більш актуальною: внаслідок військових дій лише у перші два роки втрачено близько 30% аграрного потенціалу, а прямі збитки перевищили 10 млрд дол. США [3]. У цих умовах агровольтаїка виступає інструментом одночасного відновлення агросектору та енергетичної незалежності. Водночас інвестиційна привабливість таких проєктів значною мірою залежить від впровадження принципів корпоративної соціальної відповідальності (КСВ), які формують довіру інвесторів, знижують ризики та підвищують соціальну легітимність бізнесу.

Проблематика агровольтаїки та сталого розвитку активно досліджується у працях зарубіжних і вітчизняних науковців, серед яких: Г. Баррон-Гаффорд, J. Pearce, D. Soto-Gómez, Kamran Ali Khan Niazi, Marta Victoria, Довгаль О., Борко Т., Мирошкіна Н., Суріна Г, Конопляник Д. тощо. Наукові дослідження доводять, що агровольтаїка забезпечує підвищення ефективності використання земельних ресурсів, зменшення деградації ґрунтів, зниження викидів CO₂, підвищення стійкості аграрних систем до кліматичних змін тощо. Водночас питання управління інвестиційною привабливістю таких проєктів на основі КСВ залишаються недостатньо розробленими, що визначає необхідність подальших досліджень в цій царині.

Аналіз міжнародних та українських статистичних даних свідчить про значний потенціал розвитку агровольтаїчних систем (рис. 1).

У світі встановлено близько 2,8 ГВт агровольтаїчних потужностей, з яких майже 70% припадає на Китай.

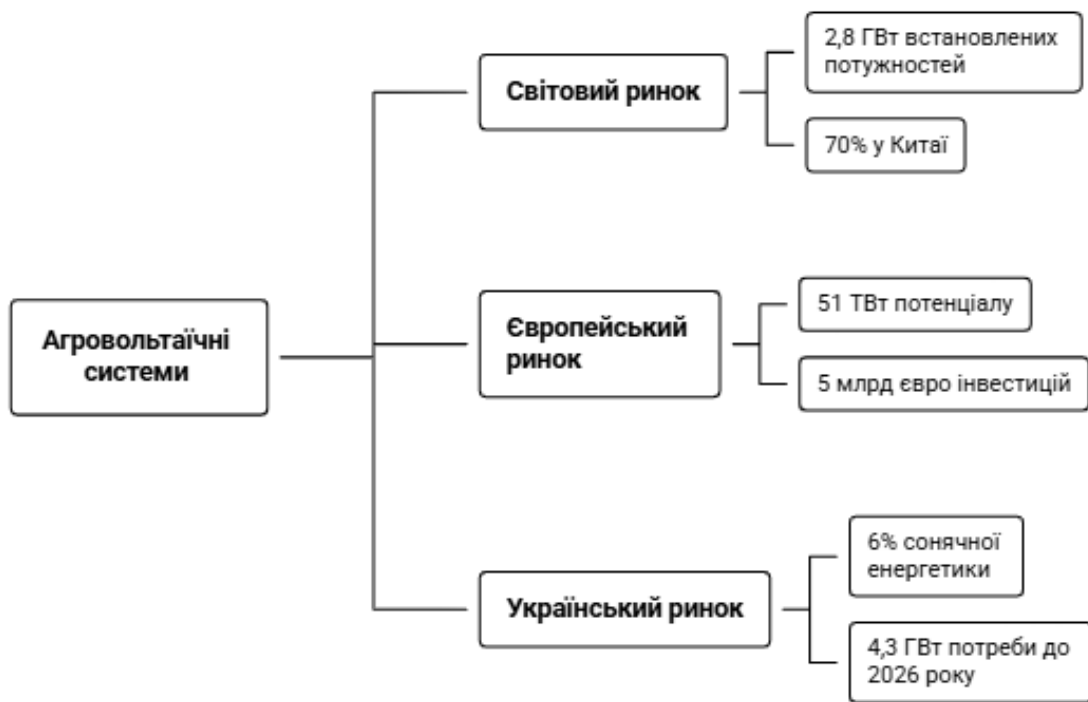


Рис. 1. Потенціал розвитку агровольтаїчних систем
Джерело: складено авторкою на підставі [1, 2, 4]

Потенціал агровольтаїки в Європі оцінюється у понад 51 ТВт, що у 28 разів перевищує поточне споживання електроенергії [4]. Європейські компанії інвестували понад 5 млрд євро у розвиток ВДЕ, включаючи агровольтаїку [5].

В Україні частка сонячної енергетики перевищила 6% виробництва електроенергії у 2024 році [6]. Потреба у нових потужностях ВДЕ в Україні оцінюється на рівні 4,3 ГВт до 2026 року [7].

Інвестиційна привабливість агровольтаїчних проєктів визначається сукупністю економічних, екологічних та соціальних факторів. В умовах сталого розвитку ключову роль відіграє інтеграція принципів корпоративної соціальної відповідальності. Інвестиційна привабливість значною мірою залежить від державної підтримки, податкових стимулів та регуляторної стабільності. Європейський досвід (зокрема політика ЄС щодо досягнення 42,5% ВДЕ до 2030 року) демонструє ефективність комплексної державної політики.

У сучасних умовах прийняття інвестиційних рішень дедалі більше ґрунтується на концепції ESG (Environmental, Social, Governance), яка дозволяє комплексно оцінити сталий розвиток проєктів та рівень їх ризиків. Для агровольтаїчних систем ESG-оцінка виступає ключовим інструментом підвищення їх інвестиційної привабливості.

У табл. 1 наведено інтегровану модель ESG-оцінювання агровольтаїчних проєктів. Проведений аналіз свідчить, що агровольтаїчні проєкти мають високий потенціал за всіма трьома компонентами ESG, зокрема:

1) екологічний компонент (E) є найбільш сильним, оскільки такі проєкти забезпечують одночасне виробництво енергії та сільськогосподарської

продукції без додаткового навантаження на земельні ресурси, що відповідає цілям декарбонізації економіки.

Таблиця 1

ESG-оцінка агровольтаїчних проєктів

Компонент ESG	Критерій оцінки	Показники	Вплив на інвестиційну привабливість
1	2	3	4
Environmental	Скорочення викидів CO ₂	т CO ₂ /рік	Підвищує доступ до «зеленого» фінансування
	Ефективність використання землі	% подвійного використання	Зменшує ресурсні ризики
	Збереження водних ресурсів	% Економії води	Підвищує стійкість до кліматичних змін
	Біорізноманіття	Індекс відновлення екосистем	Формує екологічну репутацію
Social	Зайнятість населення	Кількість робочих місць	Підвищує соціальну підтримку
	Вплив на громади	Рівень локальних інвестицій	Зменшує соціальні конфлікти
	Енергетична доступність	Частка локального споживання енергії	Підвищує соціальну значущість
	Безпека праці	Рівень травматизму	Знижує операційні ризики
Governance	Прозорість управління	Рівень розкриття інформації	Підвищує довіру інвесторів
	Антикорупційна політика	Наявність ESG-звітності	Знижує інституційні ризики
	Управління ризиками	Наявність системи risk-management	Забезпечує стабільність інвестицій
	Взаємодія зі стейкхолдерами	Рівень залучення	Підвищує довгострокову ефективність

Джерело: складено авторкою на підставі власних досліджень та [1; 2; 4-6]

З точки зору екологічного аспекту впровадження агровольтаїки сприяє скороченню викидів парникових газів, покращенню мікроклімату та збереженню вологи, боротьбі з деградацією земель. Слід відмітити, що це відповідає принципам ESG, які є визначальними для сучасних інвесторів.

2) соціальний компонент (S) проявляється через розвиток сільських територій, створення робочих місць, розвиток локальних громад та підвищення енергетичної безпеки, що особливо актуально для України в умовах післявоєнного відновлення економіки.

3) управлінський компонент (G) визначає рівень довіри інвесторів і є критичним фактором залучення міжнародного капіталу, особливо через механізми ESG-фінансування та «зелених» облігацій. Тобто в економічному аспекті агровольтаїка дозволяє диверсифікувати доходи підприємств (аграрна продукція та електроенергія), знизити операційні витрати, підвищити ефективність використання земель. Однак високі початкові капітальні витрати залишаються ключовим бар'єром для інвесторів.

Отже, можна зробити такі загальні висновки.

1. Агровольтаїчні проєкти мають високий інвестиційний потенціал завдяки синергії аграрного та енергетичного секторів.

2. Інтеграція принципів КСВ підвищує рівень довіри інвесторів та знижує інвестиційні ризики.

3. Найбільш ефективною є модель ESG-орієнтованого управління, яка враховує екологічні, соціальні та управлінські фактори.

4. Для України ключовими драйверами розвитку є відновлення аграрного сектору, енергетична незалежність, інтеграція до європейського ринку. Україна має значний потенціал для розвитку агровольтаїки як ESG-орієнтованого інвестиційного напрямку, однак вагомим і пріоритетним фактором підвищення інвестиційної привабливості залишається удосконалення корпоративного управління та прозорості бізнес-процесів, що відповідає основним принципам КСВ.

Список використаних джерел

1. Share of energy consumption from renewable sources in Europe. 06.11.2025. URL:

https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/share-of-energy-consumption-from?utm_source (дата звернення: 06.04.2026).

2. Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030. International energy agency. 2024. URL:

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/88a07dd9-42fe-4232-842e-9015b4b647f8/Renewables2024.pdf> (дата звернення: 06.04.2026).

3. Захарова В. Прямі збитки українського агросектору, завдані війною, перевищили \$10 млрд. *Комерсант*. 19.06.2024. URL: <https://komersant.ua/priami-zbytky-ukrainskoho-ahrosektoru-zavdani-viynoiu-perevyshchyly-10-mlrd/> (дата звернення: 06.04.2026).

4. Kamran Ali Khan Niazi, Marta Victoria. Comparative analysis of PV configurations for agrivoltaic systems in Europe. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. 2023. № 31(11). P. 1101-1113. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/pip.3727> (дата звернення: 07.04.2026).

5. Dovgal O., Borko T., Miroshkina N., Surina H., Konoplianyk D. Using sustainable development strategies to increase the competitive advantages of agricultural enterprises. *Ekonomika APK*. 2025. № 32(3). P. 69-82. URL: <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/3.2025.69> (дата звернення: 09.04.2026).
6. Solar energy in Europe and Ukraine in 2024. URL: https://alteco.in.ua/en/about-us/all-news/solar-energy-in-europe-and-ukraine-in-2024?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 09.04.2026).
7. Україні потрібні 4,3 ГВт нових потужностей ВДЕ, – аналітичний звіт. 11.02.2025. URL: <https://100re.org.ua/ukrayini-potribni-43-gvt-novyh-potuzhnostej-vde-analitychnyj-zvit/> (дата звернення: 07.04.2026).

Некрасова Єва Дмитрівна, здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 1 курсу Факультету менеджменту, обліку та інформаційних технологій Одеського національного економічного університету, спеціальність D3 «Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., старший викладач кафедри менеджменту організацій Одеського національного економічного університету Ковальський А. О.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262515>

УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЕМ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ІНВЕСТИЦІЙ У АГРОХОЛДИНГАХ

Розвиток агрохолдингів в умовах сучасної економіки супроводжується необхідністю підвищення ефективності управління інвестиційними ресурсами та пошуку нових напрямів їх використання. Одним із перспективних інструментів є формування портфеля агровольтаїчних інвестицій, що поєднує аграрне виробництво із генерацією відновлюваної енергії. У цьому контексті управління таким портфелем набуває особливої ваги, оскільки потребує врахування специфіки функціонування агрохолдингів, багатфакторності інвестиційних рішень та необхідності забезпечення балансу між економічною ефективністю, екологічною доцільністю та соціальною відповідальністю.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки в умовах глобальних кліматичних змін, обмеженості ресурсів та зростання вимог до сталого розвитку аграрного сектору. Для агрохолдингів, які функціонують у складному та динамічному економічному середовищі, особливого значення набуває диверсифікація інвестиційної діяльності та підвищення ефективності використання фінансових ресурсів. У цьому контексті агровольтаїчні інвестиції виступають інноваційним напрямом, що поєднує економічну доцільність із екологічними та соціальними перевагами, проте потребує науково обґрунтованих підходів до управління відповідним інвестиційним портфелем.

Метою дослідження є визначення особливостей та обґрунтування підходів до управління портфелем агровольтаїчних інвестицій в агрохолдингах з урахуванням їх впливу на ефективність використання фінансових ресурсів, диверсифікацію діяльності та забезпечення сталого розвитку.

З огляду на зазначене, доцільним є розгляд сутності агровольтаїчних систем як об'єкта інвестування, а також визначення їх ролі у формуванні ефективної інвестиційної стратегії агрохолдингів.

Агровольтаїка – це один із підходів, який продемонстрував значні перспективи щодо переваг у зв'язку між продовольством, енергією та водою.

Агровольтаїчна система передбачає встановлення фотоелектричних панелей над сільськогосподарськими угіддями для виробництва електроенергії, а також дозволяє вирощувати сільськогосподарські культури [1].

Використання агровольтаїчних систем має не лише економічний ефект, але й вагомє значення з точки зору екологічної та соціальної складових розвитку.

Потенційні переваги агровольтаїчних систем у сфері екологічних послуг узгоджуються з досягненням Цілей сталого розвитку ООН. Зокрема, їх здатність забезпечувати продовольчу та енергетичну безпеку, раціонально використовувати водні та земельні ресурси, зменшувати негативний вплив на клімат і сприяти збереженню біорізноманіття визначає їх як ефективний інструмент сталого розвитку.

Однією з ключових глобальних цілей, прийнятих Організацією Об'єднаних Націй у 2015 році, є Ціль сталого розвитку 7, яка передбачає забезпечення доступу до недорогої, надійної, сталої та сучасної енергії для всіх [1]. Агровольтаїчні системи безпосередньо сприяють досягненню цієї мети шляхом інтеграції сонячної генерації в сільськогосподарське виробництво, що дозволяє аграрним підприємствам і сільським громадам виробляти електроенергію та зменшувати залежність від викопного палива.

Крім того, використання агровольтаїчних систем створює передумови для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Завдяки зменшенню випаровування вологи, покращенню мікроклімату та захисту ґрунтів вони сприяють зростанню врожайності та раціональному використанню ресурсів. Це, у свою чергу, забезпечує внесок у досягнення Цілі сталого розвитку 2 «Подолання голоду» та Цілі 12 «Відповідальне споживання та виробництво».

Отже, агровольтаїчні системи мають комплексний вплив на досягнення низки Цілей сталого розвитку, зокрема також Цілей 1 «Подолання бідності» та 3 «Міцне здоров'я і благополуччя», що підтверджує їх значний потенціал як інструменту інтеграції економічних, екологічних і соціальних пріоритетів розвитку.

З урахуванням зазначених переваг агровольтаїчних систем особливого значення набуває їх впровадження у діяльність великих аграрних підприємств, зокрема агрохолдингів.

Зрушення, що нині відбуваються в аграрній сфері України характеризуються появою нових організаційних форм ведення аграрного бізнесу – вертикально інтегрованих структур класичного конгломератного типу – агрохолдингів, операційна діяльність яких просторово розосереджена, а бізнес-координації відбуваються на основі прийняття рішень у материнських структурах.

Інтерес науковців до проблем функціонування агрохолдингів зумовлений необхідністю пошуку дієвих методологічних та прикладних аспектів розвитку фінансово спроможного, самодостатнього агрогосподарювання, що здатне забезпечувати не тільки процеси власного бізнес-відтворення, а й сприятиме

формуванню соціального, економічного та екологічного піднесення сталого розвитку агроландшафтів, сільських територій, сільського соціуму.

На початку формування методологічних засад функціонування агрохолдингів у вітчизняній науковій літературі виокремились такі напрямки дослідження: агрохолдинги – землеволодіння та землекористування; проблеми ефективності господарювання та перспективи соціально-економіко-екологічно орієнтованого бізнесу агрохолдингів (у площині достатності фінансування програм корпоративного розвитку); соціальна орієнтація систем управління.

Системи управління вітчизняних агрохолдингів мають власну функціональну специфіку розвитку та «еволюційну картину» постановки управлінських цілей – від отримання прибутків за рахунок використання переваг масштабності бізнесу й швидкого ефекту від інвестування капіталу до формування соціальних пріоритетів, що традиційно визначаються в ієрархії цілей – «ефективний бізнес – соціальна відповідальність перед працівникам – соціальна відповідальність перед суспільством» [2].

У цьому контексті ключового значення набуває фінансове забезпечення діяльності агрохолдингів як основа реалізації інвестиційних проєктів, у тому числі агровольтаїчних.

Формування більшості аграрних холдингів пов'язане з намаганням суб'єктів господарювання пристосуватися до мінливого економічного середовища з метою забезпечення конкурентоспроможного та стійкого функціонування. Незважаючи на фінансовий потенціал аграрних холдингів, важливого значення набувають особливості фінансового забезпечення їх діяльності та подальші перспективи розвитку. Наявна необхідність комплексного підходу до розгляду питання фінансового забезпечення та розвитку аграрних холдингів у контексті розв'язання існуючих проблем та протиріч фінансування їх діяльності та формування стратегії управління фінансовим забезпеченням.

Для фінансових ресурсів як досить складної економічної категорії притаманною є зміна важливих своїх елементів відповідно до економічних трансформацій, що відбуваються в національній економіці. Фінансове забезпечення діяльності аграрних холдингів можна представити як фінансові відносини, які відображають провідні траєкторії формування, генерування, нагромадження, трансформації та використання фінансових ресурсів для досягнення економічної мети функціонування.

Управління фінансовими ресурсами аграрних холдингів переважно націлене на ефективне використання фінансових ресурсів та фінансову забезпеченість їх діяльності. Для цього аграрним холдингам необхідно розробити фінансову стратегію діяльності, яка забезпечить фінансову стабільність та фінансову стійкість функціонування та уможливить отримання доходів від різних видів діяльності, позитивних фінансових результатів та приріст капіталу, підвищить конкурентоспроможність та ринкову вартість.

Виважена політика формування, накопичення, трансформації, розподілу і використання фінансових ресурсів аграрних холдингів є вирішальною в

забезпечені їх конкурентоспроможного, фінансово стійкого функціонування, зростання капіталізації та досягнення успіху на ринку [3].

З дослідження вбачається, що управління агровольтаїчним портфелем є перспективним напрямком розвитку агрохолдингів, який поєднує економічну ефективність з екологічними та соціальними перевагами. Інтеграція агровольтаїчних систем сприяє диверсифікації джерел доходу, оптимізації використання ресурсів та підвищенню стійкості сільськогосподарського виробництва.

Доведено, що ефективне управління таким портфелем вимагає комплексного підходу, який включає розробку фінансової стратегії, оцінку ризиків, балансування прибутковості та впливу на навколишнє середовище, а також врахування специфіки функціонування агрохолдингів.

Таким чином, впровадження агровольтаїчних інвестицій для українських агрохолдингів, що функціонують у складному економічному середовищі та потребують диверсифікації інвестиційної діяльності, є перспективним напрямком розвитку. Результати дослідження свідчать, що ефективне управління портфелем таких інвестицій дозволяє підвищити ефективність використання фінансових ресурсів, забезпечити диверсифікацію діяльності та зміцнити конкурентоспроможність агрохолдингів, а також сприяє реалізації принципів сталого розвитку.

Список використаних джерел:

1. Agrivoltaic: A Strategic Assessment Using SWOT and TOWS Matrix [Electronic resource]. – Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/8/3313> (accessed 06.04.2026).

2. Система управління агрохолдингами: вплив на розвиток сільського соціуму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8448943e-902b-4278-9d5d-429f14c422ac/content> (дата звернення: 06.04.2026).

3. Управління фінансовим забезпеченням діяльності аграрних холдингів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.investplan.com.ua/?op=1&z=5286&i=0> (дата звернення: 06.04.2026).

Петровська Оксана Михайлівна,
к.п.н., доцент кафедри управління
персоналом і економіки праці
Одеського національного економічного
університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262534>

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ: РОЛЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

Агровольтаїка сьогодні дедалі частіше розглядається як перспективний напрям розвитку сільського господарства, що поєднує виробництво аграрної продукції з генерацією сонячної енергії. Використання напівпрозорих сонячних панелей дозволяє зберігати необхідний рівень освітлення для рослин і водночас зменшувати негативний вплив кліматичних факторів. Як показує практика, навіть часткове затінення в окремих випадках позитивно впливає на стан культур у періоди підвищених температур. Фактично йдеться про більш гнучкий підхід до використання природних ресурсів, який раніше не застосовувався у такому масштабі. У результаті підвищується ефективність використання земельних ресурсів і поступово формується нова модель аграрного виробництва.

Разом із технологічними змінами змінюються і підходи до організації праці. Традиційні форми зайнятості вже не забезпечують необхідної гнучкості, тому все більшого поширення набувають інтегровані моделі, що поєднують аграрні, технічні та енергетичні функції. По суті, відбувається перехід до нової логіки організації праці, де важливою стає універсальність працівника. При цьому на практиці часто виникає ситуація, коли один і той самий працівник виконує декілька ролей, що раніше були розмежовані. Відповідно зростає значущість управлінських рішень, спрямованих на формування адаптивного персоналу, здатного працювати в умовах технологічної інтеграції.

Впровадження агровольтаїчних рішень супроводжується і певними труднощами у сфері управління персоналом. Передусім йдеться про необхідність підвищення кваліфікації працівників та формування міждисциплінарних компетентностей. Окрім цього, виникає потреба перегляду організаційних структур підприємств, оскільки звичні підходи не завжди відповідають новим умовам. Посилюється значення цифрових навичок, технічної грамотності та здатності до швидкого навчання. І тут, варто зазначити, найбільші складнощі виникають саме на етапі адаптації персоналу до нових технологій, коли необхідно поєднати навчання з поточними виробничими процесами [1].

Водночас впровадження агровольтаїки відкриває реальні можливості для розвитку зайнятості. З'являються нові професійні ролі, поступово зростає продуктивність праці, а умови роботи в сільській місцевості стають більш сучасними й комфортними. Фактично це створює додаткові стимули для

залучення і утримання працівників. Крім того, підвищення інвестиційної привабливості аграрного сектору сприяє розвитку людського потенціалу. У підсумку формується більш стійке соціально-економічне середовище, що особливо важливо з огляду на сучасні виклики [2].

В Україні, як одній із провідних аграрних країн, кліматичні зміни відчуються доволі гостро. Температури зростають швидше, ніж у середньому у світі, і це вже має практичні наслідки. Зокрема, у південних регіонах частішають посухи, тоді як у північних з'являються нові можливості для розширення сільськогосподарського виробництва. Водночас у традиційних зернових зонах дедалі частіше спостерігається зниження врожайності. По суті, аграрний сектор усе більше стикається з кліматичними ризиками, які вже не можна ігнорувати. Розвиток агровольтаїки супроводжується цілим рядом завдань для системи управління персоналом. Мається на увазі не лише оновлення технічної бази, а й зміни у підходах до роботи з людьми. Насамперед виникає потреба у підвищенні кваліфікації працівників та формуванні нових компетентностей, пов'язаних із цифровими технологіями та енергетичним обладнанням. Паралельно відчувається дефіцит фахівців, які здатні поєднувати аграрні й технічні знання. Крім того, доводиться переглядати організаційні структури підприємств, розвивати цифрові навички персоналу та шукати більш гнучкі підходи до мотивації і утримання кадрів. У підсумку саме від цих рішень значною мірою залежить ефективність використання трудового потенціалу.

Таблиця 1

Трансформація професійної структури персоналу в умовах агровольтаїки

№	Професія	Основні функції	Ключові компетенції
1	Агроінженер з агровольтаїчних систем	Інтеграція аграрних процесів із сонячною енергетикою	Системне мислення, технічні знання, аграрна експертиза
2	Інженер з експлуатації фотоелектричних установок	Обслуговування сонячних панелей	Електротехніка, діагностика, ремонт
3	Агроном з цифровими компетентностями	Управління врожайністю з використанням даних	Аналіз даних, агрономія, цифрові навички
4	Оператор систем моніторингу	Контроль параметрів виробництва	Робота з ПЗ, аналітика
5	Фахівець з енергоефективності	Оптимізація ресурсів	Енергоаудит, екологічне мислення
6	Менеджер агроенергетичних проєктів	Координація впровадження	Проектний менеджмент, комунікації
7	ІТ-спеціаліст AgTech	Автоматизація та аналіз даних	Програмування, Big Data

8	Технік з обслуговування	Ремонт обладнання	Технічні навички, уважність
9	Еколог	Оцінка впливу на довкілля	Екологія, аналітика

Джерело: розроблено автором

Агровольтаїка поступово набуває вагомого значення для трансформації аграрного сектору України. Поєднує виробництва сільськогосподарської продукції з генерацією енергії, змінює підходи до використання ресурсів та організації виробництва загалом. При цьому технологічні зміни не обмежуються технічним рівнем - вони безпосередньо впливають і на ринок праці.

Економічні оцінки підтверджують доцільність впровадження агровольтаїчних технологій. Інвестиції у такі рішення, як правило, окуповуються протягом 3-5 років. При цьому фіксується потенціал зростання валової доданої вартості аграрного сектору на рівні 5-10 %. Окремо варто відзначити і вплив на зайнятість: розвиток напряму створює нові робочі місця, що особливо важливо для сільських територій [3].

У таких умовах управління персоналом набуває більш складного і водночас більш стратегічного змісту. Уже недостатньо лише забезпечити наявність трудових ресурсів - важливо створити систему, яка дозволяє їх розвивати, адаптувати та утримувати. При цьому значну роль відіграють як внутрішні інструменти підприємств, так і зовнішні фактори, зокрема стан ринку праці та освітньої системи.

Окремо слід звернути увагу на необхідність інституційних змін. Зокрема, доцільним виглядає розроблення узгодженої національної стратегії розвитку агровольтаїки. Паралельно потребує оновлення зміст освітніх програм у аграрних закладах вищої освіти, насамперед у частині цифрових і екологічних дисциплін. При цьому важливим залишається розвиток взаємодії між наукою та бізнесом, оскільки саме така співпраця забезпечує практичне впровадження інновацій. Отже, перехід до «зеленої» моделі аграрного розвитку можна розглядати як обґрунтований та прагматичний вибір. Результативність переходу залежатиме від узгодженості дій держави, бізнесу та наукової спільноти. Завдяки такої взаємодії з'являється можливість перетворити наявні виклики на фактори розвитку та зміцнити позиції України на світовому аграрному ринку.

Список використаних джерел:

1. Fernández-Solas Á., Fernández-Ocaña A. M., Almonacid F., Fernández E. F. Agrivoltaics systems: energy and employment potential in agriculture. Applied Energy. 2023. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261923013521> (дата звернення: 31.03.2026).
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Green jobs and decent rural employment. Rome: FAO. URL:

<https://www.fao.org/rural-employment/work-areas/green-jobs/en> (дата звернення: 31.03.2026).

3. Петровська О. М., Нечаєв А. Ю. «Зелені» робочі місця: перспективи та вплив на сталий розвиток економіки. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. Чернігів. Науково-освітній інноваційний центр суспільних трансформацій. 2024. №14. URL: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-14-07-01>

Петровська Ольга Ярославівна,
студентка 3 курсу спеціальності
«Менеджмент» Державного
торговельно-економічного університету
Науковий керівник: Приліпко Сергій
Михайлович д.держ.упр., професор
кафедри публічного управління та
адміністрування Державного
торговельно-економічного університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262549>

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ: ДОСВІД ЄС ДЛЯ УКРАЇНИ

Аграрна сфера за своєю сутністю є вразливою до змін у природному середовищі, точне передбачення і запобігання наслідкам яких неможливе з боку сільськогосподарських виробників. Водночас в Україні в умовах воєнного стану на чинники, здатні завдати виробникам суттєвих збитків, нагромаджуються ризики, пов'язані з руйнуванням та пошкодженням інфраструктури й виробничих потужностей, знищенням запасів сировини, мінуванням територій, порушенням ланцюгів постачання. Життєздатність аграрного сектору впливає на продовольчу безпеку держави, її ринок праці та галузі економіки, залежні від постачання сировини сільськогосподарськими виробниками. З огляду на це, врахування максимально можливого спектру ризиків та забезпечення механізмів управління ними для підприємств аграрного сектору є актуальним питанням в контексті забезпечення стабільності доходів фермерів.

Класифікація ризиків для підприємств аграрного сектору має вирішальну роль ще на етапі їхньої ідентифікації, адже від походження, сутності й інтенсивності впливу події залежатимуть способи страхування доходів, посівів, врожаю та інших активів. На наш погляд, залежно від походження можна виокремити кілька груп ризиків, серед яких кліматичні (посухи, мороз, град, надлишок опадів), екологічні (деградація ґрунтів, забруднення води й повітря), соціальні (звільнення персоналу, зміни вподобань споживачів, коливання цін, логістичні збої), політичні (зміни структури державної підтримки та регуляторного середовища, зниження доступності кредитів), технічні (втрати майна, обладнання, виробничих потужностей) [1]. Згідно з аналітичним матеріалом «Інструменти страхування й ризик-менеджменту для агросектору ЄС», ризики у сільському господарстві поділяються на три рівні: події з високою частотою та низькою інтенсивністю, що мають вірогідність виникнення від 10% до 20% щорічно; події із середньою частотою та середньою інтенсивністю з імовірністю виникнення від 2% до 10% на рік; події з низькою частотою, проте високою інтенсивністю, що здатні призвести до катастрофічних втрат і мають ймовірність виникнення до 2% щорічно [2, с. 15]

Оскільки внутрішня система управління ризиками підприємства не завжди гарантує своєчасне усунення негативних наслідків, для сприяння

стабільності функціонування аграрного сектору має значення зовнішній страховий захист. Наразі страхування підприємств аграрного сектору в Україні регламентується нормативно-правовими актами, серед яких Закон України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою» [3], Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку надання державної підтримки страхування сільськогосподарської продукції» [4], Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про стандартизований страховий продукт для страхування площ посівів озимих зернових сільськогосподарських культур з державною підтримкою від сільськогосподарських ризиків на період перезимівлі» [5]. Відповідно до статті 3 Закону України «Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою», укладення договору страхування сільськогосподарської продукції є обов'язковим як умова при наданні окремих видів державної підтримки та дотацій, з чого випливає, що, за винятком цього випадку, страхування для агросектору в Україні є опціональним та добровільним. У поєднанні із загальною обмеженістю законодавчої бази, недовірою до державних інституцій, стриманістю підприємств щодо витрат у зв'язку з воєнним станом, це робить розповсюдженість агрострахування в Україні відносно низькою.

Досвід ЄС демонструє, що станом на 2025 рік середньорічні втрати держав-членів становлять 28,3 млрд євро, що дорівнює 6% їхнього річного виробництва сільськогосподарської продукції. Розрив страхового захисту перевищує 70%, адже всього 20-30% збитків, спричинених кліматичними ризиками, є застрахованими [2, с. 9]. Спільна аграрна політика ЄС 2023-2027 років передбачає низку інструментів управління ризиками, серед яких страхування, взаємні фонди стабілізації доходів та державні фонди для компенсації за стихійні лиха. Страхові субсидії в межах II стовпа САП спрямовані на захист сільськогосподарських виробників від втрат врожаю та худоби і полягають у зниженні вартості страхових премій, що підвищує доступність страхування. Взаємні фонди створюються на рівні кооперативів чи цілих галузей, подекуди із залученням національних структур, поєднуючи державні та приватні ресурси, і використовуються як інструмент стабілізації доходів та подолання економічного шоку, викликаного виробничими або ринковими факторами. Крім цього, держави-члени ЄС можуть використовувати державні кошти для компенсації підприємствам агросектору втрат, викликаних стихійними лихами, що функціонує як інструмент оперативної фінансової допомоги у випадку масштабних катастроф [2, с. 42].

Система агрострахування ЄС включає державні, приватні й засновані на публічно-приватному партнерстві інструменти, що використовуються залежно від вірогідності виникнення й масштабності потенційних наслідків настання ризику. Для страхування подій низької інтенсивності можуть використовуватися стратегії самофінансування підприємств, коли сільськогосподарські виробники беруть на себе відповідальність за можливі втрати. У випадку подій із наслідками середньої інтенсивності здійснюється передача ризиків публічному або приватному сектору, що реалізується через компенсаційні схеми за

допомогою попередньо організованих фондів, фінансові ресурси яких призначені для конкретних збитків, а виплата коштів відбувається за чіткими правилами із дотриманням принципу прозорості. Для збільшення обсягу коштів державних страхових фондів може використовуватись випуск облігацій, пов'язаних зі страхуванням. У разі настання подій із високою інтенсивністю, що передбачають залишковий ризик, здійснюється спеціальне втручання через національні або міжнародні програми допомоги після стихійних лих [2, с. 58]

Виходячи з проаналізованого досвіду ЄС, можемо сформулювати основні напрями вдосконалення управління ризиками аграрного сектору для України.

1. *Завчасна ідентифікація та оцінка ризиків на основі збирання даних й аналітики.* За прикладом ЄС доцільно використовувати такі показники, як середньорічні втрати (Annual Average Loss), ймовірні максимальні втрати (Probable Maximum Loss), розрив страхового захисту (Insurance Protection Gap). Якісне аналітичне підґрунтя дає змогу конструктивно оцінювати поточну ситуацію, моделювати сценарії розвитку й приймати рішення, спираючись на факти, а не припущення.

2. *Створення прозорих умов страхування та врахування інтересів сільськогосподарських виробників.* Послідовний та чіткий механізм надання допомоги при настанні страхових випадків, державна акредитація страхових компаній, контроль виплат й стандартизація умов здатні підвищити довіру фермерів до механізмів страхування. Це має важливе значення для сприяння стабільному регулярному страхуванню, адже невеликі витрати, спричинені подіями з низькою інтенсивністю, у разі частоті повторюваності призводять до значних фінансових втрат у загальній картині, що впливає на фінансову стійкість підприємства та його потенційну можливість відновитися після настання більш складних, руйнівних випадків.

3. *Зосередження на спільних зусиллях державного та приватного сектору.* Для покриття ризиків аграрного сектору у поєднанні з воєнними ризиками неможливо покладатися виключно на державну допомогу. З огляду на це, доцільно стимулювати розвиток ринку агрострахування та підвищення конкуренції між страховими компаніями. Відсутність належного спектру страхових послуг у портфелі страхових компаній та нечіткі умови можуть зупиняти підприємства аграрного сектору перед використанням інструментів управління ризиками. В цьому напрямі можуть бути використані такі інструменти, як публічно-приватне партнерство у виплаті компенсацій фермерам, фінансування державою розвитку більш різноманітних страхових послуг, що передбачають перестрахування та мультиризикове страхування, компенсація державою адміністративних виплат страховим компаніям.

4. *Розвиток кооперації виробників сільськогосподарської продукції для створення взаємних фондів.* Крім підвищення доступу до ресурсів, зменшення витрат на купівлю сировини й зростання конкурентоспроможності індивідуальних виробників, участь у кооперативах створює можливість формування взаємних фондів, завдяки яким можлива підтримка у разі настання ризиків середньої інтенсивності. Впровадження сучасних фінансових

інструментів аграрного страхування ризиків сприятиме посиленню довіри іноземних інвесторів, розширенню доступу до грантових ресурсів, впровадженню інновацій та забезпеченню стабільного кооперації [6-8].

5. *Надання страхових субсидій для підвищення доступності страхування.* Умови воєнного стану посилюють схильність українських виробників сільськогосподарської продукції надавати перевагу інвестиціям у виробничі потужності, техніку та добрива, які гарантовано даватимуть видимий результат, а не сплаті страхових внесків щодо випадків, які можуть не статися. Для зниження фінансового навантаження на підприємства, рівень платоспроможності яких є недостатнім для покриття страхових виплат, доцільно здійснювати субсидування страхових внесків.

6. *Формування системи підтримки агропідприємств, що зазнали збитків унаслідок бойових дій або здійснили вимушену релокацію.* Аналогічно до того, як в ЄС організовано низку спеціальних заходів на випадок настання залишкового ризику, в Україні є доречним створення національної програми, що передбачатиме реакцію на надзвичайні ситуації, пов'язані з бойовими діями. З метою додаткового залучення фінансових ресурсів можливо здійснювати випуск державних облігацій на випадок настання воєнних ризиків.

7. *Проведення інформаційних та освітніх кампаній для фермерів.* В Україні є доречними тренінги й освітні заходи щодо користі страхування, навчання інструментів ризик-менеджменту, як-от диверсифікація джерел доходів, розвиток внутрішніх систем управління ризиками з низькою інтенсивністю.

Отже, розвиток агрострахування в Україні та впровадження сучасних інструментів управління ризиками, адаптованих до практик ЄС, є важливим напрямом зміцнення фінансової стійкості аграрного сектору, знижує вплив кліматичних, економічних і воєнних ризиків. Такі інструменти підвищують прогнозованість діяльності виробників, розширюють доступ до фінансових ресурсів і формують інвестиційне середовище, що сприяє стабільному розвитку аграрної галузі та зміцненню продовольчої безпеки держави.

Список використаних джерел

1. Кириченко Н. В., Алещенко Л.О. Теоретичні основи та класифікація ризиків з врахуванням особливостей функціонування підприємств аграрного сектору. *Економіка та суспільство*. 2021. № 25. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-55> (дата звернення: 31.03.2026).

2. Insurance and Risk Management Tools for Agriculture in the EU. Fi-compass, 2025. URL: https://www.fi-compass.eu/sites/default/files/publications/EAFRD_AGRRI_Insurance_Risk_MA.pdf (дата звернення: 31.03.2026).

3. Про особливості страхування сільськогосподарської продукції з державною підтримкою: Закон України від 09.02.2021 № 4391-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4391-17#Text> (дата звернення: 31.03.2026).

4. Про затвердження Порядку надання державної підтримки страхування сільськогосподарської продукції: Постанова Кабінету Міністрів України від

09.12.2021

№

1342.

URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1342-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 31.03.2026).

5. Про стандартизований страховий продукт для страхування площ посівів озимих зернових сільськогосподарських культур з державною підтримкою від сільськогосподарських ризиків на період перезимівлі: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 25.11.2021 № 385. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1634-21#Text> (дата звернення: 31.03.2026).

6. Приліпко С. М. Розвиток обслуговуючої кооперації сільських територій: теорія та практика : монографія / С. М. Приліпко. – Київ : ТОВ “Август Трейд”, 2019. – 372 с.

7. Приліпко С. М. Інноваційний розвиток обслуговуючої кооперації сільських територій: публічно-управлінський аспект. *Державне управління та місцеве самоврядування* : зб. наук. пр. ДРІДУ НАДУ. 2018. Вип. 2 (37). С. 102-108.

8. Приліпко С.М. Залучення іноземних інвестицій у розвиток сільськогосподарських обслуговуючих кооперативів. *Кооперативні читання: 2014 : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 27–29 берез. 2014 р.* Житомир : ЖНАЕУ, 2014. С. 174-179.

Петренко Ольга Павлівна, доцент
кафедри економічної теорії і економіки
підприємства

Данильчак Роман Андрійович,
магістр спец. Економіка та міжнародні
економічні відносини Одеського
державного аграрного університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262557>

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ФІНАНСОВІ ЕФЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ ДЛЯ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

В умовах повномасштабної війни та енергетичної кризи сільські території України зіштовхнулися з критичним дефіцитом електропостачання, зростанням витрат на енергоносії та скороченням зайнятості. Водночас глобальна практика свідчить про стрімкий розвиток агровольтаїки - технології поєднання сонячної генерації та сільськогосподарського виробництва на одній земельній ділянці - як інструменту підвищення фінансової стійкості сільських громад. Обсяг світового ринку агровольтаїки у 2023 році оцінювався у 5 млрд дол. США, а до 2032 року прогнозується його зростання на 11,5% [1; 2]. Актуальність дослідження соціально-економічних та фінансових ефектів агровольтаїки для України визначається необхідністю обґрунтування доцільності та пріоритетних напрямів її впровадження у сільських територіальних громадах у контексті повоєнної відбудови.

Агровольтаїка як форма подвійного землекористування забезпечує одночасне виробництво електроенергії та сільськогосподарської продукції на одній площі. Сонячні панелі встановлюються на висоті кількох метрів над землею, що дозволяє здійснювати рослинництво, пасовищне тваринництво або інші агровиробничі процеси безпосередньо під ними [1]. Така технологія є принципово відмінною від традиційних сонячних електростанцій, які повністю виключають землю з аграрного обороту.

Для України впровадження агровольтаїки набуває особливого значення з огляду на три ключові чинники: по-перше, значний сонячний потенціал - від 1070 кВт·год/м² на півночі до понад 1400 кВт·год/м² на півдні країни [1]; по-друге, наявність великих площ сільськогосподарських угідь; по-третє, гостра потреба сільських громад у децентралізованому енергопостачанні в умовах регулярних блекаутів [3, с. 90-95]. Соціально-економічні та фінансові ефекти агровольтаїки для сільських територій є багатовимірними. Їх систематизацію представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Соціально-економічні та фінансові ефекти агровольтаїки для сільських територій

Група ефектів	Конкретні прояви

Фінансові ефекти для виробника	Зниження витрат на електроенергію на 40-70%; подвійний дохід від продажу продукції та електроенергії; скорочення витрат на зрошення завдяки затіненню
Фінансові ефекти для громади	Можливість продажу надлишків електроенергії в мережу; залучення «зелених» інвестицій; зростання місцевих надходжень
Соціальні ефекти	Створення нових робочих місць у монтажі, обслуговуванні та управлінні системами; зростання зайнятості в малих містах і селах
Ефекти для продовольчої безпеки	Збереження сільськогосподарського функціоналу землі; захист урожаю від граду, перегріву, буревіїв; підвищення врожайності окремих культур
Екологічні ефекти	Зменшення викидів парникових газів; зниження вуглецевого сліду аграрного виробництва; доступ до міжнародного фінансування за «зеленими» програмами
Ефекти енергетичної безпеки	Децентралізація електропостачання; автономне функціонування під час блекаутів; зменшення залежності від централізованої мережі

Джерело: складено автором на основі [1;3;4; 5]

Фінансові ефекти агровольтаїки для сільськогосподарських підприємств є одними з найбільш вагомих аргументів на користь її впровадження. Перш за все, власне виробництво електроенергії дозволяє знизити витрати на енергоносії на 70-80%, що особливо критично для енергоємних процесів: зрошення, сушіння та зберігання продукції [6]. Це безпосередньо впливає на собівартість аграрного виробництва, яка в умовах воєнного часу набула гострого значення. По-друге, агровольтаїка забезпечує диверсифікацію джерел доходу: фермер отримує прибуток одночасно від реалізації сільськогосподарської продукції та від продажу або власного споживання згенерованої електроенергії, що суттєво підвищує фінансову стійкість господарства [7]. По-третє, ефект затінення від сонячних панелей скорочує випаровування вологи з ґрунту, що дозволяє заощадити на зрошенні до 25-30% водних ресурсів порівняно з традиційним землеробством [6; 7]. Сукупно ці чинники формують принципово новий фінансово-економічний профіль сільськогосподарського підприємства - з диверсифікованими доходами, зниженою залежністю від зовнішнього енергопостачання та вищою стійкістю до цінових коливань на ринках енергоносіїв. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, до 2030 року агровольтаїка стане стандартом для понад 30% сільськогосподарських підприємств у розвинених країнах [6]. Порівняльну характеристику традиційного фермерства та агровольтаїки за ключовими фінансово-економічними параметрами представлено у таблиці 2.

Варто підкреслити, що фінансова привабливість агровольтаїки для українських сільських громад визначається не лише прямою економією на електроенергії, а й принципово новою логікою господарювання. Традиційний фермер залежить від одного джерела доходу - врожаю, який, своєю чергою,

залежить від погодних умов, цін на ринку та доступності ресурсів. Агровольтаїка руйнує цю односторонню залежність: навіть у неврожайний рік сонячні панелі продовжують генерувати електроенергію та дохід. Фактично, це перший реальний інструмент фінансової диверсифікації, доступний дрібному та середньому фермеру без зміни основного виду діяльності. В умовах, коли середня рентабельність українського аграрного виробництва в 2023-2024 роках впала до нульових або від'ємних значень, саме такий механізм стабілізації доходів може стати вирішальним фактором збереження фермерських господарств у сільській місцевості та запобігання подальшому скороченню зайнятості на селі.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика традиційного фермерства та агровольтаїки за ключовими фінансово-економічними параметрами

Параметр	Традиційне фермерство	Агровольтаїка
Джерела доходу	Один (реалізація продукції)	Два (продукція + електроенергія)
Залежність від енергомережі	Висока	Низька / відсутня
Витрати на електроенергію	100% від зовнішніх постачальників	Знижуються на 70-80%
Стійкість до неврожаю	Критична вразливість	Часткова компенсація через енергодохід
Захист урожаю від погоди	Відсутній	Захист від граду, перегріву, буревіїв
Витрати на зрошення	Базові	Знижуються на 25-30%
Доступ до «зеленого» фінансування	Обмежений	Відкривається через кліматичні програми
Окупність інвестицій	Щорічна від врожаю	7-12 років з подальшим чистим прибутком

Джерело: складено авторами

Для розуміння реального фінансового потенціалу агровольтаїки в українських умовах доцільно розглянути орієнтовний розрахунок ефекту для типового господарства. Зокрема, фермерське підприємство площею 100 га при встановленні системи фіксованого нахилу (потужність 500-700 кВт/га) здатне генерувати до 1100 кВт·год електроенергії на рік з кожного гектара [3, с. 90-95]. При середньому тарифі на електроенергію для аграрних підприємств у 2024-2025 роках на рівні 4-5 грн/кВт·год, щорічна економія лише на власному споживанні електроенергії може становити від 440 тис. грн до 550 тис. грн на рік. Якщо підприємство має можливість реалізовувати надлишки електроенергії в мережу, цей показник зростає додатково. Таким чином, строк окупності агровольтаїчної системи для середнього господарства в умовах України оцінюється в межах 7-12 років, після чого система формує чистий додатковий

дохід протягом усього терміну експлуатації (20-25 років). Це принципово відрізняє агровольтаїку від більшості інших інвестиційних рішень в аграрному секторі, де фінансовий результат є щорічно непередбачуваним.

Практичним підтвердженням фінансових ефектів є досвід ТОВ «Агроінд» (Дніпропетровська обл.), яке з 2025 року експлуатує сонячну електростанцію потужністю 184 кВт (по панелях) та 150 кВт (по інверторах) для забезпечення власних виробничих потреб - вентиляції свинарських корпусів, роботи комбікормового заводу, обігріву тваринницьких приміщень. Система забезпечила підприємству безперебійне функціонування в умовах регулярних відключень електроенергії. Аналогічний результат - для ТОВ «Пігрейн»: дахова СЕС потужністю 122 кВт (панелі) та 100 кВт (інвертори) повністю покриває потреби пелетної лінії, насоса зворотного осмосу та освітлення майстерень [3, с. 90-95].

Суттєвим є й досвід провідних країн ЄС. Так, у Франції реалізовано агровольтаїчний проєкт потужністю 2,5 МВт; у Швейцарії над плантацією малини встановлено 2600 м² напівпрозорих фотоелектричних панелей; у Греції агровольтаїка поєднується з пасовищним тваринництвом ще з 2016 року [3, с. 90-95; 4]. Корейське дослідження 2022 року підтвердило позитивний вплив агровольтаїчних систем на врожайність брокколі, що спростовує побоювання щодо негативного впливу затінення на агровиробництво [3, с. 90-95].

Разом із тим впровадження агровольтаїки в українських сільських громадах стримується низкою чинників: високою вартістю початкових капіталовкладень (800-2000 дол. США/га залежно від типу системи) [3]; відсутністю державних грантів та доступних кредитів цільового спрямування; нерозвиненістю нормативно-правової бази землекористування для агровольтаїчних проєктів; низькою поінформованістю фермерів щодо технічних та фінансових переваг технології [1; 5].

Потенціал пом'якшення фінансових бар'єрів пов'язаний із залученням міжнародних «зелених» інструментів підтримки [8]. Зокрема, позитивний вплив агровольтаїки на зменшення викидів вуглецю та екологічний стан сільськогосподарської продукції відкриває доступ до міжнародного фінансування та «зелених» інвестицій в рамках кліматичних зобов'язань України [3, с. 90-95; 1]. Показовим є досвід США, де Міністерство енергетики реалізує програму FARMS з бюджетом 8 млн дол. для фінансування агровольтаїчних проєктів мегаватного масштабу [1].

Попри очевидні переваги, впровадження агровольтаїки в Україні супроводжується низкою фінансових ризиків, які необхідно враховувати при прийнятті інвестиційних рішень. По-перше, тривалий термін окупності (7-12 років) в умовах нестабільного воєнного та економічного середовища суттєво підвищує інвестиційну невизначеність. По-друге, більшість обладнання для агровольтаїчних систем є імпортом, що створює валютні ризики: коливання курсу гривні безпосередньо впливає на реальну вартість проєкту. По-третє, в Україні наразі відсутній розвинений ринок страхових продуктів для агровольтаїчних систем, що залишає інвестора незахищеним у разі пошкодження обладнання внаслідок обстрілів, стихійних лих або технічних

аварій. По-четверте, нерозвиненість нормативно-правової бази щодо підключення агровольтаїчних систем до енергомережі та отримання відповідних тарифів створює регуляторну невизначеність, яка стримує приватні інвестиції. Усвідомлення цих ризиків є необхідною умовою для розробки ефективної державної політики підтримки агровольтаїки, яка має включати механізми їх мінімізації - страхові гарантії, валютні хеджи та прозору регуляторну базу.

Окрему увагу варто звернути на соціальний вимір ефектів. Розвиток агровольтаїки в сільській місцевості здатний генерувати нові робочі місця у монтажі та технічному обслуговуванні систем, а також в адміністративному управлінні, що є критично важливим в умовах скорочення зайнятості воєнного часу та майбутньої відбудови. Це безпосередньо відповідає Цілі сталого розвитку № 8 «Сприятливі умови праці та економічне зростання» [1; 9].

Агровольтаїка органічно вписується в архітектуру міжнародних програм відбудови України, що відкриває додаткові фінансові можливості для її впровадження. Зокрема, програма Ukraine Facility Європейського Союзу обсягом €50 млрд на 2024-2027 роки передбачає підтримку «зеленої» трансформації економіки, в рамках якої проєкти відновлюваної енергетики в аграрному секторі є одним із пріоритетних напрямів фінансування [10]. Крім того, Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) та Світовий банк реалізують кліматичні програми підтримки, доступ до яких відкривається для підприємств, що скорочують вуглецеві викиди - саме такий ефект забезпечує агровольтаїка. Таким чином, українські фермери та територіальні громади, які впроваджують агровольтаїчні системи, отримують не лише внутрішні фінансові ефекти, а й реальну перспективу залучення міжнародного грантового та пільгового кредитного фінансування. В умовах, коли власні інвестиційні ресурси більшості сільських громад є критично обмеженими, саме доступ до міжнародних «зелених» інструментів може стати вирішальним каталізатором масштабного впровадження агровольтаїки в Україні.

Агровольтаїка є комплексним інструментом соціально-економічного та фінансового розвитку сільських територій, що одночасно вирішує завдання енергетичної безпеки, зростання доходів фермерів, збереження продовольчого виробництва та скорочення вуглецевих викидів. Для України, зважаючи на значний сонячний потенціал і масштаб аграрного сектору, агровольтаїка має стати пріоритетним напрямом державної підтримки у стратегії повоєнної відбудови сільських громад. Першочерговими кроками мають стати: розроблення нормативно-правової бази землекористування для агровольтаїчних проєктів; запровадження цільових грантових програм і пільгового кредитування для фермерів; реалізація пілотних проєктів на рівні територіальних громад із залученням міжнародного фінансування.

Окремо слід наголосити на тому, що суб'єктом впровадження агровольтаїки в Україні мають виступати не лише окремі фермерські підприємства, а насамперед територіальні громади як цілісні економічні одиниці. Саме на рівні громад можливо сформувати спільну інфраструктуру, об'єднати земельні ресурси дрібних землевласників, залучити колективне

фінансування та забезпечити справедливий розподіл енергетичних і фінансових вигод між усіма учасниками. Такий підхід перетворює агровольтаїку з технології для великих агрохолдингів на реальний інструмент розвитку малих і середніх громад сільської України - саме тих, які найбільше постраждали від наслідків повномасштабної війни і найгостріше потребують нових моделей економічного відновлення.

Список використаних джерел

1. Івкін В. І. Агровольтаїка як складова енергетичної політики сталого розвитку. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2025. № 12. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2156.2025.12.29> (дата звернення: 03.04.2026).
2. Шевченко А.А., Петренко О.П., Заєць М.В. Агробізнес в контексті світових змін. *Modern Economics*. 2025. №53. URL: <https://modecon.mnau.edu.ua/agribusiness-in-the-context-of/>
3. Герасимчук В. М., Костюк А. К. Нова стратегія фермерства в Україні: від енерговитрат до енергоефективності. *Агросвіт*. 2025. № 12. С. 90-95. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.12.90> (дата звернення: 03.04.2026).
4. Європейський досвід агровольтаїки: що варто перейняти Україні. *Асоціація Агровольтаїки України*. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1233-agrivoltaica/> (дата звернення: 03.04.2026).
5. Агровольтаїка: енергонезалежність та захист агрокультури від спеки. *Latifundist.com*. URL: <https://latifundist.com/blog/read/3096-agrovoltayika-finansova-vigoda-energonezalezhnist-ta-prikladi-vikoristannya-u-krayinah-svitu> (дата звернення: 03.04.2026).
6. Розвиток сільського господарства та сонячної енергії. DS New Energy. URL: <https://ua.dsisolar.com/info/pushing-agriculture-and-solar-energy-forward-92470734.html> (дата звернення: 03.04.2026).
7. Сонячна електростанція для агропідприємств. *Avenston*. URL: <https://avenston.com/sectors/solar/commercial/applications/agro/> (дата звернення: 03.04.2026).
8. Петренко О.П. Зелена революція в аграрному секторі: шлях до сталого економічного розвитку. *Економіка харчової промисловості*. 2023. Том 15 № 2. С.38-43. URL: <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/fie/article/view/2674/2836>
9. Агровольтаїка: допомога фермерам і клімату. *Зелена Трансформація України*. URL: <https://greentransform.org.ua/agrovoltayika-dopomoga-fermeram-i-klimatu/> (дата звернення: 03.04.2026).
10. Ukrainian Facility або 50 мільярдів євро від ЄС на відновлення: що має зробити Україна. *Інститут аналітики та адвокації*. URL: <https://surl.li/vecxwu> (дата звернення: 03.04.2026).

Починок Діана Віталіївна, здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ТНУ імені В.І. Вернадського, спеціальності 072 «Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок», ОП «Фінанси, банківська справа та страхування»

Науковий керівник: Пилипенко Ольга Олегівна к.е.н., доцент кафедри фінансів та обліку

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262567>

ФІНАНСОВІ РЕСУРСИ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОСНОВА ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ПРОЄКТІВ У ПРОЦЕСІ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Агровольтаїка як новітній напрям поєднання сільськогосподарського виробництва та сонячної енергетики поступово перетворюється на один із перспективних інструментів відновлення економіки України. Умови воєнних ризиків, енергетичної нестабільності, зміни клімату та зростання вартості енергоресурсів зумовлюють потребу в пошуку технологій, здатних забезпечити одночасно енергетичну автономію та ефективне використання земельних ресурсів. Саме агровольтаїка дає змогу поєднати виробництво електроенергії з вирощуванням сільськогосподарської продукції, що особливо важливо для підприємств аграрного сектору в умовах відбудови України [4].

Разом з тим впровадження агровольтаїчних рішень неможливе без достатнього фінансового забезпечення. Побудова та запуск таких систем потребують значних капіталовкладень у фотоелектричне обладнання, монтажні конструкції, системи інвертування, кабельну інфраструктуру, автоматизацію, моніторинг, а також у технологічну адаптацію агровиробництва до нових умов. Тому фінансові ресурси підприємства виступають ключовою передумовою реалізації агровольтаїчних проєктів, адже саме вони визначають масштаб інвестицій, швидкість упровадження та рівень фінансової стійкості підприємства [3].

Фінансові ресурси підприємства традиційно розуміють як сукупність власних, залучених і позикових коштів, що перебувають у розпорядженні суб'єкта господарювання та використовуються для формування активів, фінансування поточної діяльності, інвестиційних проєктів і забезпечення розвитку. У сучасних умовах ця категорія набуває особливого значення, оскільки підприємства мають не лише підтримувати безперервність функціонування, а й адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Для агропідприємств, які розглядають агровольтаїку як напрям модернізації, фінансові ресурси є не просто інструментом покриття витрат, а й стратегічним механізмом формування нової бізнес-моделі [1, с. 18–20].

У структурі фінансових ресурсів підприємства доцільно виокремлювати власний капітал, довгострокові та короткострокові позикові кошти, кошти інвесторів, державну підтримку, грантові надходження, лізингові механізми, а також кошти від партнерських програм і міжнародної технічної допомоги. Кожне джерело має власні переваги та обмеження. Власні кошти забезпечують фінансову незалежність, однак часто є недостатніми для реалізації масштабних інноваційних проєктів. Банківські кредити дають змогу швидко залучити необхідний капітал, але збільшують боргове навантаження та підвищують ризики ліквідності. Державні та грантові програми знижують фінансовий тиск на підприємство, однак мають конкурсну природу і залежать від наявності відповідних бюджетних або донорських ресурсів [1, с. 63–65]. Лізинг і партнерські механізми є особливо доцільними для малого та середнього бізнесу, оскільки дозволяють розподілити витрати в часі та уникнути надмірного початкового фінансового навантаження.

Для агровольтаїчних проєктів важливим є саме комбінування різних джерел фінансування. Такий підхід зменшує ризики, пов'язані з залежністю від одного джерела капіталу, та підвищує стійкість підприємства до зовнішніх шоків. Наприклад, частина витрат може покриватися власними коштами підприємства, частина — через банківське чи інвестиційне фінансування, а решта — за рахунок грантової чи державної підтримки. У результаті формується збалансована фінансова модель, яка дає змогу реалізовувати інновації без критичного погіршення платоспроможності [3].

Агровольтаїка відзначається високою капіталомісткістю на старті, однак у середньо- та довгостроковій перспективі здатна приносити підприємству додаткові економічні вигоди. По-перше, підприємство отримує можливість скоротити витрати на електроенергію, що особливо важливо для виробництв із високою енергоємністю. По-друге, генерування власної електроенергії підвищує рівень енергетичної автономії та зменшує залежність від коливань тарифів. По-третє, поєднання енергетичної та аграрної функцій однієї земельної ділянки дає змогу підвищити загальну продуктивність використання ресурсів. По-четверте, така модель може сприяти створенню нових джерел доходу — від продажу надлишкової електроенергії або участі в енергетичних програмах підтримки [4].

З економічної точки зору агровольтаїка є прикладом диверсифікації господарської діяльності. Для аграрного підприємства це означає зниження залежності лише від сезонного врожаю та цінової кон'юнктури на сільськогосподарську продукцію. Якщо один сегмент діяльності є менш прибутковим у певному періоді, інший може компенсувати фінансові втрати. У цьому контексті фінансові ресурси виконують не лише функцію фінансування інвестицій, а й функцію стабілізації діяльності підприємства. Саме тому для агровольтаїчних проєктів особливо важливим є бюджетування, прогнозування грошових потоків, оцінювання терміну окупності та управління ризиками [5].

Окремої уваги потребує питання фінансових ризиків. Реалізація агровольтаїчних систем пов'язана з технологічними, ринковими, кліматичними, регуляторними та інвестиційними ризиками. До технологічних належать ризики

пошкодження обладнання, зниження ефективності генерації або несумісності технічних рішень із сільськогосподарською діяльністю. Ринкові ризики пов'язані з коливанням цін на електроенергію, змінністю попиту та конкуренцією на ринку. Кліматичні ризики охоплюють вплив погодних умов на врожайність і роботу енергетичних систем. Регуляторні ризики виникають через зміну нормативно-правової бази, правил приєднання до мереж, податкових умов або механізмів державної підтримки. Відтак страхування, резервування фінансових ресурсів і створення антикризових фондів стають важливими елементами фінансової стратегії підприємства [3].

У сучасних умовах вагому роль відіграють також інструменти оцінки інвестиційної привабливості агровольтаїчних проєктів. До них належать аналіз чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми дохідності, строку окупності, індексу прибутковості та точки беззбитковості. Застосування таких методів дає змогу обґрунтовано приймати управлінські рішення щодо доцільності вкладення коштів у конкретний проєкт. Для підприємств аграрного сектору це особливо важливо, оскільки їхні фінансові можливості часто обмежені, а помилка в інвестиційному рішенні може мати тривалі негативні наслідки.

Не менш важливим є питання ефективного управління фінансовими ресурсами після запуску агровольтаїчного проєкту. На цьому етапі підприємству необхідно забезпечити контроль за витратами на експлуатацію, технічне обслуговування, ремонт, амортизацію та оновлення обладнання. Також слід враховувати витрати, пов'язані з агротехнологічним супроводом виробництва, моніторингом урожайності та оцінюванням екологічного ефекту. Раціональне управління грошовими потоками дає змогу підвищити рентабельність проєкту та скоротити термін повернення інвестицій [5].

Важливо підкреслити, що агровольтаїка є не лише технологічним, а й організаційно-фінансовим рішенням. Її успішна реалізація потребує скоординованої роботи менеджменту, фінансових служб, технічних фахівців, агрономів та енергетиків. Саме міждисциплінарний характер таких проєктів формує новий підхід до управління підприємством, у якому фінансові ресурси розглядаються як основа інтеграції виробничих, інноваційних та екологічних рішень.

У процесі відбудови України агровольтаїка може стати важливим інструментом не лише для забезпечення енергетичної автономії сільськогосподарських підприємств, а й для підвищення їхньої конкурентоспроможності на внутрішньому та зовнішньому ринках. Для цього необхідне формування сприятливого інвестиційного середовища, розвиток фінансових механізмів підтримки інновацій, удосконалення страхових інструментів та посилення державно-приватного партнерства. У цьому контексті фінансові ресурси підприємства мають розглядатися як стратегічний капітал, що забезпечує перехід від традиційної моделі агровиробництва до інноваційної, енергоефективної та стійкої [2].

Отже, фінансові ресурси підприємства є ключовим системоутворюючим фактором реалізації агровольтаїчних проєктів, оскільки визначають їхню інвестиційну спроможність, масштаб впровадження та рівень фінансової

стійкості. Ефективна модель фінансування таких проєктів ґрунтується на комбінуванні власних, позикових, державних і грантових джерел капіталу, що дозволяє знизити інвестиційні ризики та підвищити стійкість підприємств до зовнішніх шоків.

Встановлено, що агровольтаїка, попри високу капіталомісткість на етапі впровадження, забезпечує довгострокові економічні вигоди у вигляді скорочення витрат на енергозабезпечення, диверсифікації доходів та підвищення ефективності використання земельних ресурсів, що формує передумови для переходу аграрних підприємств до інноваційної та енергоефективної моделі розвитку.

Таким чином, розвиток агровольтаїки у процесі повоєнної відбудови України має стратегічне значення та потребує удосконалення фінансових механізмів підтримки інноваційних інвестиційних проєктів.

Список використаних джерел

1. Ситник Н. С., Смолінська С. Д., Ясіновська І. Ф. Фінанси підприємств : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 402 с.
2. Економіка відновлення : навч. посіб. / за ред. В. І. Грушка. Київ : Університет економіки та права «КРОК», 2023. 221 с.
3. Бондарук Т. Г., Заїчко І. В., Заїчко І. Д. Роль фінансових ресурсів в інноваційно-інвестиційному розвитку підприємств // Академічні візії. 2024. № 27. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/927> (дата звернення: 13.04.2026).
4. Агровольтаїка: нові можливості для української енергетики та агросектора / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. 2025. URL: <https://saee.gov.ua/news/ahrovoltaika-novi-mozhlyvosti-dlia-ukrainskoi-enerhetyky-ta-agrosetora> (дата звернення: 13.04.2026).
5. Мавлєва Д., Лиса О. Удосконалення управління фінансовими ресурсами з метою підвищення результативності діяльності підприємства // Економіка та суспільство. 2023. № 56. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-52> (дата звернення: 13.04.2026).

Прокопенко Анна Володимирівна,
здобувачка освіти першого рівня вищої
освіти спеціальності фінанси,
банківська справа, страхування та
фондовий ринок УНУ

Науковий керівник: Улянич Юлія
Василівна доцент кафедри фінансів,
банківської справи та страхування УНУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262586>

СТРУКТУРНА ОРІЄНТАЦІЯ СТРАХОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Оцінка спроможності страхового ринку покривати системні ризики передбачає насамперед визначення його масштабів у співвідношенні з економікою країни. Для цього доцільно проаналізувати динаміку страхових премій, обсяг активів страховиків, а також коефіцієнт страхового проникнення, що відображає частку страхових премій у валовому внутрішньому продукті. У таблиці 1 наведено основні показники розвитку страхового ринку України у 2021-2025 рр.

Таблиця 1

Основні показники розвитку страхового ринку України

Рік	Премії, млрд грн	ВВП (номін.), млрд грн	Коефіцієнт страхового проникнення, %	Страхові виплати, млрд грн	Активи страховиків, млрд грн
2021	48,9	5459,0	0,90	17,0	65,0
2022	39,6	5191,0	0,76	13,0	65,7
2023	47,0	6536,0	0,72	16,9	70,0
2024	53,1	7482,0	0,71	20,4	73,0
2025*	52,7	8200,0	0,64	18,8	75,0

* Дані за 2025 р. – за 9 місяців [1]

За даними таблиці 1, у 2022 р. обсяг страхових премій скоротився з 48,9 млрд грн до 39,6 млрд грн, що стало прямим наслідком воєнного шоку та зниження економічної активності. У 2023-2024 рр. спостерігалось відновлення позитивної динаміки, а за підсумками 9 місяців 2025 р. обсяг премій практично досяг рівня попереднього року.

Разом з тим, аналіз коефіцієнта страхового проникнення, наведений у рис.1, свідчить про іншу тенденцію, [2].

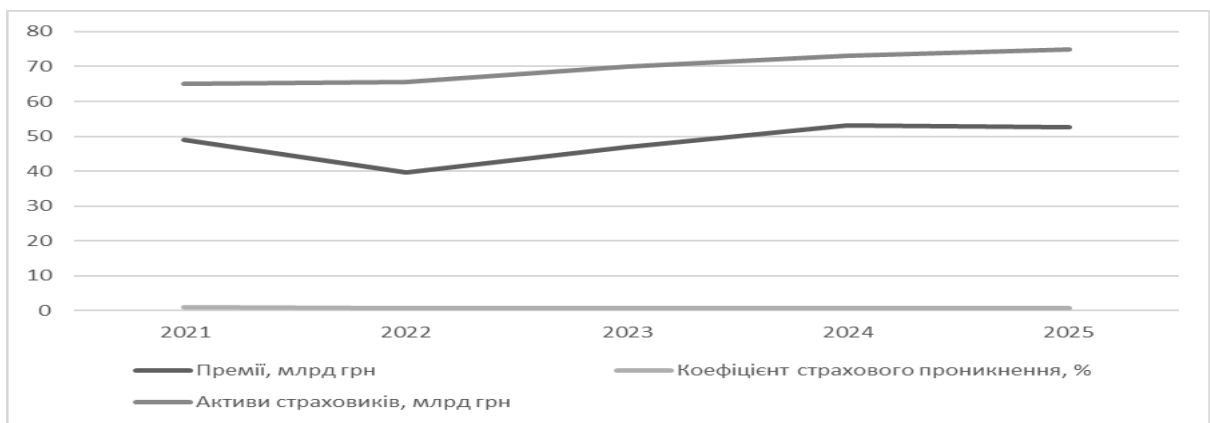


Рис.1. Динаміка страхових премій, коефіцієнта страхового проникнення та активів страховиків

Попри відновлення абсолютних обсягів премій, їх частка у ВВП поступово зменшувалася – з 0,90% у 2021 р. до приблизно 0,64% у 2025 р. Це означає, що зростання премій відбувалося повільніше, ніж зростання номінального ВВП, а отже, відносна роль страхування в економіці не посилювалася.

З таблиці 1 також видно, що активи страховиків у досліджуваній період коливалися в межах 65,0-75,0 млрд грн, демонструючи відносну стабільність фінансової бази ринку. Водночас навіть максимальний зафіксований рівень активів залишається неспівмірним із потенційними втратами від системних воєнних або кліматичних шоків, які можуть вимірюватися сотнями мільярдів гривень. Таким чином, дані таблиці 1 та рис. 1 дозволяють зробити висновок, що страховий ринок України демонструє адаптивність до кризових умов, проте його масштаб у відношенні до економіки залишається обмеженим. Низький коефіцієнт страхового проникнення та відносно невеликий обсяг активів формують передумови для виникнення розриву між потенційними системними втратами та можливостями їх страхового покриття.

Аналіз масштабів страхового ринку є недостатнім без оцінки його структурної орієнтації. Визначення домінуючих видів страхування дозволяє з'ясувати, на які ризики фактично спрямовані страхові ресурси та чи здатна існуюча структура забезпечувати покриття системних шоків. У таблиці 2 наведено структуру страхових премій за основними видами страхування.

Таблиця 2
Структура страхових премій за основними видами страхування у 2024 р.*

Вид страхування	Частка у загальному обсязі премій %
Non-life (ризикове)	83,00
Life (страхування життя)	17,00
Автострахування (КАСКО + ОСЦПВ)	42,00
Майнове страхування	18,00
Аграрне страхування	2,00

Страхування фінансових ризиків	6,00

*Джерело : [3]

Як видно з таблиці 2, страхування життя займає лише близько 17% ринку, тоді як домінуючим є сегмент ризикового страхування (non-life), частка якого перевищує 80%. Така структура свідчить про переважання короткострокових страхових продуктів над довгостроковими накопичувальними механізмами.

Найбільшу частку у структурі non-life страхування займає автострахування – понад 40% загального обсягу премій. При цьому значна частина цього сегмента припадає на обов'язкове страхування цивільно-правової відповідальності власників транспортних засобів. Це означає, що суттєва частка страхового ринку формується під впливом регуляторних вимог, а не добровільного управління ризиками.

Майнове страхування становить близько 18% премій, проте його обсяг є недостатнім для забезпечення широкого покриття катастрофічних ризиків, зокрема пов'язаних із воєнними діями або масштабними природними явищами.

Особливо показовою є частка аграрного страхування, яка залишається на рівні близько 2% загального обсягу премій. З огляду на стратегічне значення аграрного сектору для економіки України, така частка свідчить про низький рівень страхового покриття виробничих ризиків у сфері, що найбільшою мірою піддається впливу кліматичних та воєнних шоків.

Страхування фінансових ризиків також займає відносно незначну частку ринку. Це обмежує можливості страхового механізму у забезпеченні стабільності фінансових потоків підприємств в умовах макроекономічної турбулентності.

Таким чином, структура страхового ринку України характеризується домінуванням короткострокових і переважно обов'язкових видів страхування. Частка інструментів, спрямованих на покриття системних ризиків, залишається незначною. Це свідчить про структурну невідповідність ринку викликам воєнного та кліматичного характеру.

Список використаних джерел

1. Національна асоціація страховиків України. URL: <https://nasu.com.ua> (дата звернення: 02.04.2026).
2. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua> (дата звернення: 05.04.2026).
3. Нікольчук Ю. М., Снігур В. М. Сучасні аспекти розвитку страхового ринку України. *Трансформаційна економіка*. 2025. № 2 (11). С. 74–81. <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2025-11-12> (дата звернення: 04.04.2026).

Решітко Аліна Валентинівна,
здобувач вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня, 1 курсу
Факультету менеджменту, обліку та
інформаційних технологій Одеського
національного економічного
університету, спеціальність D3
«Менеджмент»

Науковий керівник: к.е.н., доцент
кафедри менеджменту організацій
Одеського національного економічного
університету Волчек Р. М.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262615>

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇСТИЧНИХ ПРОЄКТІВ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

У сучасних умовах енергетичної трансформації та кліматичних викликів агровольтаїка стає одним із перспективних напрямів поєднання сільського господарства та відновлюваної енергетики [1]. Вона передбачає одночасне використання земельних ресурсів для вирощування сільськогосподарських культур і виробництва електроенергії за допомогою сонячних панелей [5]. Однак впровадження агровольтаїчних проєктів супроводжується низкою ризиків, які можуть вплинути на їх ефективність і економічну доцільність [2]. Тому питання управління ризиками є ключовим для сталого розвитку таких ініціатив [2].

Мета дослідження полягає в наданні характеристики чинників, які обумовлюють появу ризиків у діяльності сільськогосподарських підприємств, що використовують агровольтаїку у своїй діяльності, й формулюванні заходів, направлених на мінімізацію та нейтралізацію виявлених ризиків [2].

Агровольтаїчні системи функціонують у нестабільному середовищі, де взаємодіють природні, технічні та економічні фактори [5]. Одним із найважливіших є кліматичний ризик [2]. Кліматичні коливання безпосередньо

впливають як на врожайність сільськогосподарських культур, так і на ефективність виробництва електроенергії [5]. Наприклад, надмірна хмарність знижує генерацію сонячної енергії, тоді як тривалі періоди посухи або аномальні опади можуть негативно позначатися на рослинах. Водночас агровольтаїка може частково пом'якшувати ці впливи: панелі створюють затінення, що зменшує випаровування вологи та захищає рослини від перегріву [5]. Отже, кліматичні фактори мають подвійний ефект – як ризиковий, так і потенційно позитивний [5].

Технічні ризики пов'язані з надійністю обладнання, його інтеграцією в аграрні процеси та складністю обслуговування [4]. Неправильне розміщення панелей може обмежити доступ техніки до полів або знизити врожайність через

надмірне затінення [4]. Фінансові ризики включають значні початкові інвестиції, коливання цін на енергію та невизначеність щодо окупності проєктів [2]. Регуляторні ризики, у свою чергу, стосуються змін у законодавстві, тарифній політиці та умовах державної підтримки [1]. Для ефективного управління зазначеними ризиками необхідно застосовувати системний підхід [3]. Одним із базових інструментів є SWOT-аналіз, який дозволяє визначити сильні та слабкі сторони проєкту, а також можливості та загрози [3]. Наприклад, до сильних сторін можна віднести диверсифікацію доходів, тоді як слабкими є високі інвестиційні витрати [2]. Можливості включають зростання попиту на «зелену» енергію, а загрози – кліматичну нестабільність [5].

Ще одним ефективним інструментом є матриця ймовірності-наслідків, яка дозволяє класифікувати ризики за рівнем їх впливу та ймовірності виникнення [3]. Це дає змогу визначити пріоритетні ризики та розробити відповідні стратегії реагування [3]. Наприклад, високовірогідні кліматичні ризики з значними наслідками потребують впровадження адаптивних агротехнологій або страхування врожаю [2].

Важливим елементом управління ризиками є створення системи моніторингу [2]. Вона передбачає постійне відстеження погодних умов, технічного стану обладнання та економічних показників. Використання цифрових платформ і датчиків дозволяє оперативно реагувати на зміни та зменшувати невизначеність [4].

Інноваційні технології відіграють ключову роль у зниженні ризиків [4]. Наприклад, використання систем точного землеробства дозволяє оптимізувати використання ресурсів і підвищити врожайність навіть за змінних кліматичних умов [4]. Інтелектуальні системи управління енергетикою допомагають прогнозувати виробництво електроенергії та ефективно інтегрувати її в енергомережу [4]. Крім того, застосування штучного інтелекту та великих даних дає змогу проводити більш точний аналіз ризиків і прогнозування їх наслідків [4].

Оцінка ефективності управління ризиками в агровольтаїчних проєктах базується на низці показників [2]. До них належать економічні (рентабельність, термін окупності, стабільність доходів), технічні (ефективність роботи сонячних панелей, надійність системи), а також аграрні (врожайність, якість продукції) [2]. Важливими є також екологічні показники, зокрема зменшення викидів парникових газів і ефективність використання земельних ресурсів [5].

Наприклад, дослідження показують, що агровольтаїчні системи можуть підвищувати ефективність використання землі на 30–60% порівняно з окремим використанням для енергетики чи сільського господарства [5]. Це свідчить про їх потенціал як інструменту сталого розвитку [5]. Вважаємо, що агровольтаїка є одним із найперспективніших напрямів розвитку аграрного сектору, особливо в умовах кліматичних змін [1]. Вона не лише дозволяє диверсифікувати джерела доходу фермерів, але й сприяє енергетичній незалежності [1]. Проте успіх таких проєктів значною мірою залежить від якості управління ризиками [2].

На нашу думку, ключовим фактором є інтеграція інноваційних технологій

і розвиток адаптивних моделей управління [4]. Традиційні підходи до оцінки ризиків вже не є достатніми в умовах високої невизначеності. Необхідно активно використовувати цифрові інструменти, аналітику даних і міждисциплінарні підходи. Також важливою є державна підтримка, яка може зменшити фінансові та регуляторні ризики [1].

Таким чином, впровадження агровольтаїчних проєктів супроводжується комплексом ризиків, які потребують системного та адаптивного управління [2]. Кліматичні коливання мають значний вплив на ефективність таких систем, але водночас відкривають можливості для інноваційних рішень [5]. Найефективнішими методами оцінки ризиків є SWOT-аналіз і матриця ймовірності-наслідків, які дозволяють структуровано підходити до управління невизначеністю [3]. Інноваційні технології, зокрема цифрові платформи та штучний інтелект, значно підвищують ефективність управління ризиками [4]. У підсумку, розвиток агровольтаїки залежить від здатності підприємств адаптуватися до змін і впроваджувати сучасні підходи до управління [1]. Усе вищезазначене відкриває нові перспективи для сталого розвитку аграрного сектору та енергетики.

Список використаних джерел

1. Асоціація агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua> (дата звернення: 02.04.2026)
2. Матеріали МОН України та наукових робіт з ризик-менеджменту аграрного сектору. URL: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/bitstream/handle> (дата звернення: 03.04.2026)
3. Інструментарій ідентифікації ризиків підприємств. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle> (дата звернення 02.04.2026)
4. Бакай Ю.Ю. Виклики та перспективи інтеграції інноваційних енерготехнологій у сільське господарств. URL: <https://journal.app.uzhnu.edu.ua> (дата звернення: 02.04.2026)
5. Chalgynbayeva A. et al. Worldwide Research Trends in Agrivoltaic Systems. URL: https://www.researchgate.net/publication/366884818_Worldwide_Research_Trends_in_Agrivoltaic_Systems-A_Bibliometric_Review (дата звернення: 02.04.2026)

Семенюк Андрій Олегович, науковий співробітник Інституту економіки та прогнозування НАНУ

Дячук Олександр Анатолійович, провідний науковий співробітник Інституту економіки та прогнозування НАНУ

Подолець Роман Здиславович, завідувач відділу економіки енергетики та клімату Інституту економіки та прогнозування НАНУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262619>

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОНОВЛЕНОГО НПЕК

Актуальність

Досягнення амбітних цілей оновленого Національного плану з енергетики та клімату (НПЕК) вимагає значного масштабування потужностей відновлюваної енергетики, зокрема сонячної. Згідно з прогнозом, до 2050 року можливе введення додатково до 31 ГВт наземних сонячних електростанцій (СЕС). Оскільки технології традиційних наземних сонячних електростанцій хоч і суттєво скоротили питому землеємність за останнє десятиліття, та все ж потребують в середньому 1,15 гектара землі для розміщення 1 МВт потужності звичайних фіксованих СЕС і 1,7 Га для станцій з трекінгом [1]. Відтак, лише втілення сценаріїв НПЕК потребуватиме відведення додатково від 11,2 до 43,4 тис. Га земель. В умовах України, де сільськогосподарські угіддя становлять понад 70% території країни і складають до 42 млн Га [2], масове розгортання наземних СЕС створюватиме пряму конкуренцію за земельний фонд. Вилучення родючих земель з аграрного обігу під промислову електрогенерацію загрожуватиме зниженням обсягів аграрного виробництва та експортного потенціалу. З іншого боку, європейський зелений курс (European Green Deal) та політики ЄС наголошують на необхідності сталого землекористування та недопущенні деградації ґрунтів. Також зауважимо, що 208 тис. Га угідь постраждали від мінування внаслідок воєнних дій, спричинених РФ [3]. Таким чином, виникає стратегічний конфлікт інтересів: просторове розширення інфраструктури для низьковуглецевого переходу обмежує просторовий ресурс для забезпечення продовольчої безпеки, хоч і не значним чином, оскільки зазначені необхідні площі для відведення становлять близько 0,1% від всіх земель СГ призначення.

Втім, якщо нестача земельних площ загалом може не видаватися проблемою, то процес пошуку підходящих ділянок і зміни цільового призначення під «Землі промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення» може гальмувати масштабне розгортання сонячної енергетики. Згідно з модельними оцінками, для втілення

оптимістичного сценарію НПЕК (WAM – «з додатковими заходами»), потрібно щорічно вводити біля 1,3 ГВт СЕС з відведенням 1,8 тис. Га земель. Діюча процедура зміни цільового призначення земель сільськогосподарського призначення під об'єкти енергетики регламентується статтею 20 Земельного кодексу України [4] та вимагає обов'язкової розробки містобудівної документації [5] і на практиці є обтяжливою, займаючи від 3 до 9 місяців. Етап будівництва триває від 5 до 13 місяців. За даними дослідження Представництва Фонду ім. Гайнріха Бьоля в Україні, середній розмір наземної СЕС в Україні складає 6,2 МВт, а медіанний – 1,7 МВт [6]. Саме такі малі та середні об'єкти з землеємністю 2-2,8 Га, які є найбільш стійкими в умовах надзвичайних ситуацій, формують основу розподіленої сонячної генерації як сьогодні, так і в майбутньому, якщо не відбудеться зсуву в бік превалюючого будівництва крупних об'єктів на десятки мегават. Вищезазначене означає, що щорічно потрібно буде в середньому проводити 210 процедур зміни цільового призначення земель під нові станції, половина з яких буде невеликими об'єктами локальної генерації. Втім, якщо з якоїсь причини уряд заборонить вилучення великих масивів цінних СГ земель під будівництво СЕС, чи оператори системи передачі і розподілу (ОСП і ОСР) обмежуватимуть підключення крупних СЕС до електромереж з міркувань адекватності чи через проблеми з балансуванням, то кількість окремих станцій, що будуються щороку муситиме зрости для збереження темпу досягнення кліматичних та енергетичних зобов'язань перед ЄС, а відповідно і кількість процедур зміни цільового призначення земель зсуватиметься в бік 500-700 кожного року. З іншого ж боку, сегмент таких малих СЕС міг би стати основою для масштабування агровольтаїки у фермерських господарствах.

Агровольтаїка (АВ) пропонує зміну парадигми землекористування з конкурентної «енергія, або продовольство» на синергетичну «енергія і продовольство» на одній ділянці. Ефективність цього підходу вимірюється Коефіцієнтом еквівалентності землі (Land Equivalent Ratio – LER), який при застосуванні АВ часто перевищує 1.3, тобто 1 гектар агровольтаїки дає стільки ж врожаю і електроенергії, скільки 1.3 гектара роздільного використання [7]. У процесі відбудови України впровадження АВ сприятиме децентралізації енергосистеми та підвищенню стійкості як самих агропідприємств до енергетичних дефіцитів, а також і сільських громад де вони знаходяться. На додачу, підвищуватиме рентабельність агробізнесу від продажу електроенергії або економії на її закупівлі. Крім того, створення штучного затінення допомагає адаптувати сільське господарство до змін клімату, зменшуючи випаровування вологи та тепловий стрес рослин [8]. Відповідно до вимог Директиви ЄС про відновлювані джерела енергії (RED III), прискорений розвиток сонячної енергетики та її системна інтеграція є ключовими елементами для гармонізації українських енергетичних стратегій з європейськими стандартами [9]. В контексті стійкості громад, додаткове джерело доходу агропідприємств.

Моделювання АВ для оновленого НПЕК

В сценаріях для оновленого НПЕК, розрахованих за допомогою моделі TIMES-Україна [10], представлена технологія АВ, щоправда без специфічного

КВВП, а з використанням усередненого для наземних фіксованих і дахових СЕС в Україні – 14,7% з відповідним профілем генерації впродовж чотирьох сезонів. Вартісні характеристики натомість відображають дещо вищі витрати на проектування в порівнянні з іншими типами станцій (Табл.1). Термін експлуатації обладнання – 30 років. АВ СЕС мають постачати вироблену електроенергію як до загальної мережі, так і споживати на власні потреби фермерського господарства у гнучких пропорціях, що визначаються моделлю ендогенно. Залежно від сценарію, закладено різну межу впровадження АВ: 1,5 ГВт для сценарію з «поточними заходами» (WEM) і 5 ГВт для сценарію «з додатковими заходами» (WAM). Припускається, що до 2030 року всі регуляторні бар'єри на шляху до впровадження АВ будуть зняті в обох сценаріях.

2020	2030	2035	2040	2045	2050
900	850	800	750	700	600

Таблиця 1. Капітальні витрати на будівництво 1 кВт встановленої потужності агровольтаїчної СЕС в моделі TIMES-Україна, Євро.

Згідно з результатами, потужності АВ СЕС можуть досягнути в 2050 році 1,07 ГВт за сценарію WEM і 1,7 ГВт за більш амбітного сценарію WAM з річним виробітком в 1,4 і 2,2 млрд кВтгод відповідно, більша частина якого споживається господарствами-власниками. В структурі споживання електроенергії цими господарствами, виробіток АВ може сягати майже 30% у WEM і 40% у WAM в окремі роки (Табл. 2). Також фіксується встановлення акумуляторних батарей, пов'язаних з АВ СЕС потужністю до 6 МВт у WEM і 490 МВт у WAM (ємність співвідноситься з потужністю як 4:1). Така суттєва різниця між сценаріями може пояснюватися загальним обмеженням на потужність акумуляторів за WEM сценарію. Верхня межа потужності АВ, встановлена для АВ СЕС не досягається в жодному зі сценаріїв. Це є результатом покриття потреб власного споживання фермерськими господарствами в години пікового виробництва і неможливістю з диспетчерських (надлишок генерації) чи ринкових (низькі ціни) причин постачати більші обсяги електроенергії до мережі, оскільки в системі вже є суттєві потужності сонячної генерації з таким самим графіком виробництва. Очевидним допоміжним рішенням могли б бути ще більші потужності накопичення, однак за такої конфігурації результатів це вбачається неефективним рішенням. Натомість, рішенням може бути рознесення графіку генерації АВ більш рівномірно впродовж дня.

Таблиця 2. Результати моделювання АВ СЕС для оновленого НПЕК.

		2025	2030	2035	2040	2045	2050
Виробництво е/е АВ СЕС, млрд кВтгод	WEM	0	0.17	0.17	0.80	1.29	1.38
	WAM	0	0.26	0.52	0.78	0.84	2.20

Встановлена потужність АВ СЕС, МВт	WEM	0	128	128	619	998	1066
	WAM	0	200	400	609	653	1704
Встановлена потужність батарей, МВт	WEM	0	0	0	0	6	6
	WAM	0	0	0	0	61	489

Вертикальні двосторонні панелі з орієнтацією Схід-Захід: найбільш перспективний саме для ріллі вид агровольтаїки. Панелі встановлюються вертикально (під кутом 90° до землі), як паркани, лініями з півночі на південь, а їхні активні поверхні орієнтовані на схід та захід.

- Профіль генерації: Замість одного великого піку опівдні (як у південної орієнтації), ця система дає два яскраво виражені піки — ранковий (8:00–10:00) та вечірній (16:00–18:00) в періоди найвищого попиту і ринкових цін, з характерним провалом генерації в середині дня, де існує профіцит генерації.

- Переваги для с/г: Мінімальне вилучення землі з обігу (менше 5-10%), вільний проїзд широкої техніки між рядами, відсутність суцільного затінення опівдні (сонце світить прямо між рядами).

- Річний КВВП: Загальний річний виробіток такої системи в умовах України буде приблизно на 10–15% меншим, ніж у звичайної фіксованої СЕС з орієнтацією на південь. Тобто, якщо оптимальна станція має КВВП близько 14-15%, вертикальна Схід-Захід матиме КВВП на рівні 12-13%.

Одноосьові треки: панелі розміщуються на високих опорах горизонтально (або під невеликим кутом), а вісь обертання розташована з півночі на південь. Протягом дня мотор повертає панелі слідом за сонцем зі сходу на захід.

- Профіль генерації: Утворює широке, рівномірне «плато». Генерація швидко виходить на максимум вранці, тримається на стабільно високому рівні весь день і плавно спадає пізно ввечері. Один з найкращих профілів СЕС для енергосистеми. Втім, потрібне додаткове обслуговування обертального механізму.

- Переваги для с/г: Дозволяє впровадити «динамічне затінення». Алгоритми трекера можуть розгортати панелі не лише за сонцем, а й так, щоб захистити рослини від граду, екстремальної полуденної спеки або, навпаки, пропустити максимум світла у похмурі дні.

- Річний КВВП: На відміну від вертикальних систем, треки не втрачають у генерації. Навпаки, їхній річний виробіток на 15–25% вищий за оптимальну фіксовану СЕС на південь.

Фіксовані навіси Схід-Захід з малим нахилом: Конструкція, де панелі утворюють суцільний дах у формі літери «V» або перевернутої «V» (нахил зазвичай 10–15° у східному та західному напрямках).

- Профіль генерації: Крива генерації стає ширшою і згладженою у порівнянні з південною орієнтацією. Полуденний пік зрізається, але обсяг енергії вранці та ввечері збільшується.

- Переваги для агро: Ідеально підходить для садівництва, ягідників та виноградників, тобто там, де потрібно захистити врожай від прямого сонця, граду та заморозків.

- Річний КВВП: Через те, що кут нахилу не є оптимальним, річна генерація зазвичай на 10–15% менша від звичного «південного» варіанта орієнтації [11].

Висновки

Впровадження агровольтаїки є стратегічно важливим синергетичним рішенням для сільського господарства і повоєнної відбудови енергетики, що дозволяє досягти цілей оновленого НПЕК щодо частки ВДЕ в енергобалансі і розгортання сонячної генерації без створення конкуренції за сільськогосподарські землі. Результати моделювання підтверджують значний потенціал технології, який за амбітним сценарієм (WAM) може сягнути 1,7 ГВт встановленої потужності до 2050 року. Ці потужності здатні суттєво покрити власні потреби фермерських господарств в електроенергії та масштабувати розподілену генерацію на рівні сільських громад, сприяючи енергетичному переходу та дотриманню кліматичних зобов'язань Україною. Водночас, для оптимізації роботи енергосистеми та уникнення надлишків генерації опівдні, доцільним є фокус на конструкціях із нетиповими профілями генерації (вертикальні системи Схід-Захід або трекеři), що дозволить змістити виробництво електроенергії на періоди найвищого попиту зранку та ввечері.

Список використаних джерел

1. Bolinger, M., Bolinger, G. Land Requirements for Utility-Scale PV: An Empirical Update on Power and Energy Density // IEEE Journal of Photovoltaics. — 2022. — Vol. 12, no. 2. — P. 589–594. — DOI: 10.1109/JPHOTOV.2021.3136805.

2. Структура земель України: С.Г. Земля державна передана громадам [Електронний ресурс] // Агрополіт. — 2024. — Режим доступу: <https://agropolit.com/news/20700-struktura-zemel-ukrayini-s-g-zemlya-derjavna-pere-dana-gromadam> (дата звернення: 1.04.2026).

3. На розмінованих землях України вже можна виростити 1 млн т зерна [Електронний ресурс] // Офіційний портал Верховної Ради України. — 2024. — Режим доступу: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/245689.html (дата звернення: 1.04.2026).

4. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. Відомості Верховної Ради України. 2002. № 3-4. Ст. 27. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 02.04.2026).

5. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 34. Ст. 343. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> (дата звернення: 02.04.2026).

6. Малі учасники ВДЕ-ринку в Україні : аналітичне дослідження / Представництво Фонду ім. Гайнріха Бюлля в Україні. Київ, 2020. URL: <https://clik.now/jD1X> (дата звернення: 02.04.2026).

7. Barron-Gafford G. A., Pavao-Zuckerman M. A., Minor R. L. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus. Nature

Sustainability. 2019. Vol. 2. P. 847–855. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>.

8. Schindele S., Trommsdorff M., Schlaile A. et al. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*. 2020. Vol. 265. Art. 114707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>.

9. Implementation of EU Legislation in the Field of Renewable Energy Sources within Ukraine's European Integration Process [Електронний ресурс] // Міністерство енергетики України. — 2025. — Режим доступу: <https://mev.gov.ua/en/news/implementation-eu-legislation-field-renewable-energy-sources-within-ukraines-european> (дата звернення: 02.04.2026).

10. Подолець Р.З., Дячук О.А. Стратегічне планування у паливно-енергетичному комплексі на базі моделі "TIMES- Україна": наук. доп. НАН України; Ін-т екон. та прогнозув. — К., 2011. — 150 с.

11. Trommsdorff, M., & Gruber, S. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. A Guideline for Germany [Електронний ресурс]. — Freiburg: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2024. — Режим доступу: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics-opportunities-for-a-griculture-and-the-energy-transition.html> (дата звернення: 06.04.2026).

Слоква Марина Григорівна, доцент
кафедри міжнародного менеджменту
Державного торговельно-економічного
університету

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262631>

ГЛОБАЛЬНИЙ РИНОК АГРОВОЛЬТАЇКИ: ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Сучасний світовий економічний простір характеризується стрімким посиленням тенденцій турбулентності та загостренням низки глобальних проблем, необхідністю пошуку нових, нестандартних підходів до їх розв'язання, одним з яких виступає агровольтаїка.

Агровольтаїка являє собою сучасну новітню концепцію господарювання, що ґрунтується на міжгалузевому підході і передбачає подвійне одночасне використання сільськогосподарських угідь для виробництва продуктів харчування та виробництва фотоелектричної енергії. Що вельми актуальним виступає в умовах загострення екологічних, енергетичних, безпекових, ресурсних та інших проблем сучасності.

Розгляд масштабів розвитку глобального ринку агровольтаїки розпочнемо з огляду світового ринку сонячної енергетики. Сучасні тенденції розвитку сонячної енергетики свідчать про популяризацію даного джерела генерації енергії в світі. Спостерігається стрімке зростання потужностей сонячних електростанцій в світі з подвоєнням їх генерації тільки за останні декілька років. Так, за оцінками фахівців 2024 рік став справді знаковим для сонячної енергетики, глобальні сонячні установки досягли майже 600 ГВт, демонструючи вражаюче збільшення на 33% порівняно з попереднім 2023 роком. Сонячна енергетика забезпечувала 81% усіх нових потужностей відновлюваної енергетики, доданих у світі у 2024 році. Хоча наразі вона демонструє доволі скромну частку у загальносвітовому виробництві електроенергії, її частка зросла до 7% у 2024 році – майже вдвічі збільшившись за три останні роки. Сонячна енергетика зазнала найшвидшого зростання серед усіх технологій виробництва електроенергії, втричі перевищуючи зростання вітрової енергетики, яка посіла друге місце [1].

На фоні стрімкого розвитку сонячної енергетики в світі з кожним роком набирає популярності новий міжгалузевий напрямок діяльності – агровольтаїка. Будучи відносно молодим напрямом, агровольтаїка вже має певну практику реалізації у ряді країн світу. Початок її розвитку пов'язують з іменами німецьких вчених Адольфа Гетцбергера та Арміна Застрова, які у 1981 році представили концепцію агровольтаїки, усвідомивши, що подвійне землекористування може принести великі переваги [2]. Перша агровольтаїчна система розпочала свою роботу в Німеччині у 2004 році. У Франції та Італії перші агровольтаїчні системи було створено у 2011 році. У 2013 році першу державну програму фінансування проекту у сфері агровольтаїки було започатковано у Японії. Перші великі агровольтаїчні системи площею понад

10 га було створено в Китаї у 2015 році. Державне фінансування агровольтаїки у Франції стартувало у 2017 році. У США першу програму підтримки агровольтаїки було прийнято в штаті Массачусетс у 2018 році. У 2020 році відбулось заснування серії щорічних міжнародних конференцій «AgriVoltaics». У 2021 році німецьким технічним стандартом DIN SPEC 91434:2021-05 агровольтаїка (Agri-PV) визначається як поєднання сільськогосподарського виробництва (як пріоритетного виду використання) та фотоелектричного виробництва електроенергії (як вторинного виду використання) на одній і тій самій земельній ділянці. Цього ж року оціночна встановлена глобальна потужність агровольтаїчних систем перевищила 14 ГВт пік. У 2023 році Європейською комісією було схвалено схему стимулювання агровольтаїки на суму 1,7 мільярда євро для Італії [3, с. 8].

Зростання ринку агровольтаїки обумовлюється зростаючою потребою у відновлювальній енергії, ефективному землекористуванні, сталому сільському господарстві, розвитком технологій та сприянням з боку уряду. На теперішній час агровольтаїка перетворилася з експериментальної технології на потужну глобальну галузь.

Обсяг глобального ринку агровольтаїки у 2025 році становив 11,72 млрд дол. США. У 2026 році прогнозується його зростання до 15,25 млрд дол. США. За оцінками експертів протягом наступних п'яти років передбачається середнє щорічне зростання на рівні 30,1%, в результаті чого очікується, що в 2031 році розмір ринку досягне 56,83 млрд дол. США [4].

Аналіз регіональної структури глобального ринку агровольтаїки показав, що провідні позиції у 2024 році займає Азійсько-Тихоокеанський регіон з часткою 68,7 % у світових доходах завдяки понад 500 операційним об'єктам Китаю, а також стрімким темпам розвитку даного сектору в Індії. Японія робить ставку на моделі подвійного використання для досягнення своєї мети 40-50% відновлювальної електроенергії до 2040 року. Європа є регіоном, що швидко розвивається, з середньорічним темпом зростання 31,6%, основною метою є декарбонізація сільського господарства. Північна Америка масштабується за рахунок мега-майданчиків змішаного типу. Пілотні установки місцевого виробництва в Мексиці демонструють, що агровольтаїка може знизити витрати на дизельні насоси та підвищити врожайність кукурудзи. Південна Америка, Близький Схід і Африка знаходяться на початкових етапах впровадження агровольтаїки [4].

Якщо проаналізувати, які культури найчастіше використовуються в технології агровольтаїки, то варто відмітити, що на корнеплоди, такі як картопля, морква, буряк та редис припадає 43,7%. Ці рослини добре підходять для вирощування під сонячними панелями, які забезпечують оптимальний рівень сонячного світла завдяки гнучким умовам затінення.

Ключовими трендами на глобальному ринку агровольтаїки є: по-перше, використання систем з динамічними панелями (трекерами, що рухаються за сонцем), у 2026 році вони займатимуть до 87,9% ринку; по-друге, двосторонні (bifacial) модулі, які стали стандартом галузі, забезпечуючи максимальну генерацію енергії при мінімальному затіненні [5].

В майбутньому очікується зростання потреби в подвійному використанні землі для ведення сільського господарства та виробництва електроенергії, що спричинятиме зростання глобального ринку агровольтаїки. За оцінками фахівців це забезпечуватиме щорічне максимальне зростання світового виробництва сільськогосподарських культур на 1,8 мільярда тонн. Цього достатньо, щоб прогодувати понад 2,1 мільярда людей на рік, що особливо важливо для продовольчої безпеки. З економічної точки зору, збільшення сільськогосподарського виробництва може генерувати понад 1 трильйон доларів потенційного додаткового світового сільськогосподарського доходу, зміцнюючи засоби для існування сільського населення та національні економіки [6]. Крім того, також спостерігатиметься зниження попиту на воду та викидів CO₂ завдяки частковому затіненню, кліматичній буферизації та виробництву чистої енергії; а також підвищення продуктивності земель шляхом спільної оптимізації сільського господарства та сонячної енергетики на одній земельній ділянці.

Список використаних джерел

1. Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029
URL: <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2025-2029#download>
2. A. Goetzberger and A. Zastrow: Kartoffeln unter dem Kollektor. *Sonnenenergie*. 3/81 (1981), p. 19-22.
3. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. A Guideline for Germany | February 2024.
URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/APV-Guideline.pdf>
4. AGRIVOLTAICS MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS - GROWTH TRENDS AND FORECAST (2026 - 2031). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/agrivoltaics-market>
5. Agrivoltaics Market Analysis & Forecast – 2026 to 2033.
URL: <https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/agrivoltaics-market>
6. U. Jamil and J.M. Pearce (2026). Agrivoltaics as a systems innovation: Multi-dimensional benefits from global studies across climate, agriculture, energy, and ecosystems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 230, April 2026, 116721. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2026.116721>

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ФІНАНСОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Збройна агресія росії проти України спричинила масштабні руйнування виробничих потужностей і інфраструктури, призвела до значних людських жертв та суттєвих соціальних втрат. Війна спричинила скорочення робочих місць і доходів населення, падіння купівельної спроможності та зменшення обсягів накопичених активів. У 2022 р. реальний ВВП України знизився на 29,2%, а близько 13,5 млн осіб були змушені покинути свої домівки. Понад 7 млн громадян опинилися за межею бідності, у результаті чого рівень бідності досяг 24% населення [1]. За таких умов особливої актуальності набуває аналіз функціонування фінансового ринку України в умовах глибокої кризи та воєнних викликів. Від початку повномасштабної війни в Україні не було зареєстровано жодної нової фінансової установи, водночас значна кількість учасників залишила ринок. Протягом 2022 р. з державного реєстру було виключено 91 кредитну спілку, 18 страхових компаній, 30 фінансових компаній, 66 ломбардів та низку банків (рис. 1).

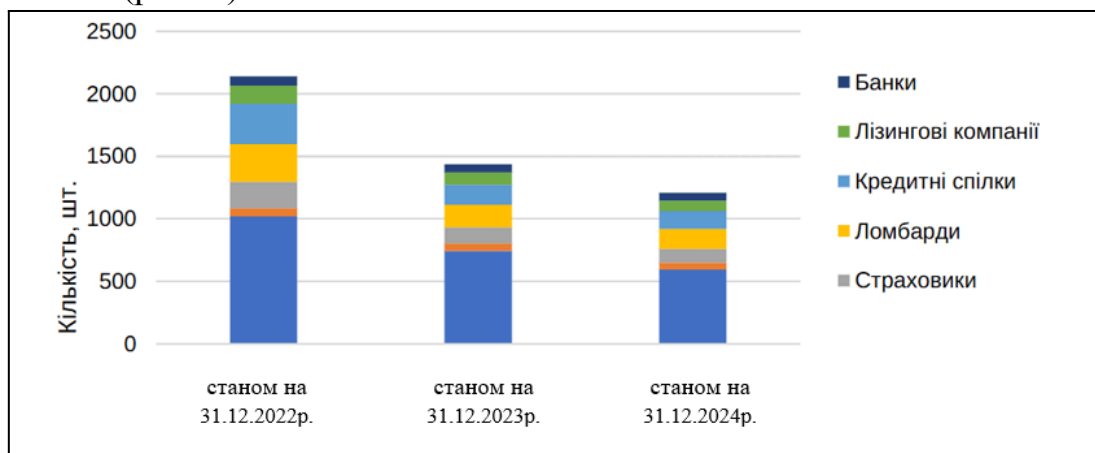


Рис. 1. Динаміка зміни кількості учасників фінансового ринку

Переважна частина установ, що залишили фінансовий ринок, мала анульовані ліцензії, а значний відсоток із них працював на території ОРДЛО та в Криму [2].

У сучасних умовах до ключових особливостей розвитку фінансового ринку України можна віднести таке:

– Унаслідок покращення економічної ситуації, яке перевершило початкові прогнози, НБУ переглянув очікування щодо зростання реального ВВП у 2023 році: замість прогнозованих 2,0% передбачено зростання на рівні 2,9%. Прогнозується, що в наступні роки темпи економічного розвитку прискорюватимуться та можуть досягати 3,5–6,8%. Водночас, якщо активна фаза війни триватиме довше, ніж закладалося у базовому сценарії (до середини

2024 року), економічне зростання може сповільнитися. Постійні атаки з боку росії спрямовані на підрив економічного потенціалу України, що підтверджується терактом на Каховській ГЕС, посиленими обстрілами портової інфраструктури, блокуванням «зернового коридору» в Чорному морі та виходом із зернової угоди. Річні темпи інфляції демонструють стійке уповільнення: якщо у січні 2023 року інфляція становила 26%, то вже у липні вона знизилася майже до 11%, рис. 2.

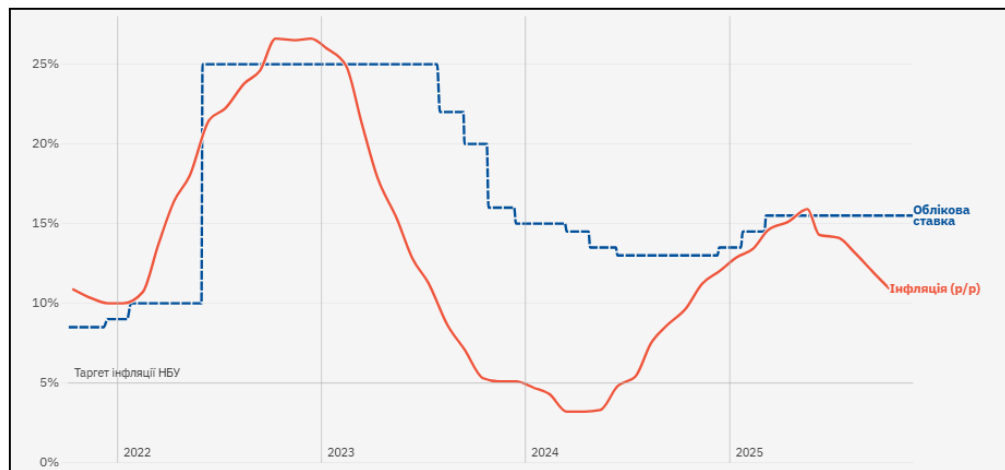


Рис. 2. Рівень інфляції в Україні

Цьому сприяли стабільна ситуація в енергетиці, зниження вартості пального у першому півріччі 2023 р. і збільшення пропозиції на продовольчому ринку.

На цей процес також вплинули дії Національного банку, які забезпечили стійкість валютного ринку і стимулювали громадян більше зберігати гроші в національній валюті.

Навесні та влітку 2023 р. банки активно підвищували процентні ставки за депозитами. Значна кількість фінансових установ почала пропонувати гривневі вклади строком від 3 до 12 місяців із прибутковістю на рівні 15% і більше. Подібна висока ставка дозволяла частково убезпечити заощадження населення від інфляційного знецінення. Саме тому в другій половині 2023 р. спостерігалось зростання зацікавленості громадян у розміщенні коштів на депозитах у національній валюті. Натомість попит на валютні депозити помітно скоротився. Такі тенденції стали наслідком узгодженої монетарної політики Національного банку України [3]. Далі розглянемо особливості функціонування комерційних банків України впродовж останніх років, які суттєво впливають на формування та розвиток фінансового ринку, табл. 1.

Таблиця 1

Основні показники діяльності банків України

Назва показника	01.01.2021	01.01.2022	01.01.2023	01.01.2024	Активи банків (млн.грн)

Кількість діючих банків, од., в т.ч.	75	74	71	67	89,33
з іноземним капіталом, од.	35	33	33	30	85,71
зі 100% іноземним капіталом, од. Активи банків (млн.грн)	23	23	23	22	95,65

Отже, аналіз даних табл. 1 свідчить, що станом на 01.01.2024 р. кількість банківських установ продовжувала скорочуватися. Водночас активи банківської системи України демонстрували стійку позитивну динаміку: у період з 1.01.2021 р. по 1.01.2024 р. їх обсяг зріс на 37,44%.

Розглядаючи фінансовий ринок у цілому, доцільно проаналізувати і стан страхового сектору. Для цього важливим є дослідження кількості страхових компаній та обсягу їх активів, табл. 2, [3].

Таблиця 2

Основні показники діяльності страхових компаній України

Назва показника	01.01.2021	01.01.2022	01.01.2023	31.03.2024	31.06.2024	Темп росту (2024/2021),%
Кількість, шт.	210	155	145	122	115	54,76
Активи, млн грн	64 903	64 802	64 802	70 480	70 785	109,06

Протягом 2021 р. - 30.06.2024 р. кількість страхових компаній в Україні скоротилася на 45,24% - з 210 до 115. У цей період фактично функціонували 103 компанії у сегменті non-life (з них близько 60 здійснювали активну діяльність із виплатами понад 1 млн грн) та 12 компаній зі страхування життя (11 із них - активні учасники ринку). У 2023 р. загальний обсяг валових страхових премій зменшився до 39,6 млрд грн, із яких 24,6 млрд грн припадали на надходження від фізичних осіб. Обсяги премій у секторі ризикового страхування скоротилися на 8%, тоді як премії зі страхування життя, навпаки, зросли протягом кварталу на 9%.

Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку фінансового сектору. Офіційний сайт «Національного банку України». URL: <https://bank.gov.ua/ua/about/develop-strategy> (дата звернення: 01.04.2026).

1. Сукач О. М., Сарана Л. А., Савченко С. О. Вплив фінансових інновацій на розвиток ринку фінансових послуг. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців*. Серія: економіка, управління, безпека, технології. Том 3, № 1, 2024. С. 51-56.

1. Данилишин Б. Реалії воєнного часу: ситуація в економіці та фінансових ринках України. URL: https://lb.ua/blog/bogdan_danylysyn/568138_realii_voennogo_chasu_situatsiya.html (дата звернення: 02.04.2026).

СОЦІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В умовах запровадження воєнного стану система соціального забезпечення України зазнає суттєвих трансформацій, що зумовлено необхідністю оперативного реагування на безпрецедентні соціально-економічні виклики. Повномасштабна війна спричинила значні диспропорції на ринку праці, руйнування виробничої та соціальної інфраструктури, а також різке зростання кількості вразливих верств населення. До таких категорій належать внутрішньо переміщені особи, безробітні громадяни, особи, які втратили житло або джерела доходів, військовослужбовці та члени їхніх сімей. У цих умовах соціальна політика держави набуває системоутворюючого значення та спрямовується на забезпечення мінімальних соціальних стандартів, підтримку платоспроможності населення та збереження соціальної стабільності.

Одним із пріоритетних напрямів державної соціальної політики є забезпечення підтримки внутрішньо переміщених осіб. Реалізація відповідних механізмів включає надання щомісячної грошової допомоги на проживання, диференційованої залежно від соціального статусу отримувачів. Водночас функціонують програми компенсаційного характеру, зокрема «Прихисток», що передбачає відшкодування витрат домогосподарствам, які забезпечують тимчасове проживання ВПО. Зазначені заходи спрямовані на часткове вирішення житлової проблеми та забезпечення базових соціальних потреб цієї категорії населення, а також сприяють їх соціально-економічній інтеграції у приймаючі територіальні громади.

Важливим інструментом адаптації соціальної політики до умов воєнного часу стала трансформація програм прямої фінансової підтримки населення, зокрема впровадження та модифікація програми «Підтримка». У межах зазначеної ініціативи здійснювалося надання одноразових грошових виплат громадянам, які втратили роботу внаслідок бойових дій. Паралельно держава забезпечує безперервність функціонування системи житлових субсидій, що відіграє ключову роль у підтримці домогосподарств в умовах зростання тарифного навантаження та зниження реальних доходів населення.

Особливе місце у системі соціального забезпечення займає підтримка військовослужбовців та членів їхніх сімей. Держава гарантує належний рівень грошового забезпечення військових, включаючи додаткові виплати за участь у бойових діях, а також передбачає систему соціальних гарантій у разі поранення, інвалідності або загибелі. Зокрема, реалізується механізм надання одноразової грошової допомоги сім'ям загиблих військовослужбовців, а також забезпечуються пільги у сфері житлово-комунальних послуг, медичного обслуговування та доступу до освіти.

Важливим напрямом державної політики є стимулювання зайнятості та підтримка підприємницької активності. У цьому контексті реалізується комплексна програма «єРобота», яка передбачає надання мікрогрантів для започаткування власної справи, фінансову підтримку розвитку переробної промисловості, а також стимулювання аграрного виробництва. Зазначені заходи сприяють створенню нових робочих місць, диверсифікації економічної діяльності та поступовому відновленню національної економіки.

Разом з тим, функціонування системи соціального забезпечення в умовах воєнного стану супроводжується низкою системних проблем. До них належать обмеженість фінансових ресурсів, зростання навантаження на державний бюджет, недостатній рівень адресності соціальних виплат, а також регіональна диференціація доступу до соціальних послуг. Додатковими викликами є необхідність удосконалення механізмів ідентифікації отримувачів соціальної допомоги та підвищення ефективності адміністрування соціальних програм.

У цьому контексті особливої актуальності набуває цифровізація соціальної сфери, яка передбачає впровадження електронних сервісів для оптимізації процесів призначення та виплати соціальної допомоги. Використання цифрових інструментів сприяє підвищенню прозорості, зменшенню адміністративних витрат та мінімізації корупційних ризиків. Крім того, важливим чинником забезпечення ефективності соціальної політики є розвиток міжнародного співробітництва, що дозволяє залучати додаткові фінансові та гуманітарні ресурси.

Отже, система соціального забезпечення України в умовах воєнного стану виступає ключовим елементом механізму державного регулювання соціально-економічних процесів. Її подальший розвиток має ґрунтуватися на принципах адресності, ефективності, прозорості та адаптивності до динамічних умов функціонування, що забезпечить належний рівень соціального захисту населення та сприятиме зміцненню соціальної стійкості держави.

Список використаних джерел

1. Безпаленко О. В. Вектори соціальної політики для України в умовах викликів війни. Проблеми сучасних трансформацій. Серія : економіка та управління. 2022. № 4. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2022-4-07-04>
2. Видатки на соціальну допомогу // Міністерство фінансів. 2023. URL: https://mof.gov.ua/uk/expenditures_on_social_assistance
3. Пам'ятка учасникам російсько-української війни. Права, обов'язки та гарантії соціального захисту. 2023. URL: https://legal100.org.ua/wpcontent/uploads/2018/05/pamyatka-uchasnykavijny_2023-13-10-1.pdf

Янєв Микола Іванович, аспірант
кафедри маркетингу та міжнародної
логістики, Одеського національного
економічного університету
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262661>

ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ВИНОРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ ІННОВАЦІЙ

Сучасний розвиток виноробної галузі вимагає пошуку інноваційних рішень, здатних забезпечити одночасно економічну ефективність, екологічну сталість та адаптацію до кліматичних змін. Одним із таких перспективних напрямів є впровадження агровольтаїчних технологій, які передбачають інтеграцію сонячних енергетичних систем у сільськогосподарське виробництво, зокрема у виноградарство. Для виноробних підприємств агровольтаїка відкриває нові можливості підвищення конкурентоспроможності за рахунок оптимізації використання земельних ресурсів, зниження енергетичних витрат і підвищення стійкості виноградників до несприятливих погодних умов.

У світовій практиці агровольтаїка вже демонструє успішні результати у виноградарстві та розглядається як один із найбільш перспективних інструментів адаптації галузі до кліматичних змін. Наприклад, у Франції компанія Sun'Agri реалізує інноваційні проекти на виноградниках регіонів Лангедок, Прованс і Бордо, де динамічні сонячні панелі автоматично регулюють рівень затінення залежно від погодних умов, температури та потреб рослин. Це дозволяє зменшити стрес виноградної лози в періоди спеки, скоротити випаровування вологи з ґрунту та стабілізувати врожайність навіть у посушливі сезони. Подібні технології активно тестуються також в Італії, зокрема в Тоскані та Сицилії, де агровольтаїчні системи використовуються для захисту виноградників від надмірної сонячної радіації та зниження температурного навантаження на лозу.

В Іспанії, у виноробних регіонах Ла-Ріоха та Каталонія, агровольтаїка впроваджується як частина стратегій сталого виноробства, орієнтованих на скорочення витрат енергії та підвищення ресурсної ефективності підприємств. У Німеччині дослідницькі проекти Fraunhofer ISE демонструють, що встановлення сонячних панелей над виноградниками не лише генерує електроенергію, а й позитивно впливає на мікроклімат насаджень, зменшуючи ризик перегріву ягід. У США, особливо в Каліфорнії — одному з провідних виноробних регіонів світу, агровольтаїчні рішення набувають поширення як спосіб поєднання відновлюваної енергетики з високорентабельним виноробним виробництвом в умовах дефіциту водних ресурсів.

Для України подібний міжнародний досвід має особливе значення, оскільки південні виноробні регіони — Одеська, Миколаївська, Херсонська області та Закарпаття — характеризуються високою інсоляцією, тривалими посушливими періодами та зростаючим впливом кліматичних ризиків. Саме ці умови створюють передумови для успішного впровадження агровольтаїки у

виноградарстві. Зокрема, в Одеській області, де зосереджена значна частина виноградних господарств України, використання агровольтаїчних систем може забезпечити одночасно захист виноградників від перегріву, зниження витрат на енергозабезпечення виробництва та підвищення екологічної конкурентоспроможності виноробних підприємств. У перспективі це може стати важливим фактором модернізації української виноробної галузі та посилення її позицій на міжнародному ринку.

Конкурентні переваги виноробних підприємств, сформовані завдяки агровольтаїчним інноваціям, мають комплексний характер і проявляються в економічній, виробничій, маркетинговій та стратегічній площинах.

По-перше, економічна перевага полягає у скороченні витрат на електроенергію завдяки власній генерації відновлюваної енергії, що особливо важливо для виноробних підприємств із енергоємними процесами охолодження, ферментації та зберігання продукції. Крім того, надлишкова електроенергія може бути реалізована в енергомережу, формуючи додаткове джерело доходу та підвищуючи фінансову стійкість підприємства. У довгостроковій перспективі це знижує залежність виробників від коливань тарифів на енергоресурси та підвищує передбачуваність витрат.

По-друге, виробнича перевага агровольтаїки полягає у створенні більш стабільних умов для вирощування винограду. Сонячні панелі виконують не лише енергогенеруючу функцію, а й регулюють мікроклімат виноградників: зменшують перегрів ґрунту, знижують рівень випаровування вологи, пом'якшують вплив спеки, граду та ультрафіолетового перевантаження. Це дозволяє зберігати стабільність урожайності навіть у роки з несприятливими погодними умовами, а також позитивно впливає на якість ягід, зокрема баланс цукристості та кислотності, що є критично важливим для виробництва якісного вина.

По-третє, маркетингова перевага пов'язана з формуванням екологічного іміджу підприємства та посиленням ринкового позиціонування бренду як інноваційного, технологічного й орієнтованого на принципи сталого розвитку. У сучасних умовах споживачі дедалі частіше обирають продукцію компаній, що демонструють екологічну відповідальність і впроваджують «зелені» технології. Для виноробних підприємств це означає можливість підвищення доданої цінності бренду, зміцнення лояльності споживачів та виходу на нові сегменти ринку, зокрема преміальні й експортно орієнтовані.

Окрім цього, агровольтаїчні інновації формують стратегічну конкурентну перевагу, оскільки дозволяють виноробним підприємствам адаптуватися до довгострокових викликів, пов'язаних із кліматичними змінами, енергетичною нестабільністю та зростанням екологічних вимог міжнародних ринків. Таким чином, агровольтаїка стає не лише технологічною інновацією, а й важливим інструментом забезпечення довгострокової конкурентоспроможності виноробного бізнесу.

Особливого значення набуває маркетинговий аспект використання агровольтаїки, оскільки сучасні споживачі дедалі більше орієнтуються на принципи сталого виробництва, екологічної відповідальності та прозорості

походження продукції. На глобальному ринку вина спостерігається стійка тенденція до зростання попиту на продукцію, вироблену із дотриманням екологічних стандартів, а концепція сталого виноробства дедалі більше стає не лише етичним вибором, а й важливою конкурентною перевагою на ринку. У таких умовах впровадження агровольтаїчних систем стає не лише технологічною інновацією, а й потужним маркетинговим інструментом диференціації виноробних підприємств.

Використання агровольтаїки може стати важливим елементом брендингу виноробних компаній, формуючи образ підприємства як інноваційного, екологічно свідомого та соціально відповідального виробника. Для споживача це створює додаткову емоційну цінність продукту: вино сприймається не лише як товар, а як частина культури відповідального споживання. Саме тому агровольтаїка здатна підсилювати бренд-історію підприємства, що є особливо важливим для преміального сегмента винної продукції, де значення мають не лише смакові характеристики, а й філософія бренду.

На внутрішньому ринку екологічно орієнтований бренд сприяє формуванню довіри споживачів та підвищенню впізнаваності торгової марки, тоді як на зовнішніх ринках він відкриває доступ до сегментів, де екологічна сертифікація та сталість виробництва є важливими критеріями вибору. Зокрема, у країнах Європейського Союзу, Канаді та США покупці дедалі частіше віддають перевагу винам із підтвердженим «зеленим» походженням, що створює для українських виробників додаткові експортні можливості.

Крім того, використання агровольтаїчних технологій може бути інтегроване у комунікаційну стратегію підприємства через екомаркування, storytelling, цифрові кампанії та винний туризм. Наприклад, виноробні господарства можуть акцентувати увагу на тому, що їхня продукція створюється з використанням відновлюваної енергії та технологій, які мінімізують вплив на довкілля. Такий підхід формує додану цінність продукції, дозволяє встановлювати преміальні цінові позиції та сприяє зміцненню довгострокової лояльності споживачів.

Для України впровадження агровольтаїчних інновацій у виноробстві перебуває на початковому етапі, однак має значний потенціал з огляду на природно-кліматичні, економічні та технологічні передумови розвитку галузі. Південні регіони країни, зокрема Одеська, Миколаївська, Херсонська області, а також Закарпаття, характеризуються високим рівнем сонячної інсоляції, тривалим вегетаційним періодом та значними площами виноградних насаджень, що створює сприятливі умови для інтеграції агровольтаїчних систем у виноградні господарства. Особливо перспективною є Одеська область, яка є одним із провідних центрів українського виноробства та має потужну базу виноградарських підприємств, здатних стати майданчиками для пілотних інноваційних проєктів.

Водночас українські виноробні підприємства стикаються з низкою викликів, серед яких зростання вартості енергоресурсів, необхідність адаптації до кліматичних змін, дефіцит водних ресурсів у посушливих районах та потреба модернізації виробничої інфраструктури. У цьому контексті

агровольтаїка може стати ефективним інструментом посилення енергонезалежності підприємств, зниження виробничих витрат і забезпечення більшої стабільності врожайності виноградарників. Для малих і середніх виноробних господарств такі технології також відкривають можливості диверсифікації доходів через виробництво та реалізацію електроенергії.

Подальший розвиток цього напрямку потребує активізації інвестицій у науково-дослідні та демонстраційні проекти, державної підтримки інноваційних ініціатив, створення пільгових механізмів фінансування для аграрного бізнесу та залучення міжнародних грантових програм у сфері зеленої енергетики. Не менш важливим є формування ефективних стратегій популяризації агровольтаїки серед виробників вина, зокрема через проведення галузевих форумів, освітніх семінарів, консультаційних програм та поширення успішних кейсів міжнародного досвіду. Саме поєднання державної підтримки, приватних інвестицій і маркетингової просвіти може стати основою для масштабного впровадження агровольтаїчних рішень у виноробній галузі України та підвищення її конкурентоспроможності на світовому ринку.

Отже, агровольтаїчні інновації формують нову модель розвитку виноробних підприємств, у якій поєднуються технологічна модернізація, енергетична ефективність та екологічна сталість. Дослідження показало, що інтеграція агровольтаїчних систем у виноградарство створює комплекс конкурентних переваг: зниження енергетичних витрат, стабілізацію врожайності в умовах кліматичних ризиків, покращення якості виноградної сировини та посилення ринкового позиціонування бренду. Світовий досвід Франції, Італії, Іспанії, Німеччини та США підтверджує ефективність таких рішень як інструменту підвищення стійкості виноробної галузі до сучасних викликів.

Для України агровольтаїка є надзвичайно перспективною з огляду на природно-кліматичний потенціал південних виноробних регіонів, насамперед Одеської області, де поєднання високої сонячної активності та розвиненої виноградарської бази створює сприятливі умови для масштабування інновацій. Водночас успішне впровадження цих технологій потребує системної державної підтримки, залучення інвестицій, розвитку пілотних проектів та активної популяризації серед виробників вина. Агровольтаїка стає не лише джерелом технологічних змін, а й стратегічним чинником модернізації українського виноробства, здатним суттєво посилити його конкурентні позиції на внутрішньому та міжнародному ринках.

Список використаних джерел

1. Barron-Gafford G.A., Pavao-Zuckerman M.A., Minor R.L. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848–855.
2. Dupraz C., Marrou H., Talbot G. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36(10). P. 2725–2732.

Benderska Alina, 3rd year undergraduate student, Faculty of Management, Accounting and Information Technologies, specialty D3 «Management», Odesa National Economic University

Supervisor: Kovalskyi Andrii, PhD in Economics, Senior Lecturer at the Department of Management of Organizations, Odesa National Economic University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262676>

MANAGERIAL CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF AGRIVOLTAIC SYSTEMS

In the context of the need to transform energy and agricultural systems, agrivoltaics is considered an innovative land-use approach that combines agricultural production with solar energy generation on the same land plots. Such a model enhances resource-use efficiency and aligns with sustainable development goals in light of population growth, climate change, and land scarcity [1]. Owing to its dual-use functionality, agrivoltaics has the potential to reduce competition between the agricultural and energy sectors, thereby enabling their simultaneous development [2]. At the same time, the early stage of technological development is associated with a high level of uncertainty, manifested in complex managerial challenges related to interdisciplinary coordination, business model integration, and institutional constraints. The relevance of this study is determined by the need to develop effective managerial approaches to the implementation of innovative socio-technical systems under conditions of uncertainty. The aim of the study is to identify and systematize the key managerial challenges in the implementation of agrivoltaic systems, as well as to substantiate approaches to overcoming them, taking into account the interaction of economic, institutional, technical, and behavioral factors.

From the perspective of innovation management theory, agrivoltaic systems should be considered as complex socio-technical entities, the performance of which is determined by the interaction of technical, institutional, and market factors. Accordingly, the barriers to their implementation emerge at the intersection of multiple levels of governance and exhibit a systemic nature. In particular, one of the key obstacles is the high capital intensity of such projects, driven by the need for specialized engineering solutions. Estimates indicate that capital expenditures can reach up to 415 €/kWp, significantly exceeding those of conventional ground-mounted photovoltaic systems, which typically range between 62–82 €/kWp [3]. At the same time, the economic performance of agrivoltaics remains variable and depends on electricity prices, agricultural productivity, and the availability of public support mechanisms. An additional constraint is the heightened perception of investment risk among financial institutions due to the novelty of the technology and the lack of established evaluation frameworks, which limits access to financing,

increases the cost of capital, and restricts the participation of small and medium-sized producers [3].

A significant barrier to the implementation of agrivoltaic systems is the absence of clear regulatory frameworks in most countries. The lack of specialized regulation constrains investment, while uncertainty regarding land status and the complexity of permitting procedures increase transaction costs [4]. In addition, regulatory fragmentation leads to inconsistencies between agricultural, energy, and environmental policies, and the absence of standardized design and operational guidelines results in project delays and cost overruns [3]. Under such conditions, institutional uncertainty complicates strategic planning and increases long-term investment risks. At the same time, agrivoltaic systems are characterized by high technical complexity, as they require the simultaneous optimization of agricultural and energy outputs. A key challenge is the management of light conditions, since shading can reduce the yield of light-demanding crops – by up to 20% in cases of inefficient design [3]. System performance further depends on local climatic conditions, crop types, and infrastructure configuration [4], necessitating an adaptive management approach. The integration of agronomic and energy models, combined with the lack of standardized practices, increases operational risks and makes outcomes highly dependent on the level of expertise.

Another constraining factor in the implementation of agrivoltaic systems is limited access to information and a low level of awareness among key stakeholders, particularly farmers. Studies indicate a lack of knowledge regarding the technological and economic parameters of such systems, an insufficient number of demonstration projects, and weak knowledge transfer mechanisms between research and practice [3]. The situation is further complicated by a shortage of interdisciplinary competencies, reflected in the gap between agricultural and engineering-energy approaches, which increases the risk of errors at the design and operational stages [3]. At the same time, the adoption of agrivoltaics is strongly influenced by behavioral factors, including the level of trust in innovation and readiness for change. The agricultural sector is generally characterized by risk aversion and a preference for stability, which leads to cautious attitudes toward the integration of agricultural and energy activities [3]. An additional barrier is the need to transform existing business models, including entry into energy markets, changes in income structures, and interaction with new types of partners. The limited number of successful cases and long-term empirical data reinforces the perception of agrivoltaics as an experimental technology, thereby reducing trust and willingness to adopt it [4].

Another key challenge in the implementation of agrivoltaic systems is balancing food production with energy generation, reflecting the broader competition for limited land resources. Although agrivoltaics is positioned as a dual land-use solution, in practice it involves a trade-off between agricultural productivity and energy efficiency. At the same time, for certain crops, such systems may even improve growing conditions by reducing water stress and temperature loads, highlighting the need for a differentiated management approach [4]. This tension translates into a multi-objective decision-making problem encompassing economic efficiency, agricultural output, energy generation, and environmental sustainability,

thereby complicating strategic planning and requiring integrated analytical models and scenario-based approaches.

Agrivoltaic systems should be regarded as complex socio-technical innovations, the implementation of which is accompanied by multi-level managerial challenges arising from the interaction of financial, institutional, technical, and behavioral factors. In this context, the phenomenon of “liability of newness” becomes particularly significant, manifesting in high uncertainty, the absence of established practices, and limited market trust [4].

Overcoming these barriers is possible only through the establishment of a comprehensive implementation ecosystem, which includes coordinated government policy, financial support mechanisms, cross-sectoral coordination, and active knowledge dissemination. In particular, the development of a clear regulatory framework and unified design standards is essential to reduce regulatory uncertainty and transaction costs. From a financial perspective, targeted support instruments, including preferential lending and risk-sharing mechanisms, are necessary to attract investments. Technical challenges can be mitigated through the implementation of adaptive design models, the integration of agronomic and energy solutions, and the expansion of demonstration projects. Addressing informational and behavioral barriers requires the development of knowledge transfer systems, the enhancement of stakeholder qualifications, and the building of trust in the technology through the dissemination of successful practices. Thus, the effective implementation of agrivoltaics is achievable through a systemic management approach focused on coordinating all stakeholders and aligning economic, technological, and social interests.

References:

1) Comprehensive review on agrivoltaics with technical, environmental and societal insights / R. K. Chopdar et al. Renewable and sustainable energy reviews. 2024. Vol. 197. P. 114416. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114416>

2) Kahana L. Agrivoltaics is not just a land-sharing concept, but a systems-level solution to some of the world’s most pressing challenges. PV Magazine. URL: <https://www.pv-magazine.com/2026/01/22/agrivoltaics-is-not-just-a-land-sharing-concept-but-as-a-systems-level-solution-to-some-of-the-worlds-most-pressing-challenges/?utm>

3) Agrivoltaics revisited: critical insights into shading-induced microclimate change, yield and quality, biodiversity shifts and socio-economic limitations / Š. Kolega et al. AgriEngineering. 2026. Vol. 8, no. 2. P. 69. URL: <https://doi.org/10.3390/agriengineering8020069>

4) Alves A., da Costa E. M., Sirkic I. The policy landscape of agrivoltaics: a systematic review. Energy, sustainability and society. 2025. URL: <https://doi.org/10.1186/s13705-025-00555-7>

Chernyshevska Veronika, undergraduate student at the Faculty of Economics, Management, and Psychology, SUTE
Tanklevska Nataliya, Professor, Department of Economics and Business Finance, SUTE
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262690>

AGROVOLTAICS AS A FACTOR IN STRENGTHENING ENERGY SECURITY AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN UKRAINE

Amid a full-scale war and systematic attacks on Ukraine's energy infrastructure, the issue of energy security has become critically important. The destruction of power generation and transmission facilities, capacity shortages, and reliance on centralized energy systems significantly increase the national economy's vulnerability. The situation has a particularly significant impact on the agricultural sector, a strategic, energy-dependent industry. Under these conditions, there is a strong need to implement innovative approaches to ensuring energy supply, among which agrivoltaics plays a special role.

Agrovoltatics is a modern technology that involves the simultaneous use of land resources for agriculture and electricity generation using solar panels. This approach not only optimizes the use of agricultural land but also creates new opportunities for integrating the agricultural and energy sectors. Scientific studies emphasize that agrivoltaics forms a fundamentally new economic model that combines food and energy security into a single system [2].

The relevance of agrivoltatics development in Ukraine stems from several factors. First, the country has significant solar energy potential due to its favorable climate. Second, the availability of large tracts of agricultural land creates the conditions for the large-scale implementation of agrivoltaic systems. Third, current challenges related to the war and the need for post-war reconstruction require new approaches to economic development and ensuring its sustainability.

Recent Ukrainian studies confirm the significant potential of agrivoltatics as a tool for sustainable development. In particular, it is noted that implementing such systems enables efficient use of land resources without reducing productivity, which is important for Ukraine's agriculture-oriented economy [4]. Furthermore, international experience shows that even partial implementation of agrivoltatics can yield significant electricity generation, helping reduce dependence on traditional energy sources [2].

One of the main advantages of agrivoltatics is its ability to enhance energy security. In today's environment, the decentralization of the energy sector has become a prerequisite for its effective functioning. Agrivoltaic systems promote the development of distributed generation, helping reduce load on centralized grids and increase their resilience to external factors. Generating electricity directly at the point of consumption enables agricultural enterprises to meet their own energy needs and

reduce dependence on external suppliers. This is particularly important during power outages, which can lead to significant economic losses.

Furthermore, agrivoltaics contributes to increasing the energy autonomy of rural areas. In many regions of Ukraine, rural communities suffer the most from energy supply instability. The installation of local solar power plants in conjunction with agricultural activities enables the creation of energy-independent farms, an important step toward establishing a sustainable energy system for the country as a whole. As noted in studies, the development of agrivoltaics contributes to the formation of a new energy architecture based on the principles of decentralization and flexibility [5].

Another important aspect is the interaction between agricultural production and solar energy. Unlike traditional solar power plants, agrivoltaic systems do not take land out of agricultural use. The panels are positioned to ensure sufficient light for the plants. In some cases, they even create favorable conditions for crop growth by mitigating the effects of extreme temperatures and retaining soil moisture. Research findings indicate that properly designed such systems achieve an optimal balance between crop yields and electricity generation [3].

From an economic standpoint, agrivoltaics is an effective development tool. It enables agricultural enterprises to diversify their income sources, which is particularly important amid market instability. Generating additional revenue from electricity sales or reducing energy consumption enhances the financial stability of farms. Furthermore, the development of agrivoltaics stimulates investment in renewable energy, supports job creation, and contributes to infrastructure development in rural areas. Furthermore, agrivoltaics can play a significant role in Ukraine's post-war recovery. It creates opportunities to revive economic activity in affected areas by providing both energy and the conditions for agricultural production. The development of energy-independent agricultural clusters could become a key focus in the reconstruction of regions that have suffered significant destruction. In this context, agrivoltaics is considered a key tool for ensuring sustainable development [1].

However, despite its promising prospects, the development of agrivoltaics in Ukraine is hampered by several challenges. Among the main ones is the underdeveloped regulatory framework governing the combination of agricultural activities and electricity generation. Another significant barrier is the high initial investment costs, which may be unaffordable for small and medium-sized farmers. Furthermore, insufficient awareness of agrivoltaics' benefits and opportunities limits its adoption.

Addressing these challenges requires the creation of a comprehensive government policy to promote agrivoltaics. This policy should establish advantageous conditions for investment, incorporate financial incentives, and promote the development of scientific research and educational programs. Moreover, it is essential to consider international experience and tailor it to Ukrainian circumstances. As studies note, it is precisely the combination of state support and private initiatives that can ensure the successful implementation of this technology [5].

Agrovoltatics has significant development prospects in Ukraine. Given the need to restore energy infrastructure and transition to sustainable development models, agrivoltatics could become a key driver of economic transformation. Its implementation will contribute not only to strengthening energy security but also to improving resource efficiency, developing rural areas, and increasing the competitiveness of the agricultural sector.

Thus, agrivoltatics is a promising tool that combines the potential for energy transformation and economic development. It enables efficient use of land resources, ensures energy autonomy, and creates new economic opportunities. In today's context, agrivoltatics can become a key element of Ukraine's sustainable development strategy, ensuring its energy resilience and economic growth.

References

1. Agrivoltatics as a New and Promising Model for Sustainable Development [Agrivoltaic.org.ua]. 2025. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/agrivoltatics-as-a-new-attractive/> (accessed: 28.03.2026).
2. Agrovoltatics: New Opportunities for Ukraine's Energy and Agricultural Sectors [State Agency for Energy Efficiency of Ukraine]. 2025. URL: <https://saee.gov.ua/news/ahrovoltayika-novi-mozhlyvosti-dlia-ukrainskoi-enerhetyky-ta-ahrosektora> (accessed: 28.03.2026).
3. Agrovoltatics: the science shaping the food and energy security of the future [100 RE Ukraine]. 2025. URL: <https://100re.org.ua/agrovoltayika-nauka-shho-formuye-prodovolcho-energetychnu-stijmist-majbutnogo/> (accessed: 28.03.2026).
4. Agrivoltatics in Ukraine: Benefits, Technologies, and Development Prospects [Sanlarix. 2025]. URL: <https://sanlarix.com.ua/agrovoltayika-v-ukrayini/> (accessed: 28.03.2026).
5. Agrivoltatics in Ukraine: Success Factors for Industry Development [Agrivoltaic.org.ua]. 2024. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1/> (accessed: 28.03.2026).
6. Agrovoltatics — a new term for Ukrainian farmers [Rubryka. 2025]. URL: <https://rubryka.com/article/shho-take-agrovoltayika/> (accessed: 28.03.2026).
7. Ivkin V. I. Agrivoltatics as a Component of Sustainable Development Energy Policy [[ResearchGate] / V. I. Ivkin // Public Administration: Improvement and Development. — 2025. — № 12. — URL: <http://doi.org/10.32702/2307-2156.2025.12.29> (accessed: 28.03.2026).

Chobotok Maksym Dmytrovych, a first (bachelor's) level higher education student, 2nd year student of the Faculty of Management, Accounting and Information Technologies of the Odessa National Economic University, specialty D3 "Management"

Scientific supervisor: Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Organizational Management of the Odessa National Economic University Volchek R. M.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262715>

FINANCIAL MECHANISMS AND INSTRUMENTS FOR SUPPORTING AGROVOLTAIC PROJECTS IN UKRAINE

In the middle of the ongoing energy crisis caused by repeated damage to critical infrastructure, ensuring a stable power supply has shifted from a matter of efficiency to one of basic survival for the domestic agribusiness sector. Sudden power outages directly threaten the operation of irrigation systems, the preservation of harvested crops in storage facilities, and the overall continuity of production processes. At the same time, most enterprises view the use of traditional diesel generators as nothing more than a forced and temporary solution. Their daily operation is accompanied by extremely high operating costs for fuel and maintenance, which critically inflates the cost of the final product and significantly reduces business profitability. Against this backdrop, the concept of agrivoltaics—the combined use of a single plot of land for both growing crops and generating solar electricity—becomes particularly relevant. This approach allows farmers to use their land as efficiently as possible, making this technology attractive to both large agricultural holdings and individual farms.

However, the large-scale implementation of agrivoltaic systems in Ukraine is hindered by the significant capital intensity of such projects. Unlike standard ground-mounted solar power plants, agrivoltaics requires the design and installation of specific, tall, and sturdy structures that ensure unobstructed passage for agricultural machinery and sufficient light access to plants. According to estimates by international experts, these technical requirements increase initial capital expenditures (CAPEX) by 15–30% compared to conventional solar power plants [3]. Under such conditions, access to effective capital-raising instruments becomes a key factor in the financial viability of projects.

The aim of this study is to characterize financial instruments that will make technological innovations such as “green energy” and other global innovative technological developments in the form of agrivoltaic projects accessible to domestic farmers. The use of these technological innovations will help increase the competitiveness of domestic agricultural enterprises.

An analysis of the current state of Ukraine's financial market shows that the most effective mechanism today remains the state program "Affordable Loans 5-7-9%," administered by the Entrepreneurship Development Fund [5]. In response to energy challenges, the government has expanded the program's scope, allowing entrepreneurs to access preferential financing for the installation of power generation facilities, particularly solar panels. Interest rate subsidies are critically important because commercial banks' market rates, which include a significant war risk premium, make renewable energy projects financially unviable in the medium term [4].

At the same time, bank loans are not suitable for everyone, as they require solid collateral. For small and medium-sized enterprises, which often lack liquid collateral, grant programs and international technical assistance serve as alternative solutions. Programs from USAID, UNDP projects, and European funds actively support energy efficiency initiatives. The modern mechanism of blended finance deserves special attention, under which an international donor covers 20–30% of the project cost in the form of a non-repayable grant, while the remaining amount is financed through a loan or the company's own funds. This significantly reduces the overall payback period for an agrivoltaic station and lowers the debt burden on the business.

If, however, a company seeks to preserve its own working capital, equipment leasing is the most appropriate financial instrument. From a financial management perspective, it does not require significant capital at the project launch stage, as the solar panels themselves serve as collateral. An additional advantage is tax optimization, as lease payments are classified as tax-deductible expenses for the enterprise. According to the Law of Ukraine "On Financial Leasing," this instrument also allows for the application of accelerated depreciation mechanisms [2].

Large agricultural producers, in turn, can turn to credit lines from international financial institutions. The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) and the European Investment Bank (EIB) are actively implementing programs to support the "green" transition through Ukrainian partner banks. An important feature of these funds is the presence of a cashback component—reimbursement of a portion of the loan principal (typically 10–15%) after the facility is successfully commissioned and its compliance with environmental standards is confirmed.

Despite the availability of various financing instruments, the main barrier to the development of agrivoltaics remains the lack of effective insurance against war risks. The specific nature of such projects lies in the fact that solar power plants are expensive facilities located in open areas, making them highly vulnerable to shelling or falling debris. The domestic insurance market cannot help here: Ukrainian companies either classify such incidents as force majeure and do not cover them, or offer rates that immediately eliminate any project profitability.

Under such conditions, no bank will accept the equipment as reliable collateral, since in the event of its physical destruction, the lender would simply lose money. This problem can only be solved through guarantees from international institutions such as MIGA and DFC. However, their programs are currently focused primarily on large capital and large-scale projects. To achieve widespread financing for domestic

farmers, these agencies need to lower the entry threshold and create tailored, accessible insurance products specifically for Ukrainian small and medium-sized businesses. Until this mechanism is in place, financing for agrivoltaics will remain the exception rather than the rule.

In summary, the implementation of agrivoltaics in Ukraine should be viewed in a much broader context than simply as a way to cope with power outages. However, due to the high cost of specialized structures, farmers are physically unable to build such facilities solely with their own funds. So what needs to be done to make this technology work on a mass scale?

From the government's perspective, the most important task is to resolve the insurance issue. Negotiations must be held with international institutions to create a war risk insurance program specifically for Ukrainian small and medium-sized businesses. Until farmers are confident that they will be compensated for losses in the event of damage, no bank will issue such a loan.

On the other hand, farmers themselves should already be utilizing blended finance. The heaviest initial costs for design and construction are covered by international grants, while the solar panels themselves are leased or acquired under the preferential "5-7-9%" program. This allows the project to be launched without draining the last funds from the farm's current operating capital.

Ukraine is steadily moving toward the EU, where environmental requirements are stricter. The European Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) will come into effect very soon, and goods produced using "dirty" energy will simply become uncompetitive due to additional taxes. Therefore, having our own "green" energy is a prerequisite for our products to be successfully sold on European markets.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (дата звернення: 25.03.2026).
2. Закон України «Про фінансовий лізинг» від 04.02.2021 № 1201-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1201-20> (дата звернення: 25.03.2026).
3. Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Львів, 27-28 берез. 2024 р.). Львів : ЛНУП, 2024. 579 с. URL: <https://surl.li/xvnzfi> (дата звернення: 25.03.2026).
4. Огляд банківського сектору / Національний банк України. Лютий 2024 року. Київ, 2024. 28 с.
5. Офіційний портал державної програми «Доступні кредити 5-7-9%». Фонд розвитку підприємництва. URL: <https://bdf.gov.ua/programs/dostupni-kredyty-5-7-9/> (дата звернення: 25.03.2026).

Dobrovolska Veronika, applicant for higher education of the first (bachelor's) level, 2nd year of the Faculty of Management, Accounting and Information Technologies of Odessa National Economic University, specialty D3 "Management"

Scientific supervisor: Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of Management of Organizations, Odessa National Economic University Volchek R. M.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262729>

MANAGEMENT OF VALUE CREATION CHAINS AT ENTERPRISES USING AGROVOLTAICS

The management of agricultural business in Ukraine requires new and understandable solutions. The traditional approach, when an enterprise only grows crops and immediately sells them, becomes less profitable. In order to earn more, companies need to create added value, that is, independently process raw materials into a finished product. Therefore, under modern conditions, innovative technologies that enable rational ways of implementing this process are becoming highly relevant. Agrivoltaics is one of such systems, which involves installing solar panels directly above agricultural fields, making processing cheaper and more efficient. [2].

The relevance of the topic is explained by the fact that today Ukrainian agribusiness suffers from high electricity prices and expensive logistics. When comparing a conventional enterprise with a company using agrivoltaics, the difference becomes obvious precisely at the stages of value creation.

The purpose of the study is a clear comparison of value-added chains without the use of solar panels and with their use, as well as the identification of managerial advantages of this approach for modern business.

The value-added chain is the path a product takes from a seed in the soil to a packaged product. A conventional enterprise goes through this path with high costs: it pays for irrigation water, rents transport to deliver the harvest to external elevators, and buys expensive electricity to dry or freeze it. Agrivoltaics completely changes this scheme. It allows combining the field and the processing facility into a single system that generates free electricity for its own needs [3]. In Ukraine, this area is only beginning to develop, but there are many advantages for further growth and implementation of this technology. Solar panels produce the most energy in summer and autumn, exactly when crops are harvested, refrigeration for berries or grain dryers are actively used. Thus, the enterprise receives free energy precisely when it is most needed for processing and increasing product value [1].

Let us compare the first stage of the value creation chain, namely raw material cultivation. Without agrivoltaics, the field is fully exposed to the sun: during heat,

moisture evaporates quickly, plants get burned, and company management is forced to spend significant funds on additional irrigation. With agrivoltaics, solar panels create beneficial shade for plants. As a result, water consumption is significantly reduced, and crops are protected. Therefore, already at this initial stage, the company saves money by making its basic raw materials cheaper [4].

The next stage of value creation is storage, processing, and logistics. Agricultural companies are often forced to sell their harvest directly from the field at the lowest price because they have no storage facilities. At the same time, enterprises that use agrivoltaics act differently. Thanks to their own electricity, companies can install refrigeration units or packaging lines directly near the field. They do not sell cheap raw materials to intermediaries but cool them, properly package them, and later sell them to supermarkets at much higher prices. Logistics costs to external factories simply disappear [4].

Another important difference in value chains lies in business risk protection. In a conventional situation, if market prices for wheat or berries drop sharply, companies suffer direct losses. Enterprises with agrivoltaics have an additional “financial cushion.” If agricultural products become cheaper, the enterprise continues to earn money by selling surplus generated electricity to the grid. This makes the business stable during any crisis [1].

Modern trends show that Ukrainian businesses are actively seeking such independence. Recently, enterprises have been massively installing solar stations specifically for their own production needs. This means that managers understand that creating high added value while purchasing expensive external energy is becoming unprofitable. Agrivoltaics is transforming from an environmental trend into a real tool for market survival. From a management perspective, managing such an updated value chain becomes more predictable. Instead of constantly searching for transport and negotiating with third-party warehouses, the manager organizes the entire cycle on their own territory. The main task is to organize operations so that energy from the panels goes directly to the company’s own facilities. This makes it possible to keep all profits (all added value) exclusively within the company [3].

Organizing such work requires clear planning from the management team. The manager only needs to synchronize processes, for example, turning on powerful sorting or drying equipment during the day when the sun shines brightest. This approach does not require complex terminology or extraordinary efforts, but it does require a desire to optimize costs and control every step of product creation.

Thus, the results of the comparison clearly prove the advantages of agrivoltaics. A conventional value chain involves losses on irrigation, expensive logistics, and the sale of cheap raw materials. A value chain with agrivoltaics means saving resources in the field, deep on-site processing using own energy, and selling expensive finished products. Such a management approach makes the enterprise fully independent and profitable, which is the main goal of any business.

Список використаних джерел:

1. Агровольтаїка в Україні: як отримувати врожай та енергію з однієї землі. URL: <https://sanlarix.com.ua/agrovoltayika-v-ukrayini/> (дата звернення: 02.04.2026).
2. Агровольтаїка – майбутнє сільського господарства. URL: <https://www.ecotech.ua/agrovoltayika/> (дата звернення: 03.04.2026).
3. Саяпін С. П. Агрофотовольтаїка. URL: <https://edorada.org/en/articles/686> (дата звернення: 03.04.2026).
4. Агрофотоелектрика: як сільське господарство та сонячна енергетика формують майбутнє. URL: <https://verkauf-bochum.de/uk/blogs/ratgeber/agri-photovoltaik-wie-landwirtschaft-und-solarenergie-die-zukunft-gestalten> (дата звернення: 03.04.2026).

Levchenko Kseniia, 1st year undergraduate student, Faculty of Management, Accounting and Information Technologies, specialty D3 «Management», Odessa National Economic University

Supervisor: Kovalskyi Andrii, PhD in Economics, Senior Lecturer at the Department of Management of Organizations, Odessa National Economic University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262742>

MANAGEMENT OF FINANCIAL RISKS IN AGROVOLTAIC INVESTMENTS: FEATURES AND INSTRUMENTS

The modern stage of economic development is characterized by an active transition to sustainable business models that combine economic efficiency, environmental safety, and social responsibility. One innovative direction in this context is agrivoltaics, which involves the simultaneous use of land resources for agricultural production and solar energy generation. This approach significantly increases land use efficiency, diversifies income for agricultural enterprises, and contributes to energy independence.

In the context of current challenges for Ukraine's economy, particularly postwar recovery, energy security development, and integration into the European energy space, agrivoltaic investments gain special relevance. At the same time, such projects are accompanied by a significant level of financial risks, necessitating the formation of an effective risk management system [1, c. 5].

The relevance of the topic is driven by the growing role of renewable energy and the need to ensure sustainable development of the agricultural sector amid economic instability. Agrivoltaic investments, combining agricultural production and solar energy generation, open new opportunities for improving resource efficiency and diversifying agricultural enterprise incomes. However, their implementation involves significant financial risks related to market instability, changes in state regulation, high capital costs, and technological uncertainty.

The purpose of the study is to identify the features of managing financial risks in agrivoltaic investments and justify modern instruments for their minimization amid Ukraine's economic transformation.

Financial risks in agrivoltaic investments are complex and include interrelated elements. Primarily, market risks arise from fluctuations in electricity and agricultural product prices. In Ukraine, the electricity market is in a state of transformation, accompanied by price instability and changes in state regulation mechanisms [2].

Credit risks are linked to the specifics of financing agrivoltaic projects, which require substantial initial investments. Attracting credit resources under current

conditions is complicated by high interest rates, inflationary processes, and limited access to long-term financing [3].

Operational risks occur during the operation of agrivoltaic systems and may be related to technical failures, planning errors, or inefficient resource management. A distinctive feature is their dependence on weather conditions, characteristic of both energy and agriculture sectors.

Technological risks stem from the innovativeness of agrivoltaic systems. In Ukraine, this technology is only beginning to be implemented, so the lack of sufficient practical experience can lead to uncertainty in investment outcomes [4].

Regulatory risks are particularly significant, as state policy in renewable energy is changing. Changes in the "green tariff," grid connection conditions, and tax legislation can substantially impact project efficiency [5].

Effective management of financial risks in agrivoltaic investments requires a comprehensive approach, including identification, assessment, and minimization of risks. One key tool is scenario analysis, which allows evaluating possible event developments and their impact on project financial results.

Sensitivity analysis identifies the most critical factors affecting investment efficiency, enabling focus on managing the most significant risks.

Diversification is an effective way to reduce risks. In agrivoltaics, it involves combining incomes from different activities - electricity production and agricultural products—thus reducing dependence on fluctuations in individual markets.

Insurance plays an important role, compensating for losses from adverse weather, natural disasters, or technical failures. In Ukraine, agricultural insurance development is gradually accelerating, creating additional risk management opportunities [6].

Hedging is another vital tool to mitigate price fluctuation risks. Although not yet widely used in Ukraine, its development is promising in the context of integration into international financial markets.

Financial planning forms the basis of risk management. It includes cash flow forecasting, investment efficiency assessment, and financial reserve formation, with special attention to liquidity and capital structure optimization.

Since 2023, "green" financing has intensified in Ukraine. International financial organizations increasingly support renewable energy projects, reducing financial risks and enhancing agrivoltaic project attractiveness [7].

Additionally, digital technologies enable real-time system efficiency monitoring, lowering operational risks and improving management quality.

Thus, managing financial risks in agrivoltaic investments is a complex process requiring a systematic approach and modern instruments. Effective combination of diversification, insurance, financial planning, and innovative financial mechanisms ensures stability and efficiency of such investments. In current conditions, agrivoltaics holds significant development potential in Ukraine, with improved risk management mechanisms being a key success factor.

Список використаних джерел

1. Міністерство енергетики України. Звіт про стан розвитку відновлюваної енергетики в Україні 2023–2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mev.gov.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

2. НКРЕКП. Річний звіт про функціонування ринку електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

3. Національний банк України. Фінансова стабільність (звіти 2023–2025) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bank.gov.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

4. Коваленко О.В. Розвиток агровольтаїки в Україні: перспективи та ризики // Економіка АПК. – 2023. – Режим доступу: <https://eaprk.org.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

5. Держенергоефективності України. Аналітичні матеріали щодо ВДЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

6. Журнал «Фінанси України». Статті з управління фінансовими ризиками (2023–2024) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fu.minfin.gov.ua> (дата звернення: 06.04.2026).

7. Світовий банк в Україні. Зелена енергетика та фінансування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine> (дата звернення: 06.04.2026).

Sbrodova Kateryna, a first (bachelor's) level higher education student, 2nd year of the Faculty of Management, Accounting and Information Technologies, Odessa National Economic University, specialty D3 "Management"

Kovalskyi Andrii, PhD in Economics, Senior Lecturer at the Department of Management of Organizations, Odessa National Economic University

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20262754>

STAKEHOLDER INTERACTION MANAGEMENT IN THE IMPLEMENTATION OF AGROVOLTAIC PROJECTS IN UKRAINE

The modern development of the agricultural sector and energy is characterized by an active search for innovative solutions that allow to increase the efficiency of the use of natural resources and ensure sustainable economic development. In this aspect, technologies that combine the production of agricultural products with the generation of renewable energy are becoming increasingly important. One of such areas is agrovoltatics, which involves the simultaneous use of land resources for growing crops and generating electricity using solar photovoltaic installations [1]. Given the growing demand for alternative energy sources and the need to increase Ukraine's energy independence, the development of agrovoltatic technologies and the implementation of various projects for their use and improvement has significant potential. In addition, the implementation of such programs requires effective interaction between different groups of stakeholders, since it is the coordination of their interests and the pooling of resources that determines the possibility of achieving the relevant goals. That is why the issue of managing stakeholder interaction in the process of implementing agrovoltatic projects is becoming extremely relevant.

The purpose of the study is to substantiating the features of managing stakeholder interaction during the implementation of agrovoltatic projects in Ukraine and identifying key management factors for increasing the efficiency of their implementation.

Agrovoltatics is a technology that involves the integration of photovoltaic systems into agricultural land for the purpose of simultaneous production of electricity and agricultural products. Such a technique allows to increase the efficiency of land resource use and creates opportunities for diversification of agricultural enterprises' incomes [2].

One of the key advantages of agrovoltatic systems is the possibility of obtaining a double economic effect. Enterprises can simultaneously receive income from the production of agricultural products and electricity generation. As a result of combining these two types of activities, the efficiency of land use can increase

significantly. According to some estimates, the integrated use of land resources within agrovoltaic projects can increase the efficiency of land use up to 160% [3].

It is worth emphasizing that agrovoltaic systems can positively affect the conditions for growing crops. Solar panels create partial shading, which helps to lower soil temperature and reduce moisture evaporation. This allows you to conserve water resources and reduce the need for irrigation, which is especially important in conditions of climate change [2].

It should also be noted that the application of agrovoltaic technologies is never without certain economic challenges. Studies show that the initial investment in the creation of agrovoltaic installations can be higher compared to conventional solar power plants. For example, the cost of installing agrovoltaic systems can be about 1.3 million euros per megawatt of capacity, while traditional photovoltaic installations cost about 1 million euros per megawatt [4]. Despite the high initial costs, in the long term agrovoltaic systems can provide significant economic benefits. For example, the combination of agrovoltaics with the cultivation of horticultural crops can demonstrate significant economic potential, and calculations show the possibility of obtaining significant net present value over the long period of operation of such systems [4].

Social acceptance and collaboration with local stakeholders are critical to the successful implementation of agrovoltaic projects. For example, farmers may be reluctant to adopt these technologies without clear financial incentives or technical support. Torma and Aschemann-Witzel (2023–2024) examined perceptions, barriers, and drivers of agrovoltaic use and found that negative aspects included perceived high costs and complexity of implementation, while positive aspects included the potential to resolve land use conflicts for food and energy. Policy interventions aimed at addressing these issues, such as training programs, simplified permit procedures, and community engagement initiatives, have proven effective in increasing the adoption and sustainability of such initiatives [5].

According to scientific data from the field of renewable energy, involving stakeholders at the early stages of planning helps to increase the level of support for energy projects and reduce the risk of conflicts during their development. The participation of local communities, farmers, energy companies and authorities in the decision-making process allows to take into account the specifics of a particular territory, and also increases the level of trust in the initiators. Thanks to this approach, long-term cooperation between project participants is formed and the effectiveness of its implementation increases [6].

As agrovoltaic researchers emphasize, different stakeholder groups perceive the same characteristics differently, so interaction management should consider three levels of social acceptance: micro (market acceptance by individual players), meso (perception by the local community, e.g. visual impact on the landscape), and macro (social and political approval). Such a differentiated approach allows for the alignment of interests of almost all stakeholders, which also helps ensure the effective implementation of agrovoltaic projects [5].

In Ukraine, agrovoltaics is just beginning to take shape as a separate direction of renewable energy development. Despite the significant potential of this

technology, its implementation is constrained by a number of factors, among which the lack of a clear regulatory framework for the use of agricultural land for the placement of solar power plants is an important one [1]. However, the first practical attempts to adapt agrovoltatics to Ukrainian conditions are already appearing. For example, within the framework of the project “Territorial analysis of sustainable agricultural practices and possible integrated water-energy-food-ecosystem solutions in Ukraine”, which was implemented with the support of the French non-governmental organization “Electricities without Borders” and the French government, experts conducted consultations with farmers, representatives of cooperatives and owners of personal farms in Transcarpathia. Field visits were carried out, the state of water resources and hydraulic structures was assessed, and potential sites for pilot plants were identified. Such initiatives make it possible to combine the development of renewable energy with support for small agricultural producers and rural areas [7].

Thus, the analysis conducted allows us to state that the effectiveness of the implementation of agrovoltatic projects in Ukraine is largely determined by the quality of stakeholder interaction management. It has been established that the key factors in increasing the effectiveness of such projects are the consistency of interests of stakeholders, the timeliness of their involvement in the planning process and ensuring an appropriate level of information interaction between participants. It is substantiated that the formation of transparent cooperation mechanisms contributes to strengthening trust and increasing the effectiveness of the implementation of agrovoltatic initiatives. It is proven that the further development of such projects in Ukraine requires improving regulatory and legal regulation, developing information and consulting support and creating favorable conditions for attracting investments.

References

1. Ukrainian Agrovoltatic Association. Official website [Electronic resource]. – Available at: <https://agrivoltaic.org.ua/> (accessed: 15.03.2026).
2. Agrovoltatics in Ukraine: how to get harvest and energy from one land [Electronic resource] // Sanlarix. – Available at: <https://sanlarix.com.ua/agrovoltayika-v-ukrayini/> (accessed: 15.03.2026).
3. European experience of agrovoltatics: what Ukraine should adopt [Electronic resource] // Association of Agrovoltatics of Ukraine. – Available at: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1233-agrivoltaicua/> (accessed: 16.03.2026).
4. Pekk L. Future of agrivoltaic projects: a review from the technological forecasting perspective [Electronic resource]. – Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790825001806> (accessed: 16.03.2026).
5. Torma G., Aschemann-Witzel J. Social acceptance of dual land use approaches: stakeholders' perceptions of the drivers and barriers confronting agrivoltatics diffusion // Journal of Rural Studies. - 2023. - Vol. 97. – P. 610–625. – Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016723000141> (accessed: 03/22/2026).

6. Stanitsas M., Trivellas P., Mavromati A. Navigating the nexus: stakeholder engagement in hybrid renewable energy power purchase agreements (PPAs) for sustainable development // Sustainability. - 2024. - Vol. 16, No. 17. – Art. 7381. – Available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/17/7381> (accessed: 03/22/2026).

7. Project continues: agrivoltaics for energy and water supply of small farms and household plots in Zakarpattia [Electronic resource] // Primavera. – Available at: <https://primavera.pp.ua/news/post/agrovoltaiacs-1> (accessed: 03/22/2026).

6. ПРАВО ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ

Андрєєв В. І., студент факультету
прокуратури Національного
юридичного університету імені
Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272658>

КОМПЛЕКСНЕ ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ

Під агровольтаїкою слід розуміти технологію спільного використання земельної ділянки для вирощування сільськогосподарської продукції та генерації сонячної електроенергії, що стрімко набуває актуальності в умовах кліматичних змін, зростання енергетичних потреб і необхідності відбудови України. Попри очевидний потенціал, правова база для реалізації агровольтаїчних проєктів в Україні залишається фрагментарною та суперечливою, що суттєво гальмує їх впровадження.

Основу правового регулювання у сфері відновлюваної енергетики становить Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року, № 555-IV, який визначає правові, економічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії [5]. Закон закріплює загальні принципи підтримки відновлюваної генерації, проте жодним чином не враховує специфіку агровольтаїки як технології подвійного використання земель. Це породжує правову невизначеність: чинне законодавство фактично не дає відповіді на питання про допустимість розміщення сонячних панелей на сільськогосподарських угіддях без зміни їх цільового призначення.

Земельний кодекс України категорично забороняє використання земель сільськогосподарського призначення для будівництва об'єктів, не пов'язаних з веденням сільського господарства [4]. Проблема полягає у тому, що встановлення фотовольтаїчних панелей формально може кваліфікуватися як нецільове використання земельної ділянки, що унеможлиблює реалізацію агровольтаїчних проєктів без складної та тривалої процедури зміни цільового призначення. Гетьман А. П. та Статівка О. О. констатують наявність «істотних правових бар'єрів, що унеможливлюють впровадження агровольтаїчних проєктів у межах діючої моделі землекористування» [1, с. 74], а також наголошують на потребі формування цілісної правової доктрини агровольтаїки та її інтеграції до системи енергетичного, екологічного та аграрного права.

Паралельно залишається нерозв'язаною проблема кліматичної інтеграції: чинні стратегічні документи у сфері кліматичної політики не містять системного включення агровольтаїки як інструменту досягнення кліматичних цілей [1, с. 77]. Водночас Україна як сторона Паризької кліматичної угоди взяла

на себе зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів, і агровольтаїка могла б стати одним із дієвих механізмів їх виконання в аграрному секторі.

Бакай Ю. Ю. акцентує увагу на тому, що традиційний поділ земельних ресурсів між аграрним і енергетичним секторами «вичерпує свою ефективність» і виникає потреба пошуку інтегрованих рішень [2]. Дослідниця розглядає агровольтаїку як адаптивну форму аграрного виробництва, що сприяє сталому управлінню земельними ресурсами, підвищенню кліматичної стійкості та забезпеченню продовольчої й енергетичної безпеки водночас. Це підтверджує, що вдосконалення правової регламентації є не лише технічним завданням, а стратегічним пріоритетом аграрної та енергетичної політики держави.

Публічно-управлінський вимір проблеми розкривається у дослідженні Путінцева А. В. та Івкіна В. І., які наголошують, що ефективне управління в енергетичному секторі передбачає «прозорість, участь стейкхолдерів, інтеграцію міжнародного досвіду, використання інноваційних технологій та врахування інтересів усіх учасників енергетичного ринку» [3, с. 65]. Без належного інституційного забезпечення та чіткого розподілу повноважень між органами державної влади, місцевого самоврядування та бізнесом впровадження агровольтаїки матиме стихійний і непередбачуваний характер.

Порівняльний аналіз досвіду європейських країн свідчить, що успішне впровадження агровольтаїки, як правило, спирається на три елементи: спеціальне визначення терміна «агровольтаїка» в національному законодавстві; спрощені дозвільні процедури для проєктів, що підтверджують збереження сільськогосподарського виробництва; механізми фінансової підтримки (субсидії, пільгові тарифи, податкові преференції). Жоден із цих елементів наразі не закріплений в українському законодавстві в системному вигляді [1, с. 80].

Для подолання зазначених прогалин необхідно реалізувати комплекс законодавчих змін. По-перше, доцільно закріпити в Земельному кодексі України та профільному законодавстві про відновлювану енергетику визначення агровольтаїчної системи та встановити умови, за яких її розміщення не вважається зміною цільового призначення землі. По-друге, потрібно розробити спеціальний технічний регламент, що визначатиме мінімально допустиму частку сільськогосподарської функції ділянки під час реалізації агровольтаїчного проєкту. По-третє, варто передбачити інституційний механізм міжвідомчої координації між органами, що відповідають за земельні відносини, енергетику та аграрну політику.

У результаті аналізу чинного законодавства та наукових досліджень встановлено, що правове регулювання агровольтаїки в Україні перебуває на початковому етапі формування. Існуючі нормативні акти — Земельний кодекс та Закон про альтернативні джерела енергії — не адаптовані до специфіки технологій подвійного використання землі, а стратегічні документи не інтегрують агровольтаїку до кліматичної та енергетичної політики. Відбудова України після війни відкриває унікальне «вікно можливостей» для формування

сучасної правової бази, що дозволить поєднати енергетичну безпеку, аграрне виробництво та кліматичні зобов'язання держави в єдиній нормативній системі.

Список використаних джерел

1. Гетьман А. П., Статівка О. О. Правниче забезпечення агровольтаїчної діяльності в Україні у контексті міжнародних кліматичних зобов'язань. Право України. 2025. Вип. 8. С. 73–83. URL: https://pravoua.com.ua/storage/files/magazines/files/article-pravo_2025_8-s4458.pdf
2. Бакай Ю. Ю. Виклики та перспективи інтеграції інноваційних енерготехнологій у сільське господарство: правова регламентація. Аналітично-порівняльне правознавство. 2025. Т. 2. № 5. DOI: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.05.2.1>.
3. Путінцев А. В., Івкін В. І. Сучасні аспекти розвитку публічного управління в контексті енергетичного сектору. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування. 2025. Т. 36 (75). № 3. С. 65–70. DOI: <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2025.3/10>.
4. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
5. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

Бредіхіна Вікторія Леонідівна, к.ю.н.,
доцент кафедри екологічного права,
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого;
провідний науковий співробітник
Науково-дослідного інституту
правового забезпечення інноваційного
розвитку НАПрНУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272697>

АКТУАЛЬНІ ЕКОЛОГО-ПРАВОВІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Енергетична галузь України в умовах воєнного стану, що й досі триває, стикається з численними проблемами, які вимагають оперативного реагування, адаптації до нових реалій та ефективних правових і організаційних рішень. Очевидно, що збройна агресія рф проти України спричинила суттєвий негативний вплив на енергетичну галузь України, зокрема, через цілеспрямовані атаки на об'єкти критичної енергетичної інфраструктури, що призвели до виникнення дефіциту генеруючих потужностей в країні. За даними Уряду, унаслідок вторгнення рф на територію України у 2022 році було окуповано близько 25 % встановленої потужності відновлюваної енергетики. Також близько 14 % сонячних електростанцій (це понад 0,6 ГВт) перебувають сьогодні в окупації [1].

Отже, в сучасних умовах з необхідністю оперативного вирішення виникають питання забезпечення енергетичної безпеки нашої держави та одночасної побудови кліматично нейтральної економіки, зокрема, розвитку сільського господарства з використанням інноваційних технологій. Зазначимо, що ще у довоєнний період метою національної політики України у сфері енергетичної безпеки визнавалося забезпечення захищеності національних інтересів щодо забезпечення доступу до надійних, стійких, доступних і сучасних джерел енергії для всіх споживачів технічно надійним, безпечним, економічно ефективним та екологічно прийнятним способом. З огляду на це, одним із принципів забезпечення енергетичної безпеки є пріоритетність інноваційного технологічного розвитку енергетичного сектору з урахуванням пріоритетів енергетичної безпеки, захисту довкілля та низьковуглецевого розвитку економіки. Серед стратегічних цілей такого забезпечення та завдань з їх реалізації було передбачено досягнення стійкості функціонування енергетичного сектору, зокрема, його адаптації до негативного впливу змін клімату; формування екологічно прийнятного впливу енергетики на навколишнє природне середовище [2].

Тому використання відновлюваних джерел енергії, збільшення їх частки в енергетичному балансі України на сучасному етапі розвитку є одним із найбільш важливих напрямів енергетичної політики України. Як зазначається в програмних документах, це має бути спрямовано на заощадження традиційних

паливно-енергетичних ресурсів, поліпшення стану навколишнього природного середовища, запобігання зміні клімату, забезпечення енергетичної незалежності та енергетичної безпеки держави, а також сприяти процесу декарбонізації економіки, необхідному для виконання міжнародних зобов'язань України щодо скорочення викидів парникових газів [2].

Сьогодні одним із інноваційних інструментів функціонування сучасної енергетичної системи України є агровольтаїка, метою якої вважається подолання суперечностей між економіко-енергетичним розвитком та екологічною стійкістю певної території. Вона являє собою певний симбіоз сільськогосподарського виробництва і генерації сонячної енергії, де передбачається паралельне використання сільськогосподарських угідь як засобу виробництва та одночасно як території для розміщення об'єкту альтернативної енергетики – сонячних панелей. Визнаною перевагою тут є можливість для господарства отримання подвійного прибутку: і від вирощеної сільськогосподарської продукції, і від виробленої «чистої» енергії.

Проте, як зазначають фахівці, використання сонячних панелей над родючою земельною ділянкою може містити потенційну загрозу для місцевих екосистем та призвести до зміни мікроклімату під панелями, порушення міграційних шляхів тварин або деградації ґрунтів. Тому це породжує питання щодо встановлення пріоритетів у використанні обмежених земельних ресурсів. [3, с. 82].

Таким чином, при впровадженні агровольтаїки виникають питання збалансування економічних та екологічних інтересів суспільства, держави та окремих господарюючих суб'єктів. Це потребує вирішення багатьох економічних, правових, екологічних проблем, які можуть виникати в процесі експлуатації сонячних панелей на землях сільськогосподарського призначення. Серед економічних бар'єрів, які супроводжують використання агровольтаїки, можна назвати високу капіталомісткість відповідних проєктів (що може стати суттєвою проблемою для українських аграріїв в сучасних воєнних умовах), відсутність фінансової підтримки та економічного стимулювання з боку держави, а отже й фінансові ризики, невизначеність окупності капіталовкладень, невисока інвестиційна привабливість в умовах воєнного стану.

В процесі впровадження агровольтаїки виникають і еколого-правові питання. Не дивлячись на те, що у багатьох європейських країнах вона вже зарекомендувала себе як ефективне технологічне рішення, яке поєднує економічні, енергетичні та екологічні інтереси, в Україні агровольтаїка знаходиться поки на етапі вивчення можливостей її реалізації та пілотних проєктів. На думку правників, для розкриття її потенціалу та широкого використання ще потрібно подолати деякі перешкоди, однією з яких виступає відсутність чіткої правової бази, що враховуватиме, в першу чергу, особливості використання земель сільськогосподарського призначення під сонячні панелі [4, с. 123]. Оскільки земельне законодавство поки не містить норм, які б юридично дозволяли використання сільськогосподарських земель для енергетичних потреб, перспективним напрямом розвитку може стати впровадження таких

нормативно-правових умов, які б легалізували екологічно-безпечне поєднання аграрних та енергетичних видів діяльності на землях сільськогосподарського призначення [5, с. 83].

Не повністю оцінений та досліджений і вплив елементів агровольтаїки на навколишнє природне середовище та його екосистеми. Виходячи з положень Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», встановлення сонячних панелей та СЕС (об'єктів сонячної енергетики), на відміну від вітрових парків, вітрових електростанцій (що мають дві і більше турбіни або висота яких становить 50 м і більше), не підлягає такій оцінці [6]. Проте за умови заняття сонячними панелями великих площ, особливо на сільськогосподарських родючих землях, може здійснюватися потенційний вплив на цілісність екосистем та ландшафтів, водний режим території, міграцію тварин тощо. Як зазначають фахівці, інтенсивність такого впливу на довкілля від об'єктів відновлюваної енергетики залежить від різних факторів, зокрема географічного розташування, виду діяльності, близькості об'єктів, які потенційно можуть зазнати впливу на різних етапах життєвого циклу проєктів, зокрема, територій природно-заповідного фонду та об'єктів Смарагдової мережі [7]. При цьому, на наш погляд, єдиний дотичний до агровольтаїки вид планованої діяльності, що передбачає обов'язкову ОВД відповідно до вказаного Закону, є зміна цільового призначення земель сільськогосподарського призначення (якщо нове призначення відноситься хоча б до одного виду діяльності, зазначеного у ч.2 та ч.3 ст. 3 Закону) та зміна цільового призначення особливо цінних земель.

Підсумовуючи викладене, зазначимо, що під час реалізації проєктів з впровадження агровольтаїки важливо у повному обсязі оцінити потенційні впливи на довкілля з метою їхньої мінімізації. Проведення розрахунку та аналізу всіх факторів впливу дасть змогу об'єктивно оцінити вплив на довкілля та запроектувати заходи з метою його уникнення. В цілому при побудові організаційно-правових механізмів функціонування енергетичної системи, впровадження інноваційних енергетичних проєктів вкрай важливо дотримуватися екологічних вимог, принципів екологічно збалансованого використання енергетичних та інших природних ресурсів, загально визнаних міжнародних стандартів системи екологічного управління та світових цілей і новітніх тенденцій сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання: розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 серпня 2024 р. № 761-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text> (дата звернення 09.04.2026).

2. Про схвалення Стратегії енергетичної безпеки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 4 серпня 2021 р. № 907-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/907-2021-%D1%80#n10> (дата звернення 09.04.2026).

3. Горелова В.Ю. Етичні та моральні аспекти правового регулювання агровольтаїки: баланс інтересів бізнесу, суспільства та екології. Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні: матеріали Міжнародної, міжгалузевої конференції, Київ, 5 квітня 2025 р. С. 82-85. URL:

<https://docs.google.com/document/d/1ZKMjcADyDsKmLVUBiOUdgFiofyDcEQ4xn rZhbAFLjq8/edit?tab=t.0> .

4. Шарапова С.В. Агровольтаїка в сучасних умовах правового регулювання. Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні: матеріали Міжнародної, міжгалузевої конференції, Київ, 5 квітня 2025 р. С. 122- 124. URL:

<https://docs.google.com/document/d/1ZKMjcADyDsKmLVUBiOUdgFiofyDcEQ4xn rZhbAFLjq8/edit?tab=t.0>

5. Павлига А. В. Правове регулювання використання альтернативних джерел енергії в Україні: дис. ... доктора філософії. Одеса, 2023. 231с.

6. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення 09.04.2026).

7. Про оцінку впливу на довкілля для об'єктів відновлюваної енергетики (на прикладі Львівської області). URL: <https://ukraine-oss.com/pro-oczinku-vplyvu-na-dovkilliya-dlya-obyektiv-vidnovlyuvanoi-energetyky-na-prykladi-lvivskoyi-oblasti/#:~:text=>

Володько Богдан Ігорович, студент 4 курсу факультету прокуратури, Національного юридичного університету ім. Ярослава Мудрого
Науковий керівник: Курман Т. В., професор, д.ю.н., завідувачка кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272726>

АГРОВОЛЬТАІКА: ВИКЛИКИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Будь-що у нашому світі зазнає постійних змін. Це ж правило стосується й аграрних відносин, де за сотні років до нашої ери використовували лише первинні знаряддя для обробки землі, а нині широко впроваджуються різноманітні види сучасної техніки, включаючи робототехніку, технології штучного інтелекту для покращення якісного стану земель й підвищення ефективності аграрного виробництва. Під агровольтаїкою слід розуміти специфічний механізм оптимізації сільськогосподарської діяльності й поєднання її з генерацією відновлювальної енергетики, що здатен одночасно вирішити значну кількість проблемних питань.

Для розуміння поняття агровольтаїка, слід бути обізнаним у сфері енергетики, а саме в сонячних електростанціях (далі – СЕС). Ця технологія пов’язана із використанням сонячних панелей різних видів, які й становлять основу для СЕС. Виникає питання: “У чому полягає зв’язок між СЕС та сільським господарством?” Загалом слід розпочати з того, що агровольтаїка – це форма землекористування, яка поєднує сільськогосподарське виробництво з виробництвом альтернативної відновлювальної енергії (наприклад, шляхом використання сонячних панелей). Вказана форма може стати у нагоді як для малих сімейних фермерських господарств, так і для потужних аграрних товаровиробників в Україні.

Варто зазначити, що впровадити агровольтаїку в Україні не так легко, як здається. На нашу думку, можна виділити декілька проблем, що гальмують даний процес, а саме: проблеми із законодавчим забезпеченням, фінансуванням, технічним обслуговуванням. Щодо вирішення проблеми законодавчого регулювання доцільно запозичити позитивний досвід зарубіжних країн та ЄС, зокрема, звернути увагу на директиву Європейського Союзу 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел. У цьому акті наголошено на потребі застосування джерел альтернативної енергії, у тому числі їх використання на землях аграрних виробників. До того ж у цій директиві йдеться про фінансування з боку держави, оскільки саме вона зацікавлена у зменшенні виробництва питомої частки електроенергії на ГЕС, ТЕЦ, АЕС та переходу на альтернативні джерела

отримання електроенергії [1]. Як уявляється, саме ця директива має стати основою майбутніх змін до земельного законодавства України щодо цільового використання земель сільськогосподарського призначення, а також підґрунтям проекту спеціального закону щодо врегулювання відносин у сфері використання агровольтаїки та її державної підтримки.

Щодо питання фінансового забезпечення агровольтаїки, воно є вкрай нагальним. Як зазначалося вище, в Україні сільськогосподарським виробництвом займаються як малі сімейні фермерські господарства, так і потужні агрохолдинги. Водночас СЕС є дуже ефективними та фактично поглинають собою проблему щодо потреби в електроенергії, але це вимагає значних коштів, які не завжди наявні у сільськогосподарських виробників. Тому доцільно звернути увагу на статистику й проаналізувати практику подолання цих проблем в країнах ЄС.

Так, запровадження агровольтаїки в Німеччині збільшило виробництво селери на 12%, а пшениці — на 3%, оскільки окремі агрокультури є вразливими до надмірного сонячного світла та люблять затінення. У Франції діє закон щодо агровольтаїки 2023 р. (може в майбутньому слугувати зразком для проекту аналогічного національного закону), де встановлено велику кількість субсидій та пільг, а землевласників і землекористувачів заохочують і підтримують в їх ініціативі щодо ведення агровольтаїки. З іншого боку, у деяких агровольтаїчних виноградниках у Німеччині, які вже існують понад 20 років, ще й досі не було фактично покрито вартість встановлення спеціального обладнання та його обслуговування. Окремі дослідники в Італії стверджують, що фактична окупність агровольтаїки в їх країні становить від 8 до 12 років. Це потрібно враховувати, адже землекористування в Україні є строковим. Тому тут слід проаналізувати та запропонувати саме ту модель агровольтаїки, яка зацікавить усі сторони одночасно, і подбати про це має, насамперед, законодавець [2].

Слід погодитися з підходами правового регулювання агровольтаїки в Україні, сформованими у статті Гетьмана А. та Статівки О., серед яких:

- формування правового регулювання агровольтаїчної діяльності як симбіозу сільськогосподарського та енергетичного використання територій;
- інкорпорацію правового регулювання агровольтаїки як напряму розвитку відновлювальної енергетики України;
- створення державного стандарту агровольтаїчних установок;
- агровольтаїка як напрям покращення екологічних показників;
- залучення знавців усіх зазначених галузей права (аграрне, екологічне, економічне та інші) для впровадження агровольтаїки на законодавчому рівні [3].

Таким чином, реалізація агровольтаїки в Україні є дуже перспективним напрямом, який потребує подальшого детального дослідження. Оскільки вона здатна одночасно сприяти вирішенню енергетичної і продовольчої проблем, підвищенню стійкості агрокультур до кліматичних змін, розв'язанню екологічних проблеми та в перспективі надати можливість розвитку альтернативних джерел енергії у значних масштабах. Наразі функціонує Асоціація Агровольтаїки України, яка ставить за мету досягти впровадження ідей реалізацій агровольтаїки як одного з напрямків цільового використання

земель, у тому числі в поєднанні з землями сільськогосподарського призначення. У післявоєнні часи гостро постане потреба відновлення економічного та екологічного потенціалу держави, саме тому пропонуємо прийняти План чи Стратегію розвитку агроvoltaїки, на чому акцентують увагу вчені [4]. Цей План передбачатиме покрокові дії щодо запровадження у тестовому варіанті агроvoltaїчних систем на землях сільськогосподарського призначення. Особливо корисним це було б саме у південних регіонах України, адже у степовій зоні ґрунти виснажуються через надмірне висихання та відсутність достатньої вологості. Окрім ефективного використання агроvoltaїчних систем для генерації сонячної енергії, вдалося б досягти збільшення врожайності агрокультур за рахунок затінення та накопичення енергії для здійснення крапельного поливу.

Отже, за умови врахування тенденцій розвитку та перейняття позитивного досвіду країн ЄС, слід дійсно замислитися про агроvoltaїку як універсальний механізм покращення аграрної та енергетичної сфери господарювання. Фактично серед тих викликів, які стоять наразі перед законодавцем та майбутніми користувачами, немає занадто важких для подолання. За умови розробки дієвого державного механізму підтримки сільського господарства у сфері реалізації агроvoltaїки це зможе зацікавити суб'єктів сільськогосподарського виробництва та в подальшому залучити їх до ведення агроvoltaїки. Головним фактором “за” виступає користь від агроvoltaїчних установок, а саме підвищення ефективності цільового використання земель сільськогосподарського призначення, отримання екологічного джерела електроенергії та ще один крок до імплементації законодавства та стандартів ЄС. Водночас вкрай важливим є врахування наведених вище положень щодо нагальності удосконалення правового забезпечення агроvoltaїки, а також щодо пов'язаних з цим перспектив і викликів.

Список використаної літератури

1. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. *Official Journal of the European Union*. L 328/82.
2. Бут О. Агроvoltaїка у світі та в Україні: чи готові ми до змін? URL: <https://agroportal.ua/blogs/agrovoltajika-u-sviti-ta-v-ukrajini-chi-gotovi-mi-do-zmin> (дата звернення 06.04.2026).
3. Гетьман А., Статівка О. Правниче забезпечення агроvoltaїчної діяльності в Україні у контексті міжнародних кліматичних зобов'язань. *Право України*. 2025. № 8. С. 73-83. URL: https://pravoua.com.ua/storage/files/magazines/files/article-pravo_2025_8-s4458.pdf.
4. Курман Т. В. Агроvoltaїка як засіб забезпечення сталого розвитку агросфери: актуальні правові питання. Міжнарод. міжгалуз. конф. «*Стратегія розвитку агроvoltaїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні*» (м. Київ, 8 квіт. 2025 р.) / МОН, НЮУ ім. Ярослава Мудрого та ін. Київ, 2025. С. 104-106.

ПРАВО ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ

Агровольтаїка є формою сталого землекористування, яка передбачає одночасне ведення сільськогосподарської діяльності та виробництво електроенергії з відновлюваних джерел шляхом встановлення сонячних фотогенеруючих панелей над орними землями, пасовищами або іншими сільськогосподарськими угіддями. Завдяки спеціальним конструкціям панелі розміщуються на висоті, що дозволяє техніці працювати, а під ними продовжувати вирощувати культури, випасати худобу або проводити інші аграрні роботи без суттєвої втрати основної функції землі.

Така технологія забезпечує подвійну ефективність використання земельних ресурсів, сприяє адаптації агросектору до кліматичних змін (знижує тепловий стрес рослин, зменшує випаровування вологи на 20–30 %, захищає посіви від граду, посухи та перегріву), а також створює додаткове джерело доходу для фермерів завдяки продажу надлишкової електроенергії. У умовах енергетичної нестабільності, спричиненої війною, руйнуванням енергетичної інфраструктури та необхідності повоєнного відновлення України, агровольтаїка набуває стратегічного значення як інноваційний інструмент поєднання продовольчої та енергетичної безпеки держави, підвищення стійкості сільських територій і декарбонізації аграрного виробництва.

Міжнародний досвід правового регулювання

У країнах Європейського Союзу агровольтаїка вже отримала значну правову підтримку. Франція у 2023 році прийняла спеціальний закон про прискорення розвитку відновлюваних джерел енергії, який чітко визначає агровольтаїзм і вимагає, щоб встановлення панелей не погіршувало, а за можливості покращувало умови для сільського господарства. Фермери мають пріоритет у таких проєктах, а держава пропонує спрощені процедури та фінансову допомогу.

У Німеччині питання регулюється оновленим Законом про відновлювані джерела енергії (EEG). Там передбачено додаткові стимули до тарифів, а також можливість збереження аграрних виплат за умови, що панелі займають обмежену частку площі. Існують технічні рекомендації, які розрізняють типи систем залежно від виду сільськогосподарської діяльності (пасовища чи рільництво).

Італія затвердила спеціальну програму з метою досягнення певної потужності агровольтаїчних установок до 2026 року, пропонуючи гранти на частину витрат і довгострокові тарифи за умови обов'язкового збереження аграрної продуктивності та проведення моніторингу.

На рівні ЄС загальні директиви з відновлюваної енергетики та зміни в спільній аграрній політиці сприяють мультифункціональному використанню

земель. Завдяки цьому в Західній Європі вже реалізовано сотні проєктів, тоді як у східній частині континенту, включно з Україною, розвиток стримується через відсутність відповідних норм.

Нормативно-правова база в Україні

В Україні на сьогодні немає спеціального закону, присвяченого агровольтаїці. Регулювання здійснюється через загальні норми різних галузей права, що створює значні труднощі.

Земельний кодекс України (статті 19, 22, 23) встановлює, що землі сільськогосподарського призначення використовуються переважно для виробництва сільгосппродукції. Розміщення енергетичних об'єктів на таких землях зазвичай вимагає зміни їх цільового призначення, що суперечить ідеї подвійного використання ділянки.

Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» (ст. 14) дозволяє встановлювати об'єкти альтернативної енергетики, але в основному на землях промисловості або інших категоріях. Для сільськогосподарських земель це часто означає переведення в іншу категорію, що призводить до втрати аграрного статусу.

Основні положення статті 14 Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів»:

Лінійні об'єкти енергетичної інфраструктури (мережі) можуть розміщуватися на земельних ділянках усіх категорій без зміни їх цільового призначення.

Земельні ділянки режимних зон об'єктів енергетики надаються у користування виключно підприємствам, які експлуатують ці об'єкти.

Власники та користувачі земельних ділянок зобов'язані забезпечувати доступ для технічного обслуговування та дотримуватися встановленого режиму охоронних зон.

Використання земель також можливе на умовах земельного сервітуту без зміни цільового призначення.

Закон «Про альтернативні джерела енергії» регулює «зелений» тариф і виробництво електроенергії з ВДЕ, проте не враховує специфіку гібридних агровольтаїчних систем. Аналогічно, Закон «Про основні засади державної кліматичної політики» (2024) і Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року підтримують загальний розвиток зеленої енергетики, але не містять положень щодо агровольтаїки.

Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики» від 08.10.2024 № 3991-IX та Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року (затверджений розпорядженням КМУ від 13.08.2024 № 761-р) підтримують загальний розвиток зеленої енергетики та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, проте жоден із цих документів не містить спеціальних положень щодо агровольтаїки як окремого напрямку мультифункціонального використання земель.

Державна підтримка агровольтаїчних проєктів наразі обмежується можливостями АТ «Фонд декарбонізації України». Через цей фонд аграрії можуть отримувати пільгові кредити на встановлення сонячних електростанцій

(ставка 5–9 % річних, термін до 10 років). Станом на червень 2025 року Фонд уже профінансував 36 проєктів у шести регіонах України, з яких 13 — це сонячні електростанції для агропідприємств на загальну суму понад 180 млн грн. Однак більшість цих ініціатив реалізується на землях із зміненим цільовим призначенням або на невеликих ділянках, оскільки чинне законодавство не дозволяє повноцінне подвійне використання сільськогосподарських земель без втрати їх аграрного статусу.

Проблеми та прогалини в законодавстві

Основна перешкода полягає в тому, що чинні норми не дозволяють зберігати сільськогосподарське призначення землі при встановленні сонячних панелей. Через це фермери ризикують втратити право на аграрні субсидії, пільги та можливість отримувати плату за вироблену енергію. Відсутні:

- чітке визначення агровольтаїки як окремого виду діяльності;
- технічні стандарти та критерії, за якими проєкт вважається корисним для сільського господарства;
- спрощені процедури приєднання до енергомереж для таких гібридних систем;
- механізми державної підтримки, які б враховували подвійну природу проєктів.

У результаті інвестори та аграрії стикаються з правовою невизначеністю, що гальмує розвиток технології. На відміну від європейських країн, де фермери можуть зберігати підтримку, в Україні встановлення панелей часто вимагає радикальної зміни статусу землі, що не відповідає завданням забезпечення продовольчої безпеки.

Активну роботу з подолання цих бар'єрів веде Асоціація Агровольтаїки України (створена у 2024 році). Вона займається підготовкою пропозицій щодо змін до законодавства, розробкою стандартів і просуванням ідеї подвійного використання земель.

Пропозиції щодо вдосконалення правового регулювання

Для ефективного розвитку агровольтаїки в Україні доцільно здійснити такі ключові кроки:

Внести зміни до Земельного кодексу України та Закону «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів», передбачивши можливість розміщення сонячних фотогенеруючих систем на землях сільськогосподарського призначення без зміни їх цільового призначення. При цьому сільськогосподарська діяльність має залишатися основною, наприклад, за умови, що частка доходу від енергогенерації не перевищує 25–30 % загального доходу господарства.

Доповнити Закон України «Про альтернативні джерела енергії» спеціальними нормами, які передбачатимуть державну підтримку агровольтаїчних проєктів, зокрема підвищені коефіцієнти «зеленого» тарифу (або механізми CFD/FIP), цільові гранти на частину капітальних витрат, податкові пільги та спрощені процедури приєднання до енергомереж.

Розробити та затвердити національні технічні стандарти (ДСТУ) для агровольтаїчних систем, а також чіткі критерії оцінки їх впливу на врожайність,

якість ґрунтів, мікроклімат і екосистему в цілому. Це дозволить об'єктивно визначати, чи проєкт дійсно є агровольтаїчним.

Запровадити обов'язковий механізм моніторингу та верифікації «аграрної користі» проєктів (наприклад, щорічний звіт про збереження або підвищення сільськогосподарської продуктивності), а також створити реєстр агровольтаїчних установок.

Інтегрувати розвиток агровольтаїки у стратегічні документи держави — Національний план дій з відновлюваної енергетики, Стратегію кліматичної політики та плани повоєнного відновлення, з обов'язковим узгодженням цих норм із європейським законодавством (зокрема, досвідом Франції, Німеччини та Італії).

Реалізація цих пропозицій дозволить усунути основні правові бар'єри, залучити приватні та міжнародні інвестиції, підвищити стійкість аграрного сектору до кліматичних ризиків і забезпечити баланс між продовольчою та енергетичною безпекою України.

Такі зміни допоможуть залучити інвестиції, підвищити стійкість аграрного сектору та виконати міжнародні кліматичні зобов'язання України.

Висновки

Нормативно-правове регулювання агровольтаїки в Україні поки що перебуває на етапі формування. Існуючі прогалини в земельному та енергетичному законодавстві створюють суттєві бар'єри для впровадження технології, але водночас відкривають простір для цілеспрямованих змін. Адаптація позитивного європейського досвіду Франції, Німеччини та Італії разом із пропозиціями вітчизняних фахівців і Асоціації Агровольтаїки України дозволить створити сучасну правову базу. Це сприятиме балансу між енергетичними та аграрними інтересами, залученню інвестицій і сталому розвитку країни в умовах кліматичних та воєнних викликів.

Список використаних джерел

- Гетьман А.П., Статівка О.О. Правниче забезпечення агровольтаїчної діяльності в Україні у контексті міжнародних кліматичних зобов'язань // Право України. 2025. Вип. 8. С. 73–83. — https://pravoua.com.ua/storage/files/magazines/files/article-pravo_2025_8-s4458.pdf
- Бакай Ю.Ю. Агровольтаїка як інноваційна модель... // РОЗДІЛ VI. ЗЕМЕЛЬНЕ ПРАВО; АГРАРНЕ ПРАВО (2025). — <https://app-journal.in.ua/wp-content/uploads/2025/10/3-1.pdf>
- Державне агентство енергоефективності та енергоощадності України. Агровольтаїка: нові можливості... — <https://saee.gov.ua/news/ahrovoltaika-novi-mozhlyvosti-dlia-ukrainskoi-enerhetyky-ta-ahrosektora>
- Інформаційні матеріали Асоціації Агровольтаїки України (дорожня карта, діяльність) — <https://agrivoltaic.org.ua/>
- Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» від 09.07.2010 № 2480-VI — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2480-17>

- Земельний кодекс України —
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
- Матеріали II Міжнародної міжгалузевої конференції «Стратегія розвитку агровольтаїки» (Київ, 2025) —
<https://ipp.gov.ua/ii-mizhnarodna-mizhgaluzeva-konferentsiya/>
- Agroportal.ua, Rubryka, Sanlarix та інші аналітичні публікації 2025 року.

Григор'єва Христина Антонівна,
доктор юридичних наук, професор,
професор кафедри земельного,
екологічного та енергетичного права
Національного університету «Одеська
юридична академія», спеціальність 081
«Право»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272783>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ВИКЛИК СУЧАСНІЙ МЕТОДОЛОГІЇ НОРМОТВОРЧОСТІ

Сучасна Україна стикається одразу із багатьма серйозними кризами, які вимагають мобілізації зусиль держави для їх подолання. Зокрема, слід наголосити на важкій енергетичній ситуації, яка полягає у необхідності забезпечення економіки та суспільства стабільними, достатніми та екологічно прийнятними джерелами енергії. Ці проблеми тісно пов'язані із загальним економічним спадом у країні, необхідністю відновлення потужностей та поживлення бізнес-відносин. Указана площина, звичайно, нагадує про розвиток сільського господарства, яке є провідною галуззю економіки України протягом багатьох років. Не дивно, що вихід із затяжної та глибокої кризи вбачається у комбінуванні можливостей, які надаються енергетикою та агробізнесом. Одним із таких шляхів називають розвиток агровольтаїки – поєднання сільськогосподарської діяльності із генерацією електричної енергії через перетворення енергії сонячного випромінювання.

Вивчення агровольтаїки з позицій юридичної науки в Україні відбувається здебільшого в рамках досліджень фахівців земельного, аграрного та екологічного права, серед них можна виділити А. П. Гетьмана, Г. С. Корнієнко, Т. В. Курман, Т. В. Лісову, А. В. Павлигу, Т. Є. Харитонову та інших. Однак разом із цим слід визнати, що як для учених, так і для практиків, агровольтаїка досі залишається «незручним» та незрозумілим явищем, яке важко вписати в сучасні законодавчі рамки. Саме тому, на наш погляд, її варто розглянути як виклик традиційній методології нормотворчості, яка є усталеною для вітчизняного земельного та аграрного законодавства.

Агровольтаїка як виклик основним правовим засадам землекористування. Довгий час земельне право України ґрунтувалося на деяких головних принципових ідеях, і однією із них виступало використання земель у відповідності до їх цільового призначення, яке визначалося за категоріальним поділом. Така керівна засада земельного права призводила, з одного боку, до визначеності у цих суспільних відносинах, але з іншого, сприяла їх консервативному характеру. Однак наразі об'єктивні обставини стрімко змінюються, і земельні відносини вимагають нових методологічних підходів до свого регулювання.

Передусім, слід зазначити, що потреби в суттєвій активізації енергетичного переходу, тобто відмови від викопних видів палива та заміни їх

безвуглецевими, значно підвищили потреби новітньої енергетики в землях як території для розміщення обладнання. У деяких країнах світу уже вичерпано ті умовно вільні території, які могли бути безболісно віддані на розвиток «зеленої» енергетики. На їхньому прикладі можна простежити наступний етап розвитку цих відносин, а саме: дефіцит вільних земель підштовхує до пошуку нових рішень – більш складних з технічної та правової позицій. І агровольтаїка є одним із таких рішень, адже вона якраз є таким забезпеченням неухильності енергетичного переходу, незважаючи на обмеженість площ.

Прослідковуючи тенденції законодавчих змін, які покликані прискорити енергетичний перехід та досягти амбітні показники використання «зеленої» енергії, встановлені Європейським Союзом, можна прогнозувати, що земельне законодавство України отримає не один виклик, пов'язаний із адаптацією до цих положень. Однак агровольтаїка є тим викликом, який стосується самої методології та вимагає перегляду основоположних підходів до регулювання землекористування.

При цьому слід погодитися із тим, що нашаровування правових режимів на земельних ділянках – ситуація відома і не є чимось абсолютно унікальним. Проте подібні випадки часто дають підстави для конфліктів та правових спорів, тобто містять скоріше негативний, а не продуктивний характер. Свідоме обрання нової методології регулювання земельних відносин, які передбачають подвійне, потрійне і т.д. використання земельних ділянок, має забезпечувати також і належну охорону таких земель, а також права та інтереси усіх зацікавлених осіб.

Агровольтаїка як виклик інституційно-правовій системі держави. Одним із найбільш поширених принципів, які покладені в основу створення органів публічного управління, наразі є галузевий принцип. Він передбачає інституційно-правове регулювання за галузями економіки або сферами суспільної діяльності. Саме за таким принципом сільське господарство управляється Міністерством економіки, довілля та сільського господарства, а енергетика – Міністерством енергетики України. Агровольтаїка створює ситуацію, коли одна діяльність (проект) підпорядковується одразу кільком управлінським інституціям, а значить вимагає їх узгодженої роботи та/або координації дій.

Подібний досвід був досліджений на прикладі африканської країни Гамбія, яка на власному прикладі довела, що одних лише технологій недостатньо для забезпечення успіху – більш значну роль для успіху або невдачі агровольтаїки відіграє сприятливе інституційно-правове та регуляторне середовище. Так, у цій державі було проголошено амбітні цілі енергетичного переходу, здійснено окремі важливі кроки на шляху до досягнення мети, однак головними перепонами стали: інституційна неузгодженість, зумовлена секторальністю державного управління; відсутність стратегічного та комплексного бачення розвитку сільського господарства, енергетики та зрошення в умовах цієї країни. У результаті це призвело до гальмування реалізації агровольтаїчних проєктів, хоча держава офіційно декларувала свою в них зацікавленість. Для вирішення інституційної складової проблем Гамбія у

2021 році створила Платформу енергетичного єднання, за допомогою якої відбувається адміністративна координація агровольтаїчних та інших суміжних проєктів [1]. Цей досвід є корисним для України, адже демонструє реальні проблеми держави, які з високим ступенем вірогідності можуть виникнути і у вітчизняних адміністративно-правових реаліях.

Агровольтаїка як виклик системі державної підтримки. Наразі допомога держави суб'єктам господарювання диференціюється залежно від того, чи є такі суб'єкти спеціальними, чи на них розповсюджуються загальні засади законодавства про державну підтримку. Слід зазначити, що як сільськогосподарські товаровиробники, так і виробники «зеленої» енергії виступають спеціальними суб'єктами законодавства про державну підтримку, тобто на них не поширюються загальні правила та обмеження, а допомогу вони отримують за власними принципами та правовими механізмами. Агровольтаїка і цій системі кидає виклик, оскільки також породжує питання щодо власної ідентифікації. Справа у тому, що визначення агровольтаїки суто як енергетичного проєкту, або як екологізації сільського господарства, або як агроінноваційної діяльності тощо впливатиме на те, яким чином буде організована державна підтримка. Вважаємо, що агровольтаїка у кожному своєму прояві виступає своєрідним викликом системі державного протекціонізму, адже кожен конкретний проєкт необхідно буде ідентифікувати залежно від його ознак з метою встановлення його протекційно-правової характеристики.

Отже, можна підсумувати, що агровольтаїка є одним із тих прогресивних явищ, які змінюють не лише суспільні відносини, - вони значно впливають на право, створюючи для нього незручні проблеми, кидаючи виклики, змушуючи його еволюціонувати.

Список використаних джерел:

1. Kanyepi T., Cheo E. A., Tambo E. G., Sanchez Santillano A. F., Dibba L., Trewally D., Jallow D. B. Analyzing Policy Framework of Agrovoltatics Across the Water Energy and Food (WEF) Nexus in The Gambia. *AgriVoltaics Conference Proceedings*. 2024. Vol. 1. <https://doi.org/10.52825/agripv.v1i.696>

Данілік Дар'я Михайлівна,
кандидатка юридичних наук, доцентка,
доцентка кафедри земельного та
аграрного права Національного
юридичного університету імені
Ярослава Мудрого
Гукалюк Альона Олексіївна,
студентка 5 групи 4 курсу факультету
юстиції, Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272831>

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ АГРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

У контексті сучасних викликів глобальної економіки та енергетики актуалізується концепція національної спроможності держави до самозабезпечення необхідними ресурсами для стабільного існування та розвитку. Безперечно, Україна – аграрна країна з помірно-континентальним кліматом, родючими землями, прісною водою, корисними копалинами та великим потенціалом. Саме тому правове регулювання у сфері енергонезалежності та альтернативних джерел електроенергії вимагає подальшого розвитку та удосконалення.

Відомо, що країни Європи, Азії та Америка активно розвивають законодавче регулювання, наприклад, агровольтаїки, тим самим закриваючи потребу в енергетиці для своїх країн, підтримуючи аграрну сферу та сільське господарство, стимулюючи економіку, зменшуючи використання нафти, газу та вугілля в енергетиці. Відповідний досвід є корисним та перспективним для застосування в Україні.

В контексті Закону України “Про альтернативні джерела енергії” №555-IV [1], до категорії альтернативних джерел енергії ми можемо віднести відновлювальні джерела енергії, зокрема, сонячну, вітрову, гео-, гідро- й аеротермальну енергію, енергію хвиль і припливів, біомасу та біогази, а також вторинні ресурси. Більшість із перелічених ресурсів не є вичерпними, що при належному їх використанні дозволить зменшити навантаження на ТЕЦ, АЕС та ТЕС.

Таким чином, обґрунтованим видається акцентування уваги на агроенергетиці як комплексному, інтегрованому явищі, що не може розглядатися крізь призму її окремих структурних елементів. Впровадження ефективних управлінських та правових рішень у зазначеній сфері зумовлює необхідність концептуального осмислення її цільового призначення та системи стратегічних орієнтирів. У цьому контексті мету доцільно визначити як: трансформацію аграрного сектору в структурно-функціональний елемент забезпечення енергетичної незалежності держави, що передбачає інституціоналізоване поєднання сільськогосподарського виробництва з

генерацією екологічно чистої енергії, спрямованої на задоволення суспільних потреб. Цілі дослідження детермінуються сформульованою метою та відображають напрями її практичної реалізації, конкретизуючи ключові вектори трансформації аграрного сектору в контексті забезпечення енергетичної незалежності держави, зокрема: 1) забезпечити стабільне та незалежне енергопостачання; 2) зменшити залежність від імпорту електроенергії та інших джерел електроенергії; 3) підвищити ефективність використання земельних ресурсів, але при цьому зберегти пріоритетність земель сільськогосподарського призначення; 4) стимулювати розвиток відновлювальних джерел енергії в аграрному секторі та ін. Як наслідок країна перейде на самозабезпечення електроенергією, поліпшиться економічний фон, відбудеться створення нових робочих місць та за умови узгодженого використання агроенергетичних технологій з культурами рослинництва можна досягти підвищення рівня їх врожайності.

З огляду на необхідність нормативного закріплення політики енергонезалежності та стимулювання розвитку інновацій у сфері енергетики, доцільним є запровадження спеціального законодавчого акта — Закону України «Про агроенергетику України». В запропонованому законі необхідно передбачити нормативне закріплення понятійно-категоріального апарату, принципів та правового режиму функціонування як агровольтаїки, так і інших суміжних видів діяльності, пов'язаних із використанням агроенергетичних ресурсів. Водночас, з метою забезпечення відповідності такого законодавчого акта загальновизнаним міжнародним підходам, обґрунтованим є звернення до зарубіжного досвіду правового регулювання агроенергетики та агровольтаїки, а також виокремлення базових принципів їх функціонування.

Наприклад, у Франції агровольтаїчна установка є законною лише тоді, коли вона приносить пряму користь сільському господарству. Ця норма простежується у статті 54 LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables [2], де закріплено принципи: 1) сільське господарство — основний вид діяльності; 2) агровольтаїчну конструкцію можливо демонтувати для повного відновлення землі; 3) гарантування фермеру значне сільськогосподарське виробництво та стабільний дохід від нього. Італійське законодавство також прагне зберегти пріоритет сільського господарства. Законом DECRETO LEGISLATIVO 25 novembre 2024, n. 190 [3] закріплено, що агровольтаїчна установка має бути придатна для збереження щонайменше 80% валової продукції, придатної для продажу. Якщо ж такий результат не забезпечується, то законом передбачено штраф від 1000 до 100 000 євро. Японія також активно розвиває агровольтаїку. На законодавчому рівні встановлено режим дозволів та критерії MAFF, що вимагають [4,5]: 1) відстань між опорами повинна дозволяти безперешкодний проїзд і роботи сільськогосподарської техніки; 2) легкий демонтаж агровольтаїчних конструкцій; 3) врожайність культури під панелями має становити не менше 80% від середньої врожайності цієї ж культури в конкретному регіоні за той самий рік; 4) збереження якості продукції. Як висновок, можна вказати, що в цих країнах є свої спільні принципи, а саме:

пріоритет сільського господарства, легкий демонтаж конструкцій, достатня висота конструкцій, достатність сонячного світла рослинним культурам, вимоги щодо кількості та якості продуктів, контроль та санкції за неналежне виконання вимог закону.

Так, в зарубіжних країнах саме агровольтаїка стала основним і найбільш відпрацьованим форматом поєднання аграрного та енергетичного використання земель. Це зумовлено тим, що така модель є зрозумілою для правового регулювання, контролю та видачі дозволів. Водночас, у процесі формування національного агроенергетичного законодавства доцільним є розширення його предметного регулювання шляхом охоплення не лише агровольтаїки, а й інших форм інтеграції використання земель сільськогосподарського призначення з відновлюваними джерелами енергії, зокрема вітровою та біоенергетикою. Такий підхід дозволяє забезпечити комплексність правового регулювання агроенергетичних відносин та сприяє диверсифікації джерел енергогенерації в аграрному секторі. Зазначена концепція узгоджується із положеннями Закону України «Про альтернативні джерела енергії», оскільки відповідає загальному вектору державної політики у сфері розвитку відновлюваної енергетики, спрямованому на розширення використання екологічно чистих джерел енергії та зміцнення енергетичної незалежності держави.

В Україні існує низка нормативно-правових актів, які комплексно регулюють окремі аспекти енергетичної діяльності, зокрема: Закони України “Про альтернативні джерела енергії”, “Про альтернативні види палива”, “Про ринок електричної енергії”, “Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об’єктів”, Земельний кодекс України тощо [1, 6, 7, 8, 9]. Однак цього правового впливу недостатньо для повноцінного врегулювання агроенергетики, оскільки воно не охоплює всі можливі форми її реалізації на землях сільськогосподарського призначення. Саме тому, доцільним є ухвалення окремого Закону України “Про агроенергетику України”, який визначатиме її поняття, принципи, допустимі форми здійснення агроенергетичної діяльності, вимоги до використання земель сільськогосподарського призначення, порядок розміщення та експлуатації енергетичних установок, умови їх демонтажу і відновлення земель, гарантії збереження пріоритету сільськогосподарського виробництва, критерії ефективності такої діяльності, механізми державного контролю, а також прописано відповідальність за порушення встановлених вимог.

З огляду на викладене, можна дійти висновку, що агроенергетика є надзвичайно перспективним напрямом для України, що одночасно здатний забезпечити енергетичні, економічні та аграрні переваги. Агроенергетика відкриває значно ширший спектр можливостей порівняно з агровольтаїкою, оскільки включає різні форми сумісного використання земель сільськогосподарського призначення та енергетичних установок. У зв’язку з цим під час формування національної нормативно-правової бази доцільним є комплексне врахування міжнародного досвіду, включно з його перевагами, та недоліками, з метою розроблення ефективного, збалансованого та практично

придатного інституційного механізму правового регулювання агроенергетики в Україні.

Список використаних джерел

1. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лютого 2003 р. № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#n8> (дата звернення: 29.03.2026).
2. LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (1). *République Française. le service public de la diffusion du droit*. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047294244/> (date of access: 29.03.2026).
3. DECRETO LEGISLATIVO 25 novembre 2024, n. 190 - Normattiva. *Normattiva*. URL: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2024-11-25;190> (date of access: 29.03.2026).
4. 営農型太陽光発電について. 農林水 省. URL: <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/einou.html> (дата звернення: 29.03.2026).
5. 「営農型太陽光発電に係る農地転用許可制度上の取扱いに関する ガイドライン」の制定について 令和6年3月25日 5農振第2825号 改正 令和7年3月31日 6農振第2983号. *maff.go.jp*. URL: <https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/totiriyo/attach/pdf/einogata-57.pdf> (дата звернення: 29.03.2026).
6. Про альтернативні види палива: Закон України від 14 січня 2000 р. № 1391-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#n3> (дата звернення: 29.03.2026).
7. Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів: Закон України від 9 липня 2010 р. № 2480-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2480-17#n49> (дата звернення: 29.03.2026).
8. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13 квітня 2017 р. № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#n190> (дата звернення: 29.03.2026).
9. Земельний кодекс України: Закон України від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 29.03.2026).
10. Альтернативні джерела енергії: види та критерії вибору. *triniti-sb*. URL: <https://triniti-sb.com.ua/blog/alternatyvni-dzerela-energii/> (дата звернення: 29.03.2026).
11. Біогазові установки: енергія майбутнього з відходів теперішнього. *profportal*. URL: <https://profportal.com.ua/blog/biohazovi-ustanovky-enerhiya-maybutnoho-z-vidkhodiv-teperishnoho/> (дата звернення: 29.03.2026).

Ільїна Марія Олександрівна,
Студентка 4 курсу, 11 групи
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого
Науковий керівник: Бакай Ю.Ю.,
доцентка, к.ю.н., доцентка кафедри
земельного та аграрного права
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272866>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ НАПРЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В умовах глобальної енергетичної кризи, кліматичних змін і обмеженості земельних ресурсів особливого значення набуває пошук інноваційних рішень, що поєднують виробництво енергії та збереження сільськогосподарського потенціалу. Агровольтаїка, як форма інтеграції сонячних електростанцій з агровиробництвом, відкриває можливості підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення, зменшення вуглецевого сліду та диверсифікації доходів фермерів. Для України, яка має значний аграрний потенціал і потребує розвитку відновлюваної енергетики, впровадження агровольтаїчних технологій є перспективним напрямом сталого розвитку та раціонального землекористування.

Враховуючи актуальність тематики, потрібно зазначити, що «агровольтаїка» - це сучасна інноваційна концепція ведення сільського господарства, яка набирає популярності у світі й передбачає інтеграцію вирощування рослинних культур за допомогою агротехнологій із виробництвом електроенергії шляхом сонячних панелей на одній земельній ділянці [1, с. 108]. Такі сонячні установки монтуються на кілька метрів над ґрунтом із певним кутом нахилу, що забезпечує рослинам достатній рівень освітлення та створює сприятливий мікроклімат, зменшуючи ризик перегріву, ерозії й надмірного випаровування води.

Наразі порівнюючи переваги і недоліки, серед основних проблем в частині будівництва таких станцій, можна навести такі: висока вартість (майже вдвічі більша за вартість звичайних сонячних станцій); складність установки (існує потреба у врахуванні великої кількості важливих аспектів, таких як тип ґрунту, клімат і т. п.) та потреба у часі для отримання прибутку (для цього може знадобитися не один рік) [2].

Але на противагу можна зазначити, що найважливішою перевагою є те, що агровольтаїка приносить комплексну користь економічно, екологічно та соціально, а не обмежується виключно одиничними результатами. З економічного боку, вона підвищує ефективність земельних ділянок, дозволяючи одночасно вирощувати культури та виробляти електроенергію, знижує

енергозалежність господарств і відкриває нові інвестиційні можливості для розвитку «зеленого бізнесу». Часткове затінення панелей допомагає стабілізувати врожайність, зменшуючи вплив посух і перегріву ґрунту. Екологічно технологія сприяє скороченню парникових викидів, збереженню ґрунтової вологи, запобіганню ерозії та передбачає можливість повторного використання панелей, відповідаючи принципам сталого розвитку [3, с. 353-354]. Соціально агровольтаїка створює нові робочі місця, підвищує енергетичну незалежність громад і формує екологічну свідомість фермерів.

Варто зазначити, що міжнародний досвід впровадження агровольтаїчних систем демонструє різноманіття моделей організації, високу ефективність їх застосування та розвинуті регуляторні підходи, що забезпечують збалансований розвиток енергетичного й аграрного секторів. У сучасному світі агровольтаїка розглядається не лише як технологічне нововведення, а як стратегічний інструмент сталого розвитку, здатний поєднати виробництво продовольства, генерацію чистої енергії та раціональне землекористування.

Також ефективність впровадження агровольтаїки в різних країнах підтверджується численними дослідженнями. Європейські програми показують, що встановлення сонячних панелей над культурами сприяє збереженню вологи, захисту від перегріву й, відповідно, підвищенню врожайності. Одночасно фермери отримують додаткове джерело прибутку від продажу електроенергії, що зменшує їхню залежність від ринкових коливань і забезпечує енергетичну стійкість господарств. Зокрема враховуючи проведені Францією дослідження показали, що ефективність використання земельних ресурсів у системах агровольтаїки може зростати з огляду на їх позитивний вплив через зменшення теплових стресів для рослин, зменшення випаровування на 20-30 % та зниження температури ґрунту на 2-5 % [4]. Такі результати підтверджують, що агровольтаїка є не лише технологічно перспективною, а й економічно доцільною моделлю розвитку аграрного сектору з вектором на покращення продуктивності.

Натомість важливою складовою таких результатів також є і належне законодавче закріплення. Від 10 березня 2023 року термін «*agrivoltaïsme*» офіційно визначено у французькому законодавстві та навіть закріплено пріоритет фермерів як головних бенефіціарів [4].

Також на цьому акцентував увагу Івкін В. І., голова правління Асоціації агровольтаїки України, у доповіді «Правове поле агровольтаїки: уроки ЄС і пошук шляху України» у якій зазначав, що в ЄС така практика вже врегульована: у Франції, Німеччині, Японії та США існують чіткі норми й стимули для розвитку Agri-PV. В Україні ж відсутнє правове визначення агровольтаїки, що гальмує її впровадження. Також Івкін В. І. підкреслює потребу внести це поняття до Земельного кодексу, адаптувати європейський досвід і створити власну українську модель агроенергетичних земель як крок до сталого розвитку [5].

Зокрема варто зазначити, що Україна поступово інтегрується у цей міжнародний процес. Нині формується власна нормативно-правова база розвитку агровольтаїки: створено профільну Асоціацію агровольтаїки,

проводяться різноманітні науково-практичні конференції, розробляється національна стратегія, що враховує досвід ЄС і спрямована на гармонізацію енергетичного та земельного законодавства [6; 7]. Ці кроки свідчать про усвідомлення державою важливості поєднання продовольчої безпеки з енергетичною незалежністю, що безсумнівно вже є першим кроком на шляху до розвитку агровольтаїки у країні.

Але наразі використання земель сільськогосподарського призначення для розміщення сонячних електростанцій в Україні перебуває у зоні нормативної невизначеності, оскільки чинне законодавство не містить спеціального правового режиму для агровольтаїчних об'єктів. Земельний кодекс України встановлює жорсткий поділ земель за цільовим призначенням, і відповідно до ст. 22 такі землі можуть використовуватися виключно для ведення сільського господарства. Водночас енергетичні об'єкти, згідно зі ст. 76, належать до земель енергетики, що створює правову колізію: агровольтаїка поєднує обидва режими, але не визнається ані одним, ані іншим [8]. Частина 2 статті 14 Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» дозволяє розміщення об'єктів відновлюваної енергетики на землях, що належать до категорії промисловості, транспорту, енергетики та інших спеціальних цілей, незалежно від їхнього цільового призначення [9].

Тобто насамперед нормативна прогалина проявляється не тільки у відсутності законодавчого закріплення базових правових термінів «агровольтаїка», «подвійне землекористування», «суміщене використання земель», а й самого механізму подвійного цільового використання земель - коли на одній ділянці одночасно здійснюється агровиробництво та виробництво електроенергії з відновлюваних джерел. Саме ця неврегульованість зумовлює низку практичних труднощів, зокрема пов'язаних із довготривалістю і затратністю процесу зміни цільового призначення земельних ділянок [10, с. 91]. У цьому контексті варто погодитися з позицією Бакай Ю. Ю., адже окреслені проблеми становлять суттєві бар'єри для імплементації та загалом ефективної реалізації агровольтаїчних проєктів, попри їх значний потенціал [11, с. 14].

Таким чином, агровольтаїка є перспективним напрямом поєднання виробництва електроенергії з веденням сільського господарства, що дозволяє ефективно використовувати земельні ресурси, підвищувати енергетичну незалежність фермерів і зменшувати негативний вплив на довкілля. Попри це, ключовою проблемою в Україні залишається відсутність належного правового регулювання подвійного використання земель. Водночас розробка відповідних законодавчих змін і державна підтримка створюють передумови для розвитку цього інноваційного напрямку, який у перспективі сприятиме сталому використанню ресурсів, модернізації аграрного сектору та переходу України до енергетично збалансованої економіки.

Список використаних джерел

1. Червінський Л. С. Агровольтаїка – інноваційний підхід до ведення сільського господарства. *Електроенергетика, електромеханіка та технології в*

АПК: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6 листопада 2024 р., Держ. біотехнологічний ун-т. Харків: ДБТУ, 2024. С. 108-109.

2. Бут О. Агровольтаїка у світі та в Україні: чи готові ми до змін? AgroPortal.ua. URL: <https://agroportal.ua/blogs/agrovoltajika-u-sviti-ta-v-ukrajini-chi-gotovi-mi-do-zmin> (дата звернення: 22.03.2026).

3. Сидякіна О. В., Подрезов І. О. Інноваційні підходи до оптимізації агровольтаїчних систем – шлях до підвищення продуктивності соняшнику. *Міжнародна міжгалузева конференція «Стратегія розвитку агровольтаїки: стан виклики та кроки впровадження в Україні*. Київ. 2025. С. 352-355.

4. Європейський досвід агровольтаїки: що варто перейняти Україні. Асоціація агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1233-agrivoltaicua/> (дата звернення: 23.03.2026).

5. Агробізнес: стратегія розвитку в умовах євроінтеграції : збірник матеріалів та тез доповідей учасників панельної дискусії ІХ Харківського Міжнародного юридичного форуму (м. Харків, 26 вересня 2025 р.) / за ред. Т.В. Курман, Ю.Ю. Бакай. Харків, 2025. 306 с.

6. Галузь агровольтаїки. Асоціація агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/> (дата звернення: 24.03.2026).

7. Агровольтаїка – код майбутнього України для відбудови енергетики та агросектору – Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського. URL: <https://tnu.edu.ua/news/agrovolta%D1%97ka-kod-majbutnogo-ukra%D1%97ni-dlya-vidbudovi-energetiki-ta-agrosektoru/> (дата звернення: 24.03.2026).

8. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III : станом на 31 жовт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 24.03.2026).

9. Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів : Закон України від 09.07.2010 № 2480-VI : станом на 8 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2480-17#Text> (дата звернення: 24.03.2026).

10. Данілік Д.М., Михня А.В. Деякі питання правового регулювання впровадження агровольтаїки в Україні. *Матеріали Міжнародної міжгалузевої конференції «Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні»*. Київ. 2025. С. 89–93.

11. Бакай Ю. Ю. Виклики та перспективи інтеграції інноваційних енерготехнологій у сільське господарство: правова регламентація. *Аналітично-порівняльне правознавство / Розділ 6. Земельне право; аграрне право; екологічне право; природоресурсне право*. 2025. Т.2. №5. С. 11-16.

Кондратенко Дарина Юріївна, к.ю.н.,
доцент кафедри земельного та аграрного
права, Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272927>

ВИКОРИСТАННЯ ІОТ ТА АІ В АГРОВОЛЬТАЙЦІ: ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ОБРОБКИ ДАНИХ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Сучасна трансформація аграрного сектору відбувається під впливом двох взаємопов'язаних процесів — цифровізації та енергетичного переходу, що зумовлює формування інноваційних моделей господарювання, серед яких особливе місце посідає агровольтаїка як інтегрована система поєднання сільськогосподарського виробництва з генерацією відновлюваної енергії; функціонування таких систем безпосередньо залежить від впровадження технологій Інтернету речей (ІоТ) та штучного інтелекту (АІ), які забезпечують безперервний моніторинг стану ґрунтів, кліматичних умов, рівня інсоляції та ефективності енергогенерації, а також дають змогу оптимізувати агровиробничі процеси шляхом обробки великих масивів даних, трансформуючи традиційне сільське господарство у даноорієнтовану модель «Agriculture 4.0» [1]; у цьому контексті дані, що генеруються сенсорними мережами та обробляються алгоритмами АІ, набувають ознак самостійного економічного активу, що актуалізує питання визначення їх правового режиму, зокрема щодо володіння, доступу, використання та передачі третім особам [3]. Європейський Союз у відповідь на ці виклики сформував багаторівневу систему правового регулювання обробки даних, яка поширюється і на агровольтаїчні системи: ключову роль відіграє Загальний регламент про захист даних (GDPR), який встановлює фундаментальні принципи законності, прозорості, мінімізації та цільового обмеження обробки персональних даних, що має практичне значення, наприклад, у випадках використання цифрових платформ для управління фермерськими господарствами, де обробляється інформація про землевласників або операторів агротехнологій [2]; водночас значна частина даних у таких системах має неперсональний характер (наприклад, дані про вологість ґрунту, продуктивність панелей або метеорологічні показники), що зумовлює застосування Регламенту (ЄС) 2018/1807, який забезпечує вільний транскордонний обіг неперсональних даних і стимулює розвиток інноваційних сервісів, зокрема хмарних платформ для агроаналітики [4]. Важливим етапом еволюції правового регулювання стало прийняття Акта про штучний інтелект (АІ Act), який запроваджує ризик-орієнтований підхід до регулювання АІ-систем і встановлює вимоги до їх безпечності, прозорості та підконтрольності, що має безпосереднє значення для агровольтаїки, оскільки алгоритми АІ можуть приймати автоматизовані рішення щодо управління зрошенням, розміщенням панелей або прогнозування врожайності [6]; показовим є приклад використання АІ у Німеччині та Нідерландах, де агровольтаїчні установки інтегруються з системами прогнозування врожайності

та оптимізації енергоспоживання, що вимагає дотримання вимог прозорості алгоритмів і можливості людського контролю відповідно до нових регуляторних стандартів. Поряд із нормативним регулюванням у ЄС розвиваються механізми саморегуляції поведінки щодо обміну аграрними даними, де передбачено принципи добровільності, справедливості та контролю фермерів над власними даними, однак рекомендаційний характер обмежує ефективність у випадках конфліктів між агровиробниками та великими агротехнологічними компаніями [5]. Особливої актуальності набувають питання кібербезпеки агровольтаїчних систем, оскільки широке використання IoT-пристроїв створює ризики несанкціонованого доступу, втручання у функціонування енергетичних систем або маніпуляції аграрними даними; у цьому контексті Директива (ЄС) 2022/2555 (NIS2) встановлює обов'язки суб'єктів щодо управління кіберризиками та захисту мережевих і інформаційних систем, що вже знаходить відображення у практиці, зокрема у випадках кібератак на енергетичну інфраструктуру в країнах ЄС, які продемонстрували вразливість інтегрованих цифрово-енергетичних систем та необхідність посилення регуляторних вимог [7]. На відміну від Європейського Союзу, правове регулювання обробки даних в Україні перебуває на етапі становлення та адаптації до європейських стандартів: базовим актом є Закон України «Про захист персональних даних», який визначає загальні засади обробки персональних даних і закріплює права суб'єктів даних, однак його положення не охоплюють специфіку обігу неперсональних аграрних даних, що становлять основний масив інформації в агровольтаїчних системах [8]; водночас Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» формує загальну рамку захисту інформаційних систем, але потребує подальшої гармонізації з вимогами NIS2, особливо з огляду на інтеграцію аграрного сектору з енергетичною інфраструктурою [9]. Практичні виклики проявляються, зокрема, у відсутності чітко визначеного правового статусу “аграрних” даних, що створює ризики їх монополізації великими цифровими платформами або транснаціональними компаніями, які можуть отримувати доступ до даних фермерів без належних гарантій їх прав; аналогічні проблеми вже стали предметом наукових дискусій та регуляторних ініціатив у ЄС, де питання «data ownership» та справедливого розподілу вигод від використання даних залишаються відкритими [3]. У контексті євроінтеграції Україна взяла на себе зобов'язання щодо поступової гармонізації законодавства відповідно до положень Угоди про асоціацію з ЄС, що передбачає імплементацію *acquis communautaire* у сферах захисту даних, цифрових технологій та кібербезпеки [10], що, у свою чергу, актуалізує необхідність формування цілісного правового режиму аграрних даних, який має включати визначення прав на дані, встановлення прозорих правил їх обігу та створення ефективних механізмів захисту прав суб'єктів аграрних відносин; при цьому доцільним є врахування європейського досвіду, зокрема принципів відкритості, інтероперабельності та справедливості доступу до цифрової інфраструктури. Таким чином, використання IoT та AI в агровольтаїці не лише сприяє підвищенню ефективності аграрного виробництва та розвитку відновлюваної енергетики, але й формує новий комплекс правових викликів,

пов'язаних із визначенням правового режиму даних, забезпеченням їх захисту та кібербезпеки, при цьому європейська модель демонструє поступовий перехід до комплексного регулювання цифрової економіки, тоді як для України ключовим завданням залишається не лише імплементація відповідних норм, але й їх адаптація до національних особливостей аграрного сектору з метою забезпечення сталого розвитку та інтеграції до європейського правового простору.

Список використаних джерел

1. Miller T., et al. The IoT and AI in Agriculture: The Time Is Now—A Systematic Review of Smart Sensing Technologies // *Sensors*. 2025.
2. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation).
3. Atik C. Towards Comprehensive European Agricultural Data Governance // *International Review of Intellectual Property and Competition Law*. 2022.
4. Regulation (EU) 2018/1807 of the European Parliament and of the Council on a framework for the free flow of non-personal data in the European Union.
5. EU Code of Conduct on Agricultural Data Sharing by Contractual Agreement. 2018.
6. Regulation (EU) 2024/... of the European Parliament and of the Council (Artificial Intelligence Act).
7. Directive (EU) 2022/2555 of the European Parliament and of the Council on measures for a high common level of cybersecurity across the Union (NIS2 Directive).
8. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI.
9. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 05.10.2017 № 2163-VIII.
10. Association Agreement between the European Union and Ukraine, 2014.

Корват Олена Валеріївна, провідний науковий співробітник НДІ правового забезпечення інноваційного розвитку НАПрН України
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20272973>

ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ АГРОВОЛЬТАЇКИ

Агровольтаїка є одним з напрямів відновлюваної енергетики, що передбачає подвійне використання земельних ділянок для сільського господарства і для генерації енергії з сонячного випромінювання. Окремі країни Азіатсько-Тихоокеанського регіону, ЄС і деякі штати США приділяють значну увагу розвитку агровольтаїки [1, с. 1499; 2, с. 58-62] розраховуючи, що вона сприятиме вирішенню проблем обмеженості земель, збільшенню виробництва чистої енергії, захисту врожаю, оптимальному використанню води, зростанню доходів.

У Стратегії ЄС щодо сонячної енергії агровольтаїка визнана важливою інноваційною формою розгортання відновлюваних джерел [3]. Втім її масштабування стикається з конкуренцією за землю і проблемами громадського сприйняття [1; 3 – 8]: побоюваннями втрати сільськогосподарських площ, ризиками зниження рівня продовольчої безпеки, зміни ландшафтів, негативного впливу на довкілля, деградації природних екосистем.

Питання прав власності, цільового призначення і тривалого обмеження використання землі, несумісність оренди із довгостроковими проєктами разом з суспільною недовірою є комплексом правових і соціально-інституційних бар'єрів для агровольтаїки. Економічні та екологічні ризики для аграріїв, конфліктність між природою і штучними технологіями, приватними і суспільними інтересами свідчать про складність впровадження агро-PV систем виключно на ринкових засадах. Ефективність реалізації таких проєктів обмежується вищою вартістю електроенергії порівняно з іншими наземними фотоелектричними системами, необхідністю більших зусиль у міжгалузевих комунікаціях, можливим неприйняттям у разі зниження обсягів сільськогосподарської діяльності та правовими перешкодами, пов'язаними з нечітким статусом землі [2, с. 15]. Перелічені проблеми часто посилюються регуляторною невизначеністю.

В цих умовах стимулювання агровольтаїки є об'єктивно необхідним інструментом. Для розвитку цього напрямку державі необхідно періодично виявляти вузькі місця масштабування, усувати перепони та вживати заходи для справедливого розподілу переваг між зацікавленими сторонами і суспільством. Це вимагає продуманої регуляторної бази і цілеспрямованих дій [1, с. 1502]. Прикладом вирішення проблем є модель правового регулювання агровольтаїки у Франції. Вона перша ввела визначення терміну агровольтаїчної установки у національне законодавство.

Енергетичний кодекс Франції вимагає, щоб агровольтаїчна установка сталим чином сприяла впровадженню, підтримці та розвитку сільськогосподарського виробництва і надавала сільськогосподарській ділянці принаймні одну з послуг: покращення агрономічного потенціалу та впливу; адаптацію до зміни клімату; захист від небезпек; покращення добробуту тварин. Установка, яка завдає суттєвої шкоди одній із перелічених послуг або обмежену шкоду принаймні двом із цих послуг, а також якщо установка не дозволяє сільськогосподарському виробництву бути основною діяльністю земельної ділянки або її не можна демонтувати вона не є агровольтаїчною [9]. Таке визначення вже виступає інструментом стимулювання агровольтаїки. Воно усуває правову невизначеність, надає гарантію збереження аграрного статусу земель, встановлює чіткі критерії установки.

На рівні базових підходів правового регулювання агровольтаїка є підвидом сонячної енергетики. Вона вбудована в систему відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і не існує поза нею. Для стимулювання розвитку агровольтаїки в законодавстві використовуються класичні інструменти для ВДЕ: «зелені» тарифи, аукціони підтримки, інвестиційні гранти, субсидії, податкові стимули, спрощення дозвільних процедур, гарантії доступу до мереж тощо. Однак подвійна природа агровольтаїки формує відмінності в стимулюванні. Якщо традиційні механізми правового стимулювання сфери ВДЕ орієнтовані переважно на збільшення обсягів виробництва енергії з відновлюваних джерел, то стимулювання агровольтаїки поєднує енергетичні й аграрні цілі. Зокрема, надання підтримки має відбуватись після перевірки всіх умов відповідності проєкту агровольтаїчної установки: чи зберігається сільськогосподарське використання земель, чи підтримуються фермери і аграрії як основні бенефіціари, чи зменшуються сільськогосподарські та екологічні ризики. У зв'язку з цим стимулювання агровольтаїки виступає не лише інструментом енергетичної політики, а й засобом трансформації моделей землекористування та подолання комерційних і соціальних конфліктів між енергетичним і сільськогосподарським секторами.

Список використаних джерел

1. Taylor M., McDonnell N., Davies P., Trück S. Scaling agrivoltaics: planning, legal, and market pathways to readiness. *Sustainability Science*. 2025. Vol. 20. P. 1499–1517. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-025-01668-w>
2. Trommsdorff M., Campana P. E., Macknick J., Solas Á. F., Gorjian S., Tsanakas I. et al. Dual Land Use for Agriculture and Solar Power Production: Overview and Performance of Agrivoltaic Systems. Report IEA-PVPS T13-29:2025 / eds. M. Trommsdorff, P. E. Campana, U. Jahn. *International Energy Agency*, March 2025. 90 p. DOI: <https://doi.org/10.69766/XAEU5008>
3. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. EU Solar Energy Strategy. COM(2022) 221 final. Brussels, 18.05.2022. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A221%3AFIN>

4. Alves A., da Costa E. M., Sirnik I. The policy landscape of agrivoltaics: a systematic review. *Energy, Sustainability and Society*. 2026. Vol. 16. No. 8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-025-00555-7>
5. Goldberg Z. A. Solar energy development on farmland: Three prevalent perspectives of conflict, synergy and compromise in the United States. *Energy Research & Social Science*. 2023. Vol. 101. 103145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103145>
6. Moore K. A., Lobell D. B. Opportunities and Barriers for Agrivoltaics on Tribal Lands. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. Iss. 13. 5414. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16135414>
7. What are the Main Land Conflicts Hindering Large-Scale Solar Farms. *Atlantic Renewables*. 07.09.2025. URL: <https://www.atlanticrenewables.co.uk/component/content/article/what-are-the-main-land-conflicts-hindering-large-scale-solar-farms.html?layout=blog&Itemid=&catid=8>
8. Zetzsche H. D. Agrivoltaics as a means of preserving agricultural land. *AgProud*. 11.10.2024. URL: <https://www.agproud.com/articles/60363-agrivoltaics-as-a-means-of-preserving-agricultural-land>
9. Code de l'énergie. Article L314-36. Version en vigueur depuis le 12 mars 2023. Créé par la LOI n°2023-175 du 10 mars 2023. Art. 54. 2023. URL: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000047298015

Корнієнко Ганна Сергіївна, докторка юридичних наук, професорка, доцентка кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого, 12.00.06 «Земельне право; аграрне право; екологічне право; природоресурсне право»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273002>

СУСПІЛЬНІ ВІДНОСИНИ У СФЕРІ АГРОВОЛЬТАЇКИ: ПРАВОВА ПРИРОДА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

Агровольтаїка як перспективний агроекологічний напрям аграрної діяльності виникла внаслідок пошуку ефективних способів використання земель в умовах глобального потепління і ґрунтується на ідеї застосування синергетичного потенціалу декількох видів діяльності. Тож, суть агровольтаїки полягає в інтегруванні процесів сільськогосподарського виробництва і генерації електричної енергії з відновлюваних джерел та на основі їх синергетичної дії досягнення оптимізації використання земель сільськогосподарського призначення, мінімізації негативного впливу на довкілля, зміцнення підґрунтя для сталого розвитку аграрного сектору економіки. В умовах перманентних кліматичних змін, енергетичної нестабільності та необхідності підвищення ефективності використання земельних ресурсів агровольтаїка набуває особливого значення як інноваційна модель розвитку сільського господарства.

У зв'язку з цим особливо актуальним стає питання правового забезпечення суспільних відносин, які виникають у процесі впровадження та функціонування агровольтаїчних систем і які, на жаль, поки що не мають належного правового регулювання. Однією з багатьох причин такої неврегульованості є те, що вказані відносини мають складний, міжгалузевий характер, оскільки поєднують елементи аграрного, земельного, екологічного, енергетичного та господарського права. Така комплексність зумовлює необхідність їх наукової класифікації, що дозволяє визначити місце відповідних суспільних відносин у системі права та окреслити особливості їх правового регулювання.

З огляду на це суспільні відносини у сфері агровольтаїки доцільно класифікувати на основні та додаткові. Основні правовідносини безпосередньо пов'язані зі здійсненням агровольтаїчної діяльності та визначають її зміст. Додаткові правовідносини створюють необхідні організаційні, економічні та соціальні умови для її реалізації.

До основних правовідносин у сфері агровольтаїки належать земельні, аграрні, екологічні, енергетичні та господарські правовідносини.

Найперше потрібно виділити земельні правовідносини, оскільки саме використання земель сільськогосподарського призначення є матеріальною основою агровольтаїки. Їх зміст полягає у виникненні, зміні та припиненні прав

на земельні ділянки, що використовуються одночасно для вирощування сільськогосподарської продукції та розміщення сонячних панелей. У межах таких правовідносин найбільш вагомими є питання визначення цільового призначення земель, допустимості розміщення агровольтаїчних установок на землях сільськогосподарського призначення, оренди земельних ділянок, встановлення земельних сервітутів, а також дотримання вимог щодо охорони та раціонального використання земель.

Другу групу становлять аграрні правовідносини, що виникають у процесі виробництва, переробки та реалізації сільськогосподарської продукції в умовах функціонування агровольтаїчних систем. Їх специфіка полягає у поєднанні традиційної аграрної діяльності із новими технологічними рішеннями, зокрема, вирощуванням сільськогосподарських культур під сонячними панелями, використанню затінення для збереження вологості та захисту рослин від перегрівання. До аграрних правовідносин належать також відносини щодо правового статусу сільськогосподарських товаровиробників, їх спеціалізації, організації виробництва та забезпечення продовольчої безпеки.

Не менш важливими є екологічні правовідносини, оскільки агровольтаїка безпосередньо впливає на стан довкілля. Вони охоплюють відносини щодо охорони земель, збереження родючості ґрунтів, підтримання біорізноманіття, дотримання вимог екологічної безпеки та запобігання негативному впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище. Особливе значення мають правовідносини, пов'язані з проведенням оцінки впливу на довкілля, визначенням екологічних наслідків розміщення агровольтаїчних об'єктів та встановленням відповідних обмежень і заборон.

Самостійне місце у структурі правовідносин у сфері агровольтаїки займають енергетичні правовідносини. Їх виникнення зумовлено тим, що агровольтаїка передбачає не лише здійснення аграрної діяльності, а й виробництво електричної енергії з відновлюваних джерел. У межах цієї групи виникають відносини щодо будівництва та експлуатації сонячних електростанцій, приєднання до електричних мереж, виробництва, передачі, розподілу та продажу електроенергії, а також застосування механізмів державної підтримки виробників енергії з відновлюваних джерел.

Крім того, агровольтаїка породжує господарські правовідносини, що відображають підприємницький, інноваційний та інвестиційний характер відповідної діяльності. Вони можуть бути пов'язані з укладенням договорів між власниками земельних ділянок, сільськогосподарськими виробниками, інвесторами, операторами електричних мереж та іншими суб'єктами. До цієї групи належать договірні, корпоративні, інвестиційні та майнові правовідносини, а також відносини щодо фінансування агровольтаїчних проєктів, розподілу прибутку та господарського ризику.

Поряд з основними, у сфері агровольтаїки виникають і додаткові правовідносини, які хоча і не визначають сутність агровольтаїчної діяльності, однак забезпечують умови для її належного функціонування. До таких правовідносин, насамперед, слід віднести соціальні. Вони пов'язані із впливом агровольтаїки на розвиток сільських територій, підвищення рівня зайнятості

населення, створення нових робочих місць та зміцнення енергетичної самодостатності територіальних громад. Водночас агровольтаїка може сприяти покращенню соціальної інфраструктури сільської місцевості та підвищенню рівня життя населення.

Окрему групу становлять трудові правовідносини, що виникають у процесі організації праці на агровольтаїчних об'єктах. Йдеться про відносини між працівниками та роботодавцями з приводу виконання робіт із встановлення, обслуговування та експлуатації сонячних панелей, а також здійснення сільськогосподарської діяльності в умовах агровольтаїки. Особливого значення при цьому набувають питання охорони праці, техніки безпеки та професійної підготовки працівників.

Слід зазначити, що важливе місце займають також адміністративні правовідносини, пов'язані з державною реєстрацією, ліцензуванням, отриманням дозвільних документів, здійсненням державного контролю та нагляду у сфері використання земель, охорони довкілля та виробництва електроенергії. Саме через адміністративно-правові механізми забезпечується реалізація державної політики у сфері агровольтаїки та координація діяльності різних суб'єктів.

Отже, правовідносини у сфері агровольтаїки мають комплексний та міжгалузевий характер. Їх доцільно класифікувати на основні та додаткові. До основних належать земельні, аграрні, екологічні, енергетичні та господарські правовідносини, які безпосередньо повинні забезпечувати здійснення агровольтаїчної діяльності. Додатковими є соціальні, трудові, адміністративні та фінансові правовідносини, що створюють необхідні передумови для її функціонування. Запропонована класифікація може бути використана як теоретична основа для подальшого правового регулювання агровольтаїки в Україні та формування спеціального законодавства у цій сфері.

Курман Тетяна Вікторівна, докторка юридичних наук, професорка, завідувачка кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273029>

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ

Розвиток агровольтаїки як інтегрованої технологічно-інноваційної моделі поєднання сільськогосподарського виробництва та генерування відновлювальної енергії (сонячної, вітрової) на одній земельній ділянці набуває особливої актуальності в умовах загострення глобальних безпекових викликів та активізації євроінтеграційних процесів. Сучасні загрози і виклики у сфері продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки зумовлюють необхідність пошуку інноваційних рішень, здатних забезпечити їх синергетичне подолання. У цьому контексті агровольтаїка виступає ефективним інструментом досягнення цілей сталого розвитку, проголошених Резолюцією Генеральної Асамблеї ООН «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року».

Насамперед, в умовах енергетичної нестабільності й зменшення світових запасів викопних енергетичних ресурсів агровольтаїка сприяє децентралізації енергогенерації, підвищенню енергетичної автономності аграрного сектору, ефективному використанню земельних ресурсів агросфери шляхом одночасного виробництва на них сільськогосподарської продукції та електроенергії, що набуває особливої актуальності в умовах зменшення обсягів придатних до сільськогосподарського освоєння земель внаслідок кліматичних змін і триваючих воєнних дій на території нашої держави.

Водночас, агровольтаїка має значний потенціал у контексті забезпечення продовольчої безпеки. Агровольтаїчне обладнання здатне створювати мікрокліматичні умови, зменшувати негативний вплив екстремальних погодних явищ, знижувати випаровування вологи, захищати врожай від прямих сонячних променів, таким чином підвищуючи стійкість агроєкосистем. Встановлення такого обладнання на пасовищах створює сприятливі умови як для росту кормової бази, так і для відпочинку худоби у спеку, забезпечуючи затінок. Сільськогосподарські угіддя при цьому не вилучаються з аграрного виробництва, вони продовжують паралельно використовуватися для ведення тваринництва і рослинництва, що є вкрай важливим в умовах кліматичних змін і деградації природних ресурсів агросфери.

Окрім того, розвиток агровольтаїки цілком відповідає взятим Україною зобов'язанням в рамках Паризької угоди, а також стратегічним орієнтирам і цілям САП ЄС у сфері «зеленої» трансформації, декарбонізації економіки та

впровадження відновлюваних джерел енергії. Імплементація відповідних стандартів і практик, як вбачається, сприятиме гармонізації національного законодавства з *acquis communautaire*, підвищенню інвестиційної привабливості аграрного сектору та інтеграції у спільний енергетичний ринок ЄС.

До того ж, агровольтаїка здатна забезпечити мультиплікативний соціально-економічний ефект, включаючи створення нових робочих місць, розвиток сільських територій та підвищення рівня їх енергетичної незалежності. Її впровадження також сприятиме диверсифікації доходів агровиробників, що є важливим чинником підвищення їхньої економічної стійкості.

Таким чином, розвиток агровольтаїки є обґрунтованою й стратегічно доцільною відповіддю на сучасні безпекові виклики, що поєднує вирішення питань енергетичної, продовольчої та екологічної безпеки з реалізацією євроінтеграційного курсу.

Водночас визначальним для розвитку агровольтаїки в Україні має стати вдосконалення правового регулювання відносин у вказаній сфері. У зв'язку з цим нагальним завданням юридичної науки стає опрацювання ефективного правового механізму регулювання відносин у сфері впровадження і здійснення агровольтаїки як інноваційної технології, що поєднує аграрне виробництво й альтернативну енергетику на землях сільськогосподарського призначення й при цьому сприяє досягненню Глобальних цілей сталого розвитку в агросфері.

З метою стимулювання розвитку агровольтаїки в Україні доцільним є впровадження комплексного, холістичного підходу, що передбачає реалізацію таких взаємопов'язаних організаційно-правових заходів: (а) насамперед, прийняття Стратегії розвитку агровольтаїки в Україні [1] як базового програмного документа, який визначатиме стратегічні пріоритети, ключові напрями, операційний план заходів, а також джерела фінансування та інституційне забезпечення державної політики у даній сфері. В подальшому доцільним вбачається розробка спеціального Закону України «Про агровольтаїку», що визначить понятійно-категоріальний апарат, суб'єктів агровольтаїки, умови та вимоги до ведення даної діяльності, а також системне узгодження з його положеннями чинного енергетичного законодавства (Закону України «Про альтернативні джерела енергії» тощо); (б) внесення змін до земельного законодавства, передусім до Земельного кодексу України, з метою врегулювання питань цільового використання земель сільськогосподарського призначення для потреб агровольтаїки, визначення умов і вимог здійснення агровольтаїчного землекористування, заходів з охорони земель і ґрунтів як у процесі такого використання, так і після цього; (в) потребує вдосконалення агропротекційне законодавство, зокрема Закон України «Про засади державної аграрної політики та державної політики сільського розвитку» у частині запровадження механізмів державної та грантової підтримки аграрних товаровиробників, які впроваджують агровольтаїчні технології. Серед напрямів використання вказаної підтримки: фінансування придбання та монтажу агровольтаїчного обладнання, підготовки й підвищення кваліфікації кадрів, надання дорадчих послуг та ін. Водночас доцільним є внесення змін до

Податкового кодексу України щодо встановлення особливостей і пільг для аграрних товаровиробників, які здійснюють діяльність у сфері агровольтаїки; (г) важливим напрямом є подальша адаптація національного законодавства до вимог *acquis communautaire* ЄС, зокрема у сфері відновлюваної енергетики та сталого сільського розвитку. Це передбачає імплементацію європейських і міжнародних стандартів агровольтаїки, врахування прогресивного зарубіжного досвіду, а також розвиток міжнародного співробітництва у даній сфері.

Реалізація зазначених організаційно-правових заходів, як вбачається, сприятиме формуванню цілісного правового механізму розвитку агровольтаїки в Україні, підвищенню енергетичної стабільності держави, ефективності використання земельних ресурсів та забезпеченню сталого розвитку агросфери в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь в умовах сучасних глобальних безпекових викликів.

Список використаних джерел

1. Курман Т. В. Агровольтаїка як засіб забезпечення сталого розвитку агросфери: актуальні правові питання. *Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні*: зб. тез міжнар. міжгалуз. конф. (м. Київ, 8 квіт. 2025 р.) / МОН, НЮУ ім. Ярослава Мудрого та ін. Київ, 2025. С. 104-106.

Лісова Тетяна Вікторівна, доцент
кафедри земельного та аграрного права,
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого,
спеціальність 081 «Право»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273066>

АГРОВОЛЬТАЙКА: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Агровольтаїка, як нова сфера сільського господарства, набуває стрімкого розвитку у світі, адже надає можливість подвійного використання землі – для вирощування сільськогосподарських культур та одержання електроенергії, що сприяє підвищенню рівня виробництва сільськогосподарської продукції, створює умови для ефективного використання ресурсів, забезпечує оптимізацію та раціональне використання земельних ділянок. Підкреслимо, що практична цінність агровольтаїки зростає в умовах руйнування енергосистеми країни внаслідок російської збройної агресії. Водночас в Україні агровольтаїка хоча й розглядається як перспективний напрямок, розвивається повільними темпами через відсутність належного правового регулювання.

Підкреслимо, що цільове призначення земельних ділянок є одним із головних елементів їх правового режиму та впливає на те, для яких саме потреб може використовуватися та чи інша земельна ділянка. Порушення цільового призначення земельної ділянки є підставою для притягнення до юридичної відповідальності. Принцип цільового і раціонального використання земель є важливим принципом земельного права та забезпечує гарантування встановленого правового порядку у сфері використання земель.

При використанні земельних ділянок сільськогосподарського призначення необхідно дотримуватися й принципу пріоритетності використання земель для сільськогосподарського виробництва.

Так, згідно зі ст. 23 Земельного кодексу України від 25 жовтня 2001 р. № 1389 – IV землі, придатні для потреб сільського господарства (крім самозалісених земель), повинні надаватися насамперед для ведення сільського та лісового господарства, створення територій та об'єктів природно-заповідного фонду. Для будівництва промислових підприємств, об'єктів житлово-комунального господарства, залізниць і автомобільних шляхів, ліній електропередачі та електронних комунікаційних мереж, магістральних трубопроводів, а також для інших потреб, не пов'язаних з веденням сільськогосподарського виробництва, надаються переважно несільськогосподарські угіддя або сільськогосподарські угіддя гіршої якості [1].

Відповідно до чинного законодавства, встановлення сонячних електростанцій має суттєві обмеження. Розміщувати сонячні батареї на стовпах на земельних ділянках сільськогосподарського призначення без зміни їх цільового призначення та переведення до земель енергетики є можливим лише у разі, якщо вони перебувають на праві власності або користування та лише для

власних потреб. Встановлення ж сонячних станцій на сільськогосподарських угіддях з метою ведення бізнесу без зміни їх цільового призначення заборонено, що підтверджує зміст ч. 3 ст. 23 Земельного кодексу України.

Як варіант – є сенс розміщувати такі пристрої на деградованих, малопродуктивних земельних ділянках, що забезпечуватиме ефективність їх використання. Консервації підлягають, не лише малопродуктивні й деградовані землі, а й техногенно забруднені внаслідок господарської діяльності людини, що призвело до деградації земель та її негативного впливу на довкілля і здоров'я людей. Отже, розміщення джерел сонячної енергії на земельних ділянках, господарське використання яких припинилося чи обмежене на визначений термін, дозволить отримати енергію, дохід, без їх використання для ведення сільського господарства, не використовуючи при цьому родючі чорноземи, які насамперед повинні використовуватися для сільськогосподарського виробництва.

Однак це потребуватиме обов'язкового внесення змін до Земельного кодексу України та Порядку консервації земель, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 р., № 35 [2], де чітко регламентувати встановлення сонячних панелей на законсервованих земельних ділянках [3]. Водночас у вказаному нормативно-правовому акті відсутні приписи щодо тих суб'єктів, які наділені повноваженнями встановлювати сонячні панелі на таких земельних ділянках, а також порядок їх встановлення на законсервованих земельних ділянках, використання яких є економічно неефективним та екологічно небезпечним з точки зору одержання екологічно чистої продукції.

Одним із варіантів вдосконалення правового регулювання використання земельних ділянок для встановлення сонячних панелей є внесення змін до Додатку 59 до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру» від 17 жовтня 2012 р., № 1051 [4], у якому передбачити їх встановлення, зокрема, на земельних ділянках для ведення товарного сільськогосподарського виробництва, а також фермерського господарства, шляхом доповнення окремим підрозділом розділу 01 вказаного Додатку.

Підсумовуючи зазначене, слід підкреслити, що подальший розвиток агровольтаїки потребує системного підходу, головну роль у застосуванні якого має відігравати створення чіткої нормативно-правової бази, що визначатиме особливості та умови розміщення агровольтаїчних установок на землях сільськогосподарського призначення шляхом поєднання діяльності з виробництва сільськогосподарської продукції з виробництвом електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 р. № 1389 – IV.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

2. Про затвердження Порядку консервації земель: постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2022 р. № 35. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-%D0%BF#Text>

3. Лісова Т. В. Агровольтаїка як нова сфера сільського господарства: проблеми правового регулювання. Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні: зб. матер. міжнар. міжгалузевої конф. (м. Київ, 8 квітня 2025). Київ, 2025. С. 101 – 104.

4. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру: Постанова Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF#Text>.

Малєй Анастасія Миколаївна,
студентка 4 курсу, 10 групи факультету
прокуратури, Національного
юридичного університету імені
Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273107>

АГРОВОЛЬТАЇКА: ПРАВОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ

З огляду на розвиток джерел енергії як засобу задоволення глобального попиту та одночасної зміни клімату, виснаження ресурсів і зростання потреб, пошук інноваційних і стійких рішень має вирішальне значення. Інтеграція сонячної енергії в сільськогосподарську практику, представляє трансформаційний підхід, який стосується як проблем енергетичної безпеки, так і охорони земель. Таким чином, агровольтаїка та її енергетична спрямованість є одним з нових підходів до вирішення проблем і впровадження інновацій у сфері земельного та аграрного законодавства України.

Ідею агровольтаїки вперше досліджували в 1980 році, включаючи використання сонячних фотоелектричних панелей у різних сільськогосподарських галузях. У цьому контексті поєднання фотоелектричних систем та рослинництва, було запропоновано як можливість для поєднання відновлюваної енергії та виробництва продуктів харчування. Тому спочатку агровольтаїка використовувалася для сільськогосподарського ландшафту і в подальшому розширилася до таких застосувань, як тваринницькі ферми, теплиці та парки відпочинку [1, с. 55–69, 6].

Вплив агровольтаїки на контроль температури земель є критичним фактором в управлінні водними та ґрунтовими надбаннями, комфортом тварин, про що зазначає французька The Agency for the Ecological Transition (ADEME) [4], яка опублікувала керівний документ під назвою «Characterising solar PV projects on agricultural land and agrivoltaism» в липні 2021 року та «LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables» [3]. Ці документи збирають науково обґрунтовані докази ефективності систем Agri-PV, класифікують різні типи, перераховують передову практику на глобальному рівні та надають рекомендації щодо управління, розгортання та експлуатації таких систем. Запропоноване французьке визначення Agri-PV відповідно до настанови Ademe є таким (Ademe et al 2021) - сонячну фотоелектричну систему можна вважати агроелектричною, коли сонячні фотоелектричні модулі розташовані на тій самій ділянці, що й сільськогосподарське виробництво, і коли вони впливають на нього безпосередньо забезпечуючи дію, а саме: адаптацію до зміни клімату, добробут тварин та спеціальні агрономічні послуги, не викликаючи будь-якої значної деградації сільськогосподарського виробництва (як якісно, так і кількісно) або будь-якої втрати доходу ферми [2, с.16-17]. В цьому аспекті варто зазначити про подвійне використання землі (досліджує Ратгерський університет, Rutgers

University) [5], що пропонує численні рішення для сектора відновлюваної енергетики в усьому світі, за умови, що його можна впровадити без негативного впливу на сільськогосподарське виробництво. Наприклад, в Америці, округ Луїзіана, реалізація подвійного використання землі показує хороші результати у виробництві електроенергії та підтримці рівня врожайності сільськогосподарських культур, крім того, вона може бути укриттям для рослин від стихійних лих, таких як сильні дощі, урагани та град. У сухих місцях затінення, що забезпечується агровольтаїчними системами, надається можливість захисту культурних насаджень від сонячних променів та зменшення споживання води, що в свою чергу змушує шукати нові можливості та методи [6, 8].

Зазначимо, що встановлення більшої кількості сонячних панелей, адже рослини під даними системами зможуть отримати більше вологи, ніж культури, які росли у відкритому полі, завдяки зменшенню впливу прямих сонячних променів під фотоелектричними панелями, призведе до зниження денних температур та підвищення нічних температур. Крім цього, додатково було проведено моделювання створення штучної тіні для вирощування салату, що призвело до середнього загального зниження потреби рослин у воді на - 20% - даний експеримент було проведено у Франції та розроблено відносно нову модель встановлення сонячних панелей з кутом нахилу на сільськогосподарських угіддях для покращення контролю сонячних панелей та управління водними ресурсами. Також було досліджено вплив систем APV та сонячних панелей на ріст, врожайність та мікрокліматичні умови, щоб перевірити їх застосовність у сівозмінах для вирощування інших видів, зокрема, звичні для нас огірок, квасоля та тверда пшениця [6,7, с. 440–453]. Так в місті Кенії використання агровольтаїки дало змогу обробляти землі, які раніше вважалися малопридатними для сільського господарства. При цьому капуста, вирощена під сонячними панелями, виявилася приблизно на третину більшою, ніж та, що росла на контрольних ділянках ферми за однакових умов удобрення та поливу. Тим самим зробили акцент на використанні подвійної землі та врожаї [9,11].

Також, було розроблено модель для вимірювання продуктивності частково затінених культур. Тобто відбувається імітація пропускання світла через сонячні панелі до рослин. Для двох рядів панелей збільшення врожайності землі становило 60–70% від загальної врожайності [6, 12]. Відповідно, у Європі було створено модель для аналізу ефекту затінення для різних конфігурацій агровольтаїчних систем: фіксовані фотоелектричні панелі з оптимальним кутом нахилу, двосторонні вертикально встановлені та одноосьова горизонтальна система відстеження. Результати показали, що вертикальні та одноосьові системи відстеження узгоджуються з опроміненням на землі. Це дає уявлення про затінення сільськогосподарських культур на основі методу встановлення сонячних панелей [13 с. 1101–1113,]. Інше дослідження, яке провів Національний університет Чоннаму в Південній Кореї підтверджує дану тезу на посівах броколі в системі батарей. Було проведено порівняння між ростом рослин броколі, посаджених у відкритому середовищі та під панелями. У

висновку результати показали більш яскраву зелень та споживчі норми порівняно з тими, що вирощувалися у відкритому середовищі, і жодних суттєвих змін у властивостях рослин - що становило дане твердження про те, що тип кріплення сонячних панелей впливає на продуктивність культур та пропускання світла [11, 12 с. 2725–2732,]. В подальшому через успішність даних досліджень Міністерство сільського господарства, продовольства та сільських справ Південної Кореї планує запровадити закон, що встановлює правову основу для розгортання агрофотоелектрики – це була ініціатива, яку обговорив міністр Сон Мі Рюн (Song Mi-gyung) під час зустрічей з фермерами та компаніями, що працюють у сфері сонячної енергетики, спрямована на створення правової бази для цих сонячних установок аби в подальшому забезпечити продовольчу безпеку [22].

Що стосується сільськогосподарських тварин, то тут вплив спрямовується на їх випас і саме в цій сфері проводяться дослідження в Греції на базі «Агровольтаїчна програма 130 MW для фермерів» (30 MW Agrivoltaic Program For Farmers) яка набрала законної сили 04.03.2026 р. [18]- закон вимагає, щоб сонячні конструкції були розташовані на активних сільськогосподарських угіддях або інтегровані в дахи теплиць, тобто це дасть змогу створити ферму на території сонячної станції для випасу, за для того аби запобігти високому росту бур'янів [19]. Результати показали, що це сприяє зниженню пожеж та покращує добробут тварин, а саме знижує їх експлуатацію [11]. У штаті Мічиган, США, розроблено Public Act 233 of 2023 Case MPSC No. U-21547 щодо встановлення сонячних панелей [20] та на підставі чого було проведено дослідження, присвячене ідеї випасу кроликів під сонячними панелями як частини агроелектро системи - виходячи з розташування кроликів, результати показують, що спільне розміщення сонячних та кролячих ферм є можливою формою, збільшуючи загальний дохід ділянки на 2,5–24,0% понад прогнозований дохід від електроенергії, водночас виробляючи високоцінний сільськогосподарський продукт зі значно меншим впливом з боку навколишнього середовища, ніж у великої рогатої худоби [14, с. 335-342].

Додатково відбулися дослідження сонячних панелей при розбудові рекреаційних парків, адже інтеграція відновлюваних джерел енергії має допомогти у створенні стійких зелених зон. Відповідно до оновлення законодавчої бази енергетичного сектору протягом останнього кварталу 2022 року, а саме Law on the Utilization of Renewable Energy Resources for the Purpose of Generating Electrical Energy (Law No. 5346) [21], у місті Кон'ї, Туреччина, Konya Food and Agriculture University (Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi), було відкрито нові перспективні можливості для відновлюваної енергетики та накопичення енергії. Таким чином, було проведено дослідження для перевірки інтеграції фотоелектричних систем з рекреаційними парками, яке показало хороший результат у виробництві електроенергії та забезпеченні тіні для людей. Крім того, в дослідженні вивчався вплив сонячних панелей на охолоджувальну роль парків. Результати дослідження показали, що сонячні парки пропонують ефект поверхневого холодного острова, який поширюється за межі сонячного

парку. Спостерігався охолоджувальний вплив, який поширювався на 730 м від найближчого буфера на 100 м, і температура досягала 2,3 °C [17, с.1–12].

Що стосується застосування агровольтаїки та її технологій в Україні, то варто звернути увагу на дослідження, пов'язані з теплицями, а саме їх застосування, адже на разі існує великий ризик деградації та погіршення стану земель через кліматичні зміни та війну. Зокрема, приклад зі сторони Китаю та Америки, де вони створили розгалужену систему сонячних теплиць, щодо впливу на рослини та температуру в середині. Результати проведених досліджень показали, що конструкція сонячної теплиці зменшує вплив на навколишнє середовище в теплих регіонах [6]. В Аризоні в холодніший період затінення, спричинене сонячними теплицями, призводить до вищих потреб в опаленні та впливу на навколишнє середовище [15, с. 234–247]. Також в Тегерані на базі University of Tehran було проведено тематичне дослідження для прогнозування температури повітря всередині теплиці за допомогою інструменту оптимізації. Було доведено, що цільова функція є змінною і може контролюватися для пошуку оптимального варіанту щорічно або сезонно, що позитивно вплине на вирощування різних культур [16, с. 1255–1265]. Підсумовуючи вище викладене, варто звернути увагу на те, що в Україні з'явилась громадська організація «Асоціація Агровольтаїки України», яка ініціювала пілотний проєкт з технології агровольтаїки в Черкаській області - Перший дослідно-промисловий тепличний комплекс «Канів - 2» в 2024 році [10].

Таким чином, можна зробити висновок, що агровольтаїка це інноваційний метод, який потребує належного закріплення в українському законодавстві. Можна сказати, що агровольтаїчні системи широко відомі як перспективні рішення для відновлюваної енергії при використанні сільськогосподарських угідь. Тому, є необхідним забезпечити правову визначеність, яка сприятиме розвитку інноваційних форм господарювання.

Список використаних джерел

1. Goetzberger, A.; Zastrow, A. On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *Int. J. Sol. Energy* 1982, 1, 55–69.
2. Chatzipanagi, A., Taylor, N., Jaeger-Waldau, A. JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT. Overview of the Potential and Challenges for Agri-Photovoltaics in the European Union. Luxembourg: Publications of the Union, 2023. P. 16-17
3. LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. (Закон № 2023-175 від 10 березня 2023 року щодо прискорення виробництва відновлюваної енергії). URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047294244/>
4. The Agency for the Ecological Transition (ADEME). URL: <https://www.ademe.fr/en/frontpage/>
5. The Rutgers Agrivoltaics Program. New Jersey Agricultural Experiment Station Rutgers Agrivoltaics Program. URL: <https://agrivoltaics.rutgers.edu/>
6. Amro A. Zahrawi and Aly Mousaad Aly. A Review of Agrivoltaic Systems: Addressing Challenges and Enhancing Sustainability. *Windstorm Impact, Science,*

and Engineering (WISE) Research, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA. 23 September 2024. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/18/8271#Conclusions>

7. Elamri, Y.; Cheviron, B.; Lopez, J.M.; Dejean, C.; Belaud, G. Water Budget and Crop Modelling for Agrivoltaic Systems: Application to Irrigated Lettuces. *Agric. Water Manag.* 2018, 208, 440–453.

8. Axel Weselek, Andrea Ehmann, Sabine Zikeli, Iris Lewandowski, Stephan Schindele & Petra Hogen. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. Published: 19 June 2019. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-019-0581-3#Sec11>

9. Агровольтаїка в Україні – подвійний врожай сонця та землі. URL: <https://www.sig.energy/agrovoltayika-v-ukrayini-podvijnyjvrozhaj-sonczya-ta-zemli/>

10. Асоціація Агровольтаїки України. Європейський досвід агровольтаїки: що варто перейняти Україні. 20.10.2025. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/post-1233-agrivoltaicua/>

11. Агровольтаїка — як сховати рослину від спеки. 01. 09. 2024 р. URL: <https://latifundist.com/blog/read/3096-agrovoltayika-finansova-vigoda-energonezalezhnist-ta-prikladi-vikoristannya-u-krayinah-svitu>

12. Dupraz, C.; Marrou, H.; Talbot, G.; Dufour, L.; Nogier, A.; Ferard, Y. Combining Solar Photovoltaic Panels and Food Crops for Optimising Land Use: Towards New Agrivoltaic Schemes. *Renew. Energy* 2011, 36, 2725–2732.

13. Ali Khan Niazi, K.; Victoria, M. Comparative Analysis of Photovoltaic Configurations for Agrivoltaic Systems in Europe. *Prog. Photovolt. Res. Appl.* 2023, 31, 1101–1113.

14. Lytle, W.; Meyer, T.K.; Tanikella, N.G.; Burnham, L.; Engel, J.; Schelly, C.; Pearce, J.M. Conceptual Design and Rationale for a New Agrivoltaics Concept: Pasture-Raised Rabbits and Solar Farming. *J. Clean. Prod.* 2021, 282, 124–476.

15. Hollingsworth, J.A.; Ravishankar, E.; O'Connor, B.; Johnson, J.X.; DeCarolis, J.F. Environmental and Economic Impacts of Solar-Powered Integrated Greenhouses. *J. Ind. Ecol.* 2020, 24, 234–247.

16. Esmaeli, H.; Roshandel, R. Optimal Design for Solar Greenhouses Based on Climate Conditions. *Renew. Energy* 2020, 145, 1255–1265.

17. Tereci, A.; Atmaca, M. Integrating Renewable Energy Systems into Urban Furniture for Recreational Spaces: A Design Proposal for Konya Adalet Park. *Gazi Univ. J. Sci.* 2020, 33, 1–12.

18. Greece Launches 130 MW Agrivoltaic Program For Farmers. 01.03.2026. URL: <https://solarvision.org/greece-launches-130-mw-agrivoltaic-program-for-farmers/>

19. Legal framework for PV systems in Greece. URL: <https://greece-lawyer.com/photovoltaics-renewable-energies/legal-framework-for-pv-systems-in-greece/>

20. Renewable Energy and Storage Facility Siting. Michigan Public Service Commission. URL: <https://www.michigan.gov/mpsc/regulatory/facility-siting/renewable-energy-and-storage-facility-siting>

21. Law on the utilization of renewable energy resources for the purpose of generating electrical energy. Legislative. 2005. URL: <http://www.lawsturkey.com/law/law-on-utilization-of-renewable-energy-sources-for-the-purpose-of-generating-electrical-energy-5346>
22. Patrick Jowett. South Korea to introduce rules for agrivoltaics. October 24, 2025. URL: <https://www.pv-magazine.com/2025/10/24/south-korea-to-introduce-rules-for-agrivoltaics/>

Покальчук Михайло Юрійович,
к.ю.н., доц. доцент кафедри земельного
та аграрного права, Національного
юридичного університету імені
Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273127>

ПРАВОВІ ПИТАННЯ ЗДІЙСНЕННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ НА ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНКАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У реаліях сьогодення усе частіше категорія «сільськогосподарське виробництво» тісно переплітається з категорією «агровольтаїка». Причинами цього виступають постійні виклики, з якими стикається сучасне сільське господарство, а саме: зміни клімату, зростання енергетичних витрат, пов'язаний із запровадженням воєнного стану в Україні безперервний пошук альтернативних джерел енергії, гонитва за ефективним використанням земельних ресурсів.

Як відомо, під агровольтаїкою слід розуміти таку форму сталого землекористування, яка дозволяє одночасне поєднання ведення сільського господарства та генерацію електроенергії за допомогою встановлення фотоелектричних панелей або інших відновлювальних енергетичних систем без заподіяння шкоди основній функції земельної ділянки сільськогосподарського призначення. Правову основу вказаних суспільних відносин становить Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року, № 555-IV, який визначає правові, економічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії. З практичної точки зору вказана технологія подвійного використання земельних ресурсів передбачає встановлення сонячних панелей на висоті кількох метрів над землею, що дає змогу здійснювати вирощування сільськогосподарських рослин під ними, випасання худоби та забезпечення інших сільськогосподарських процесів.

Прибічники запровадження зазначеної технології у сільське господарство стверджують, що агровольтаїка сприяє раціональному використанню обмежених природних ресурсів. Технологія дозволяє отримувати два види продукції з одної ділянки землі одночасно: сільськогосподарську та енергетичну. Це особливо важливо для країн з високою щільністю населення або обмеженими земельними ресурсами. Зниження випаровування води завдяки тіні від панелей зменшує потребу в зрошенні на 15-25%, що критично важливо в умовах водного дефіциту. Система сприяє збереженню біорізноманіття, оскільки під панелями створюється середовище, сприятливе для різних видів рослин і комах. Як підсумок, можна стверджувати про зменшення викидів парникових газів в атмосферу.

Проте, варто підтримати позицію Бакай Ю.Ю., яка вказує, що незважаючи на значний потенціал агровольтаїки як інноваційної технології поєднання вирощування сільськогосподарської продукції і виробництва відновлюваної

енергії, вітчизняне законодавство наразі не забезпечує нормативного механізму подвійного цільового використання земельних ділянок, що створює суттєві бар'єри для її імплементації. Відсутність спеціального правового регулювання унеможливорює реалізацію агровольтаїчних проектів на землях сільськогосподарського призначення без порушення законодавства [2, с. 14]. Таким чином, особливої уваги потребує дослідження питання, що пов'язане з правомірністю здійснення агровольтаїки на земельних ділянках сільськогосподарського призначення.

Аналіз сучасного законодавства, зокрема ст. 19 Земельного кодексу України, дає можливість стверджувати про існування окремих категорій земель, кожна з яких має використовуватися відповідно до цільового призначення. Таким чином, ст. 76 Земельного кодексу України визначає землі енергетичної системи, як надані під електрогенеруючі об'єкти (атомні, теплові, гідроелектростанції, електростанції з використанням енергії вітру і сонця та інших джерел), під об'єкти транспортування електроенергії до користувача, крім визначених законом випадків розміщення таких об'єктів на землях іншого цільового призначення. Вищезазначене дає можливість зробити висновок, що здійснення агровольтаїки та встановлення обладнання для генерації сонячної енергії можливе на земельних ділянках відповідної категорії, відмінних від земель сільськогосподарського призначення.

Вважаємо, що проведення дослідження вказаної проблематики варто вважати не повним без аналізу економічних аспектів здійснення агровольтаїки. Очевидно, що сільськогосподарський виробник, який володіє значними площами сільськогосподарських угідь не завжди має високі показники споживання електроенергії, саме тому доцільність у широкому запровадженні агровольтаїки має поєднуватись з участю у програмі «Зелений тариф» або «Net Billing». Проте, постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), від 31 березня 2026 р. № 498 «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств» встановлено з 01 квітня 2026 «зелений тариф» для виробників електроенергії в обсязі до 30 кВт – 5,87 грн./кВт*год., та в обсязі до 150 кВт – 5,26 грн./кВт*год.[3], що значно менше, ніж було минулі роки. Тож, спостерігаємо динаміку зменшення вартості електроенергії, потенційно виробленої сонячними станціями на період до 2030 року, коли вказана програма завершиться. Таким чином, доцільність побудови великих за потужністю та площами комплексів сонячних панелей в майбутньому викликає багато питань.

Таким чином, розвиток агровольтаїки в Україні перебуває на стартовій стадії, хоча країна має всі передумови для стрімкого впровадження технології. Основними факторами, що сприяють розвитку, є великі площі сільськогосподарських угідь, висока інсоляція у південних регіонах, зростаючі енергетичні потреби аграрного сектору та необхідність адаптації до зміни клімату. Однак існують виклики, які гальмують впровадження: високі початкові інвестиції, відсутність спеціалізованих програм державної підтримки, брак досвіду та знань у фермерів про технологію, необхідність змін у законодавстві

для спрощення процедур, а також сюди варто включати частково знищену або пошкоджену традиційну генерацію електроенергії, як результат збройної агресії.

Список використаних джерел

1. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

2. Бакай Ю. Ю. Виклики та перспективи інтеграції інноваційних енерготехнологій у сільське господарство: правова регламентація. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2025. Т. 2. № 5. DOI: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.05.2.1>.

3. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств. Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), від 31 березня 2026 р. № 498

Сушкова Вікторія Валеріївна,
студентка факультету юстиції,
Національного юридичного
університету ім. Ярослава Мудрого,
спеціальність «081» Право
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273168>

КОМПАРАТИВНИЙ АНАЛІЗ ПРАВОВИХ ЗАСАД АГРОВОЛЬТАЇКИ: ФРАНЦУЗЬКА МОДЕЛЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ В УКРАЇНІ

Умови сьогодення «диктують» українському законодавцеві необхідність трансформації норм аграрного законодавства, позбавлення від закоренілих архаїзмів. Зокрема, розвиток інноваційних технологій та різноманітних форм генераторів альтернативної сонячної енергії, міжнародні зобов'язання України у сфері кліматичної політики вимагають закріплення на законодавчому рівні повноцінного інституту агровольтаїки.

Перш за все, видається необхідним підкреслити, що національне законодавство не надає можливості вітчизняним аграріям поєднувати діяльність щодо вироблення, переробки та реалізації сільськогосподарської продукції, а також генерації альтернативної енергії за допомогою фотоелектричних модулів, використовуючи для цього лише одну земельну ділянку сільськогосподарського призначення. Таке обмеження ґрунтується на спеціальному принципі земельного права, який полягає в раціональному використанні земель за їх цільовим призначенням. Правовий режим категорії земель сільськогосподарського призначення є суворо детермінованим і не допускає розміщення енергогенеруючих установок, оскільки, відповідно до нормативних приписів Земельного кодексу України, такі об'єкти можуть бути розташовані на землях промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики та оборони. Таким чином, поточна правова конструкція унеможливорює поєднання аграрного виробництва та енергетичної генерації без зміни цільового призначення земельної ділянки.

Фокусуючись на розвитку такої інституції як агровольтаїка, необхідно зважати на практику її впровадження в інших європейських країнах. Зокрема, доцільним видається звернутися до досить ефективної моделі управління земельними ресурсами в Франції.

Французький підхід побудований на системності й науковій перевірці. Держава залучила Національний інститут агрономічних досліджень та Агентство енергетичного переходу до комплексного дослідження ефектів агровольтаїчних систем у південних регіонах країни. Результати багаторічного моніторингу показують, що такі системи знижують температуру ґрунту на 2–5 °C і зменшують випаровування на 20–30 %, що особливо важливо в умовах посух.

Варто підкреслити, що на законодавчому рівні до агровольтаїчних проєктів встановлюються відповідні критерії: 1) наявність *явних вигод* від

розміщення енергоутворюючих установок на землях сільськогосподарського призначення для сільськогосподарської діяльності; 2) збереження статусу суб'єкта сільськогосподарського товаровиробника (вартість реалізованої сільськогосподарської продукції за рік не може бути нижчою від **п'яти тисяч доларів США**); 3) збереження високого рівня аграрної продуктивності, за якого показник урожайності сільськогосподарських культур на оснащений фотоелектричними модулями ділянці має становити **не менше дев'яноста відсотків від нормального рівня врожайності**; 4) дотримання відсоткового співвідношення граничних параметрів площі покриття земельної ділянки зазначеними установками, що становить **не більше сорока відсотків** для галузі рослинництва та **не більше шістдесяти відсотків** - для потреб тваринництва; 5) **просторова відповідність територіальному зонуванню**, визначеному в регіональних стратегічних документах, що регламентують розгортання об'єктів альтернативної енергетики на землях сільськогосподарського призначення; 6) **реверсійний характер** таких установок; 7) подання **звітності** щодо агротехнічних показників, економічної виправданості та технічного стану встановленої конструкції; 8) надання суб'єктом господарювання **фінансових гарантій** щодо подальшого демонтажу установки. В разі ж невідповідності агровольтаїчного проєкту зазначеним вище критеріям на суб'єкта господарювання накладаються санкції, зокрема це може бути штраф, повернення державних субсидій, демонтаж відповідної установки [1].

До того ж важливим аспектом в агровольтаїці як частини аграрної політики Франції виступають так звані контракти відновлюваної енергетики територій (CTER). Правова природа цих угод базується на тристоронньому консенсусі між державою, органами місцевого самоврядування та суб'єктами господарювання, що дозволяє інтегрувати енергетичні об'єкти в соціально-економічну структуру конкретної територіальної громади. У такій моделі пріоритет зміщується з кількісних показників виробленої електроенергії на забезпечення збалансованого просторово-ресурсного використання земельних ділянок сільських територій. При чому агровольтаїка запобігає деградації земель або їх нецільовій забудові.

Таким чином, інституціоналізація CTER перетворює встановлення фотоелектричних систем на механізм підтримки децентралізації, де частина прибутку спрямовується на розвиток місцевої інфраструктури, а технологічні рішення адаптуються під специфічні потреби локального агросектору, забезпечуючи гармонійне поєднання енергетичної незалежності з продовольчою безпекою регіону.

Аналізуючи вищенаведене, можна стверджувати, що на законодавчому рівні Франції агровольтаїка позиціонується не як автономний енергетичний напрям, а як сервісний механізм, що підпорядкований пріоритету сталого розвитку сільського господарства. Проте не скрізь вдалося знайти баланс. Іноді енергетика витісняє сільське господарство. Непоодинокими є випадки, коли власники сільськогосподарських угідь фактично втрачають статус сільськогосподарського товаровиробника, навіть у тих випадках, коли енергоутворюючі установки займають незначну площу оброблюваної земельної

ділянки – прибуток, одержаний від діяльності, пов'язаної із виробленням альтернативної сонячної енергії, значно перебільшує дохід, отриманий від провадження сільськогосподарської діяльності. До того ж необхідно зазначити, що нерідко суб'єкти аграрного права потерпають від шкоди, завданої такими установками, у разі застосування останніх у непридатних для цього земельних ділянок, де вирощуються сільськогосподарські культури непристосовані до певного рівня освітлення, вологості та температури.

Зокрема, одна із найвпливовіших французьких сільськогосподарських профспілок, іменована «Селянською конфедерацією» до розгортання агровольтаїчних проєктів ставиться дуже критично - подекуди, висловлюючи свої побоювання щодо знеособлення професії фермера. До того ж представники такої організації спростовують синергію генерації альтернативної енергії та вироблення сільськогосподарської продукції, стверджуючи, що таке явище породжує індустріалізацію земель, цільове призначення яких суто сільськогосподарське.

Отже, як справедливо вказує Ю. Бакай, українське аграрне та енергетичне законодавство потребує змін, зокрема у своїй праці науковиця пропонує викласти ст. 14 Закону України ««Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» в редакції, яка б дозволяла встановлювати енергогенеруючі установки на землях сільськогосподарського призначення без зміни їх цільового використання. До того ж, вимагають трансформації правові конструкції земельного законодавства, які станом на зараз виключають можливість впровадження зазначених вище технологічних інновацій до процесу сільськогосподарської діяльності [2].

Разом з тим, пропонується внести певні зміни до документів стратегічного значення, впровадивши інститут агровольтаїки як провідну ціль у сфері енергетики, сільського господарства та екологічної політики. До того ж, як зазначає Т. Курман, необхідним видається державне стимулювання створення агровольтаїчних проєктів аграріями, зокрема, йдеться про систему державних субсидій, встановлення підвищених «зелених тарифів» для суб'єктів господарювання, що впроваджують такі технології при здійсненні сільськогосподарської діяльності [3; с. 105].

На мою думку, необхідно зважати на критерії, вироблені французьким законодавцем, задля досягнення максимальної ефективності від таких проєктів. Зокрема, встановлення граничних відсотків щодо площі покриття земель сільськогосподарського призначення енергогенеруючими установками, збереження статусу агровиробника паралельно із виробленням альтернативної енергії, виявлення явних вигод для сільськогосподарської діяльності від введення таких установок тощо.

До того ж синтезуючи наведений досвід Франції вважаю за необхідне виділення бюджетних коштів задля дослідження впливу енергоустановок на певний вид сільськогосподарської продукції в певних регіонах України, і як результат виділення спеціальних зон, де було б дозволено здійснення такої діяльності. Також вважається доцільним запровадити контракти по типу

французького відповідника CTER задля балансування між приватною вигодою та суспільним інтересом.

Науковий керівник: Бакай Ю.Ю., доцентка, к.ю.н., доцентка кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого

Список використаних джерел

1. Loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables : loi de la République française du 10 mars 2023. *Journal officiel de la République française*. 2023. № 0059. URL: <https://www.vie-publique.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000046329719>

(date of access: 05.04.2026).

2. Бакай Ю. Виклики та перспективи інтеграції інноваційних енерготехнологій у сільське господарство: правова регламентація. *Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство»*. Випуск № 05, 2025, частина 2. URL: <https://journal-app.uzhnu.edu.ua/article/view/342191/330077> (дата звернення: 05.04.2026).

3. Т Курман, 'Агровольтаїка як засіб забезпечення сталого розвитку агросфери: актуальні правові питання', Стратегія розвитку агровольтаїки: стан, виклики та кроки впровадження в Україні: міжнародна міжгалузева конференція (Київ, 8 квітня 2025 р.) (МОН 2025) 103–105.

ЗАКРІПЛЕННЯ НОРМ І ОБМЕЖЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВИХ ПРАВ НА ЗЕМЛЮ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ УСТАНОВОК ЯК УМОВА ПРЕВЕНЦІЇ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ДЛЯ ҐРУНТІВ

Забезпечення раціонального використання та охорони земель є одним із основних принципів земельного права, що закріплено у ст. 5 Земельного кодексу України.

У контексті впровадження новітніх практик землекористування, практичне їхнє використання здебільшого випереджає наукові дослідження наслідків їхнього застосування, а наявні науково-обґрунтовані поради із мінімізації негативних наслідків для ґрунтів переважно сприймаються скептично без законодавчих обмежень. Такий перебіг подій має довгострокові негативні наслідки для родючості ґрунтів, що безумовно впливає на сталий розвиток і на продовольчу безпеку загалом.

Відповідно неможливо не підтримати висновки Т. В. Курман, яка пропонує авторське визначення засад правового забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського виробництва: це стабільний, незворотний процес прогресивних цілеспрямованих змін на підставі досягнень науки й техніки в агросфері при веденні сільськогосподарського виробництва у спосіб, що забезпечує успішне її функціонування в інтересах як нинішнього, так і майбутнього покоління [1].

Тому важливо наголосити на тому, що досягнення науки і техніки повинні безумовно йти пліч-о-пліч із тим, що способи їхнього функціонування мають бути як ефективними в моменті, так і не шкодити інтересам сільськогосподарського виробництва в майбутньому.

Особливо небезпечними негативні тенденції здаються в сукупності із вже наявними проблемами щодо стану ґрунтів України, серед яких науковиця Т. В. Лісова виділяє наступні: підтоплення, заболочування, крайній ступінь деградації земель – опустелювання, забруднення земель радіонуклідами, важкими металами, іншими токсикантами, підкислення ґрунтів, водної ерозії, засолення й осолонцювання, масштабна руйнація ґрунтового покриву, поглиблення негативних процесів щодо стану земель, спричинене воєнною агресією російської федерації в Україні [2].

Таким чином, висновки наукової спільноти з приводу стану вітчизняного законодавства у сфері охорони земель, а також очевидні прогалини в нормативному регулюванні новітніх агротехнологій, на жаль, свідчать про те, що останні не те, що не вирішують вже наявні проблеми, а навпаки – можуть поглиблювати їх.

Як зазначає Асоціація агровольтаїки України, агровольтаїка – це форма сталого землекористування, яка дозволяє здійснювати одночасне ведення сільського господарства та виробництво електроенергії з встановлення фотоелектричних панелей або інших відновлюваних енергетичних систем без втрати основної функції земель як сільськогосподарських.

Як бачимо, агровольтаїка має позитивну мету її впровадження, що підтверджується досвідом світових держав, насамперед, країн ЄС (Німеччина, Італія, Франція тощо), США, Японії, Китаю, Австралії, Ізраїлю та інших. І, на відміну від України, розвиток агровольтаїки в інших країнах тісно пов'язаний із більш-менш чітким законодавчим регулюванням, яке намагається стримувати виважений баланс між розвитком технологій та мінімізацією потенційної шкоди.

Як зазначають хорватські науковці Колега, Здриліч, Кос, Зоріца та інші, агровольтаїчні установки хоча й можуть забезпечити мікрокліматичні переваги та підвищити ефективність використання води за певних умов навколишнього середовища, ці переваги часто співіснують із суттєвими компромісами. У великомасштабних системах, що перевищують кілька гектарів, накопичення тепла поверхнями панелей може сприяти локалізованому накопиченню тепла, аналогічно ефекту мікро міського теплового острова. Панелі можуть порушувати природний потік вітру та перерозподіл опадів, що призводить до неоднорідних структур вологості ґрунту. Сток має тенденцію накопичуватися на краях панелей, викликаючи локальне заболочення, тоді як більш віддалені ділянки стають порівняно сухішими. Така неоднорідність може погіршити структуру ґрунту, сприяти ущільненню та посилити вимивання поживних речовин, що зрештою обмежує розвиток коренів та довгострокову родючість ґрунту [3].

Сучасна нормативна база України не поспішає унормовувати агровольтаїчну діяльність, і навіть більше – попередньо потребує вдосконалення вже наявної законодавчої бази для повноцінного захисту раціонального використання і охорони земель при застосуванні агровольтаїчних установок.

Одним із основних джерел виробки електроенергії в агровольтаїчних системах є сонячні електростанції (сукупність панелей, інверторів, кріплень та акумуляторів). На жаль, Закон України «Про альтернативні джерела енергії», хоч і передбачає, що існують системи, що генерують електроенергію із сонячного випромінювання, проте визначення їх не надає, на відміну від інших об'єктів альтернативної енергетики, наприклад, вітрових електростанцій, малих, міні-, мікрогідроелектростанцій.

Основним елементом сонячних електростанцій є сонячні панелі, що мають, або встановлюються на відповідні рухомі, чи нерухомі опори і конструкції, тому самі по собі ґрунтовий покрив не займають, а переважно взаємодіють виключно опосередковано. У свою чергу, опори, на яких встановлюються сонячні панелі, якщо вони не мають фундаменту, шкоди для земель або не становлять, або вона є мінімальною.

Таким чином обов'язковою передумовою є чітке закріплення усіх елементів сонячних електростанцій як єдиного комплексу, що уможлиблює їхню цілісню, а не фрагментарну правову регламентацію.

Також важливим є чітко закріплене поширення режиму земельного законодавства на увесь простір сонячної електростанції, а не тільки на ту частину, де вона прямо контактує із її поверхневим шаром.

Сучасне земельне законодавство має суттєві недоліки із визначенням меж його поширення. Об'єктами земельних відносин є землі в межах території України, земельні ділянки та права на них, у тому числі на земельні частки (паї).

Так, ст.1 Закону України «Про охорону земель» встановлює, що земля – поверхня суші з ґрунтами, корисними копалинами та іншими природними елементами, що органічно поєднані та функціонують разом з нею. Земельна ділянка відповідно до Земельного кодексу – це частина земної поверхні з установленними межами, певним місцем розташування, з визначеними щодо неї правами. Право власності на земельну ділянку поширюється в її межах на поверхневий (ґрунтовий) шар, а також на водні об'єкти, ліси і багаторічні насадження, які на ній знаходяться, якщо інше не встановлено законом та не порушує прав інших осіб. Право власності на земельну ділянку розповсюджується на простір, що знаходиться над та під поверхнею ділянки на висоту і на глибину, необхідні для зведення житлових, виробничих та інших будівель і споруд.

Контroversійним є те, що простір над поверхнею земель регламентується тільки в межах права власності на земельні ділянки і тільки в межах зведення будівель і споруд, а в усіх інших випадках, законодавець сприймає земельні ресурси переважно як двовимірний об'єкт за виключенням тільки природних елементів на них.

Але агроvoltaїчні установки, а саме сонячні панелі, як їх основна складова, несуть потенційні негативні наслідки не через те, що вони займають площу земельної ділянки, а навпаки – це є перевагою, що земельна ділянка може виконувати подвійне призначення: продовжувати виконувати функції як землі сільськогосподарського призначення (виращування рослин, кущів і навіть дерев, випас худоби тощо) і водночас, використовуючи простір над землею, щоб виробляти енергію. Проте похідний вплив фотовольтаїчних установок все ще наявний для земель, як вже було зазначено, навіть коли вони знаходяться в повітряному просторі над землею.

Як вказано у ст.1 Закону України «Про охорону земель», охорона земель – система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення для несільськогосподарських потреб, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення.

З огляду на це, законодавство України вже зазначає одним із векторів охорони земель захист від шкідливого антропогенного впливу, під який і мають підпадати негативні фактори агровольтаїчної діяльності. Водночас, ефективна охорона земель в такому випадку ускладнюється, адже земля і поверхність над нею знаходяться в різних режимах правового регулювання.

У справі №447/1854/18 сусідній землевласник на межі присадибних ділянок зі сторони присадибної ділянки іншої особи без її згоди встановила металеві опори панелей сонячних батарей, що виступають над її приватизованою присадибною земельною ділянкою та спричиняють затінення значної частини земельної ділянки. Верховний Суд у своїй постанові щодо цих фактичних обставин застосовує практику ВС від 18 вересня 2018 року в справі № 910/32643/15 щодо поширення права власності на земельну ділянку на простір, що знаходиться над та під поверхнею ділянки на висоту і на глибину, необхідні для зведення житлових, виробничих та інших будівель і споруд [4].

Отже, сонячна панель, що навіть не дотична до іншої земельної ділянки прямо, а знаходиться в повітрі над нею, що створює зокрема затінення, є такою, на яку поширюється просторова власність земельної ділянки, в просторі якої вона знаходиться.

Просторова компонента простежується також у змісті ст. 105 Земельного кодексу, а саме у випадку проникнення коренів і гілок дерев з однієї земельної ділянки на іншу власники та землекористувачі земельних ділянок мають право відрізати корені дерев і кущів, які проникають із сусідньої земельної ділянки, якщо таке проникнення є перепорою у використанні земельної ділянки за цільовим призначенням.

Проте як законодавчі приписи, так і практика Верховного Суду, не йдуть далі, ніж захист прав землекористувачів. Таке правове поле захищає землевласника від протиправного впливу інших осіб, проте не захищає землю в разі наявного негативного не безпосереднього антропогенного впливу, а такого, що здійснюється у просторі над земельною ділянкою.

Таким чином, можна зробити висновок, що охорона земель як двовимірного об'єкту є недостатньою для повноцінного виконання легальної мети, а отже потребує внесення змін до нормативних актів щодо розгляду земель разом із просторовою компонентою.

Такі зміни в подальшому уможливляють регулювання вимог до висоти, кутів нахилу сонячних панелей та інших змінних як заходів для охорони земель, застосування негативних наслідків до порушників, що вже наявно в інших країнах. У Японії панелі повинні бути встановлені на висоті щонайменше 2 м (6,6 футів). Німеччина окреслює два сценарії для агровольтаїки – один, де панелі встановлюються на висоті щонайменше 2,1 м (6,9 футів) (категорія I), та інший, де панелі встановлюються на висоті менше 2,1 м (6,9 футів) (категорія II). Для Категорії I культури можна садити скрізь, крім місць, де стелажні системи входять у землю. Для Категорії II залишається варіант садити культури лише між рядами панелей. В одному із провідних Штатів (і загалом країн у світі), штаті Массачусетс, агрофотоелектричний об'єкт повинен відповідати суворим вимогам до проєктування, включаючи мінімальну висоту панелі 10

футів (3,0 м) (виміряну в горизонтальному положенні) для горизонтального одноосьового відстеження (HSAT) та мінімальну висоту панелі 8 футів (2,4 м) для систем з фіксованим нахилом, максимальну номінальну потужність змінного струму 5 МВт та не більше 50% затінення в будь-якому заданому місці в межах сонячного майданчика порівняно з базовими польовими умовами [5].

Отже, сучасне земельне законодавство України переважно розглядає земельну ділянку як площинний об'єкт, тоді як новітні технології землекористування, зокрема агровольтаїка, фактично використовують простір над землею та можуть здійснювати опосередкований вплив на стан ґрунтів. За відсутності належного правового регулювання та встановлення чітких параметрів розміщення агровольтаїчних установок їх застосування може створювати ризики для родючості та продуктивності земель. У зв'язку з цим виникає потреба у вдосконаленні законодавства шляхом закріплення просторової компоненти використання земельних ділянок і встановлення відповідних обмежень щодо параметрів розміщення агровольтаїчних систем як одного із механізмів забезпечення раціонального використання та охорони земель.

Науковий керівник: Т. В. Лісова, д.ю.н., проф., доцентка кафедри земельного та аграрного права Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого.

Список використаних джерел

1. Курман Т.В. Теоретико-методологічні засади правового забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського виробництва: автореф. дис. ... докт. юрид. наук: 12.00.06 / Нац. юрид. ун-т ім. Я. Мудрого. Харків, 2019. 40 с.
2. Лісова Т. В. Актуальні питання правового забезпечення охорони та відновлення земель в умовах глобальних викликів. *Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство»*. 2025. Т. 2, № 5. С. 66–74. URL: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.05.2.9>
3. Agrivoltaics Revisited: Critical Insights into Shading-Induced Microclimate Change, Yield and Quality, Biodiversity Shifts and Socio-Economic Limitations / Š. Kolega et al. *AgriEngineering*. 2026. Vol. 8, no. 2. P. 69. URL: <https://doi.org/10.3390/agriengineering8020069>
4. Постанова Верховного Суду у складі колегії суддів Другої судової палати Касаційного цивільного суду від 22.09.2021 у справі № 447/1854/18. URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/100000156>.
5. Rethinking agrivoltaic incentive programs: A science-based approach to encourage practical design solutions / H. J. Williams et al. *Applied Energy*. 2025. Vol. 377. P. 124272. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124272>

Чала Аліна Сергіївна, студентка 4
курсу 16 групи факультету прокуратури
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273276>

ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ ТА ЄС: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Сучасні виклики у сфері енергетики та сільського господарства змушують знаходити нові моделі використання природних ресурсів. Однією з таких моделей є агровольтаїка, що поєднує виробництво сільськогосподарської продукції та генерацію сонячної енергії на одній земельній ділянці [1, с. 31]. По суті агровольтаїка передбачає розміщення сонячних панелей над сільськогосподарськими культурами або таким чином, щоб земля могла використовуватися одночасно і для вирощування рослин, і для виробництва електроенергії.

Поняття агровольтаїки активно досліджується у науковій літературі. Зокрема, французький дослідник Крістіан Дюпраз зазначає, що агровольтаїчні системи дозволяють поєднати виробництво продовольства та електроенергії на одній земельній площі, підвищуючи ефективність використання землі [2, с. 20-21]. Дійсно, в сучасних умовах земля стає все більш цінним ресурсом, а можливість її подвійного використання дозволяє вирішити одразу кілька економічних та екологічних проблем.

Важливість розвитку поновлюваної енергетики неодноразово наголошувалося і на міжнародному рівні. Так, у підсумковому документі Конференції ООН зі сталого розвитку The Future We Want (Pio+20) зазначалося, що енергетика відіграє ключову роль у подоланні бідності, економічному розвитку та покращенні якості життя людей [3, с. 58]. Також у міжнародних документах зазначається, що стійка енергетика має враховувати економічні, соціальні та екологічні аспекти суспільства [4, с. 76].

За даними Ember, у 2024 році сонячна енергетика забезпечила 11% електроенергії в ЄС та вперше випередила вугілля; разом вітрове та сонячне покоління дали 29% електроенергії Союзу, тоді як газ забезпечив 15,7%, а атомна енергетика – 23,7% [5]. У цьому контексті агровольтаїка набуває особливого значення, оскільки дозволяє розвивати сонячну генерацію без прямого витіснення аграрного виробництва.

Актуальність цієї теми для України є особливо очевидною. Сьогодні країна переживає складний період енергетичних викликів, пов'язаних із пошкодженням енергетичної інфраструктури, зростанням вартості енергоносіїв та необхідністю швидкого розвитку відновлюваних джерел енергії. На мій погляд, в таких умовах агровольтаїка може стати перспективним напрямом, який дозволить поєднати розвиток енергетики із модернізацією аграрного сектору.

Сьогодні правова база, яка могла б чітко врегулювати поєднання сільськогосподарського виробництва та генерації сонячної енергії на одній земельній ділянці, лише формується [6, с. 110]. На мій погляд, саме ця обставина значною мірою стримує поширення агровольтаїчних проєктів в Україні, адже інвестори та аграрії потребують зрозумілих правил використання землі.

Загальні положення щодо використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки закріплені у Конституції України. Так, згідно зі статтею 13 Конституції України, земля та інші природні ресурси є об'єктами права власності Українського народу, а держава забезпечує їхнє раціональне використання.

Одним із ключових нормативно-правових актів, що визначають порядок використання земель, є Земельний кодекс України. Відповідно до статті 22 ЗКУ, землі сільськогосподарського призначення використовуються передусім для ведення сільського господарства. У цьому полягає одна з основних правових проблем агровольтаїки: розміщення сонячних електростанцій на таких землях може розглядатись як використання земель не за цільовим призначенням [1, с. 32]. На мою думку, саме тому в Україні досі немає масового впровадження агровольтаїчних систем, адже діюче земельне законодавство не передбачає чітких механізмів поєднання аграрного виробництва та генерації електроенергії.

У той самий час розвиток відновлюваної енергетики регулюється низкою спеціальних законів. Зокрема, Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року № 555-IV визначає правові та економічні засади використання енергії, отриманої із відновлюваних джерел. У статті 15 Закону зазначено, що Україна бере участь у міжнародному співробітництві у сфері виробництва та використання енергії з альтернативних джерел відповідно до законодавства України та міжнародних договорів.

Європейський Союз сьогодні є одним із лідерів у розвитку відновлюваної енергетики і саме в цьому контексті активно формується правове регулювання агровольтаїки [10, с. 80]. Загальну основу розвитку таких технологій створює Європейський зелений курс (European Green Deal), що передбачає поступовий перехід до клімато-нейтральній економіці [11]. Важливу роль також відіграє Директива ЄС з відновлюваних джерел енергії (Renewable Energy Directive – RED II та RED III), яка визначає мету збільшення частки енергії з відновлюваних джерел та підтримує розвиток нових енергетичних технологій [12].

Однією із країн, де агровольтаїка отримала законодавче закріплення, Німеччина. Відповідні положення містяться у Законі про відновлювані джерела енергії (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG), який передбачає підтримку фотоелектричних установок, у тому числі розміщених на сільських землях [13]. У рамках цього закону держава запровадила фінансові стимули та спеціальні премії для виробників електроенергії щодо таких установок.

У Франції агровольтаїка законодавчо було визначено у 2023 році у рамках закону про прискорення розвитку відновлюваної енергетики. Закон встановлює, що розміщення сонячних панелей на сільських землях допускається лише за

збереження аграрного виробництва як основного виду діяльності [14]. Крім того, передбачено обмеження щільності розміщення панелей та обов'язкове підтвердження користі для аграрного виробництва.

Важливі кроки зробила і Італія, де 2020 року розпочато ініціативу «Agrivoltaico Sostenibile», спрямовану на розробку технічних стандартів для агровольтаїчних систем. Згодом законодавство країни обмежило будівництво традиційних сонячних електростанцій на родючих землях, залишивши можливість їхнього використання саме для агровольтаїчних проєктів. Такі положення містяться, зокрема, у Legislative Decree No. 199/2021 [15].

На мій погляд, досвід цих країн демонструє, що розвиток агровольтаїки можливий лише за наявності чіткої законодавчої бази, державної підтримки та спеціальних правил використання земель.

Незважаючи на значний потенціал агровольтаїки, в Україні ця технологія поки що перебуває на початковому етапі розвитку. На мою думку, основною причиною цього є поєднання кількох факторів: відсутність спеціального законодавства, економічні труднощі та недостатня державна підтримка. Насамперед слід звернути увагу на правову проблему. У чинному законодавстві України відсутні норми, що прямо дозволяють поєднання сільськогосподарського виробництва та розміщення сонячних електростанцій на одній земельній ділянці [16].

Іншою проблемою є висока вартість впровадження агровольтаїчних систем. Такі установки вимагають спеціальних конструкцій і складнішого монтажу, ніж звичайні сонячні електростанції, що збільшує інвестиційні витрати. Водночас, в Україні поки що відсутні грантові програми чи пільгові кредити для таких проєктів, тому основний фінансовий тягар покладається на бізнес [17].

На мою думку, особливого значення розвиток агровольтаїки набуває в умовах війни, коли енергетична система країни зазнає значних руйнувань. Саме такі технології сприяють створенню децентралізованих джерел енергії та підвищенню енергетичної незалежності аграрних господарств.

Судова практика у сфері агровольтаїки в Україні поки що лише формується, однак існують судові рішення щодо використання земельних ділянок для розміщення сонячних електростанцій. Так, у справі № 133/3053/19 від 29 січня 2020 року Верховний Суд розглядав спір щодо використання земельної ділянки для будівництва сонячної електростанції та наголосив на необхідності дотримання цільового призначення земельної ділянки відповідно до вимог земельного законодавства.

Незважаючи на існуючі труднощі, перспективи розвитку агровольтаїки в Україні є досить значними. Її впровадження може сприяти більш ефективному використанню земель, розвитку відновлюваної енергетики та підтримці сільських територій. На мою думку, для цього необхідно вдосконалити законодавство, запровадити державні програми підтримки та активно використати досвід країн Європейського Союзу.

Отже, проведене дослідження свідчить, що агровольтаїка є перспективним напрямом у поєднанні розвитку поновлюваної енергетики та

ефективного використання сільськогосподарських земель. Незважаючи на значний потенціал, в Україні ця технологія поки що перебуває на етапі становлення через відсутність спеціального правового регулювання, фінансових механізмів підтримки та чітких правил використання земель для таких проєктів [15]. На мій погляд, перспективи розвитку агровольтаїки пов'язані насамперед із удосконаленням законодавчої бази, запровадженням державних програм підтримки, залученням інвестицій та використанням досвіду країн Європейського Союзу. У сучасних умовах, особливо з урахуванням енергетичних викликів, спричинених війною, розвиток агровольтаїки може стати важливим кроком до підвищення енергетичної незалежності України та сталого розвитку сільських територій.

Список використаних джерел

1. Halchak V.P., Boyarchuk V., Syrotiuk V., Syrotyuk S., 2019, Parameters of direct solar energy flux in clear sky taken into account of atmosphere transparency, Scientific and Applied Journal Vidnovluvana energetika, 2 (57), DOI: 10.36296/1819- 8058.2019.2(57), p. 30-33.
2. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. Renewable Energy. 2011. Vol. 36, №10. DOI: 10.1016/j.renene.2011.03.005., p. 20-21.
3. UN Conference on Sustainable Development the Future We Want (Rio+20), 2012, p. 58. URL: https://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf
4. Trommsdorff M., Weselek A., Bauerle A. et al. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. Freiburg: Fraunhofer ISE, 2022, p. 76.
5. European Electricity Review 2025. Ember, 2025. URL: https://emberenergy.org/app/uploads/2025/01/EER_2025_22012025.pdf
6. Червінський Л. С. Агровольтаїка – інноваційний підхід до ведення сільського господарства. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6 листопада 2024 р., ДБТУ, 2024. С. 110.
7. Sekiyama T., Nagashima A. Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production. Environments. 2019. Vol. 6(6). P. 80.
8. The European Green Deal: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
9. Renewable Energy Directive: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
10. EEG, 2023: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/
11. ADEME. L'Agrivoltaïsme: État des lieux et perspectives. Paris: Agence de la Transition Écologique, 2022. 122 p.
12. Decreto Legislativo n. 199/2021. Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Roma: Gazzetta Ufficiale, 2021.

13. Асоціація Агровольтаїки України. URL: <https://agrivoltaic.org.ua/>
14. Ecotech Ukraine. URL: <https://www.ecotech.ua/agrovoltayika/>
15. Агровольтаїка в Україні: як отримувати врожай та енергію з однієї землі. URL: <https://sanlarix.com.ua/agrovoltayika-v-ukrayini/>

Шарапова Світлана Володимирівна,
кандидатка юридичних наук, доцентка
кафедри земельного та аграрного права
Національного юридичного
університету імені Ярослава Мудрого,
провідний науковий співробітник НДІ
правового забезпечення інноваційного
розвитку НАПрН України
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273340>

ПРАВОВІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ АГРОВОЛЬТАЇКИ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

Повномасштабна війна призвела до суттєвих руйнувань об'єктів енергетичної інфраструктури України, що поставило перед державою завдання не лише їх відновлення, а й глибокої модернізації всієї енергетичної системи. У цих реаліях виникає гостра потреба у переорієнтації існуючої енергосистеми на більш стійку, гнучку та безпечну модель, яка здатна ефективно функціонувати навіть за умов підвищених ризиків.

Дедалі більшого значення, як один із напрямів формування нової сучасної енергетичної системи країни, набуває розвиток відновлюваних джерел енергії. Використання яких, в першу чергу, сприяє зменшенню залежності від традиційних енергоресурсів, а також підвищенню рівня енергетичної незалежності держави.

Загальноприйнятою класифікацією відновлюваних джерел енергії є класифікація ООН та Міжнародної енергетичної агенції, які виокремлюють такі їх види: сонячна й вітрова енергія; геотермальна енергія; енергія падаючої води, включаючи ГЕС, потужністю меншою за 1 Мвт; енергія від використання торфу, біомаси, включаючи відходи сільського, лісового, промислового й комунального сектору; хвильова енергія, включаючи енергію течій, припливів і відливів, а також енергія температурних перепадів океану; енергія залишкового тепла землі (низько потенціальна енергія) [1, с. 66].

Вперше на законодавчому рівні в Україні визначення поняття «нетрадиційні та поновлювані джерела енергії» було закріплено у Законі України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 року (втратив чинність). Так, відповідно до зазначеного Закону нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії розглядалися як джерела, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси.

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року № 555-IV альтернативні джерела енергії визначаються як відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу

каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [2].

Порівняння наведених законодавчих визначень демонструє поступовий розвиток підходів до розуміння відновлюваних (альтернативних) джерел енергії в національному законодавстві.

Позитивним моментом є те, що сучасне законодавство формує більш системний підхід до класифікації альтернативних джерел енергії, охоплюючи як природні відновлювані ресурси, так і вторинні енергетичні джерела. Отже, така трансформація законодавства в галузі регулювання використання альтернативних джерел енергії вказує на поступову адаптацію енергетичної політики України до сучасних технологічних можливостей. Досвід впровадження та розвитку відновлюваних джерел енергії на сьогодні у світі достатньо широко використовується. Багато країни Європи розвивають та доволі успішно використовують сонячну, вітрову та інші види відновлюваної енергії, при цьому розглядають їх як один із пріоритетних напрямів своєї енергетичної політики. Як приклад, агровольтаїка, що виступає ефективним інструментом реалізації зазначеного напрямку, оскільки поєднує сільськогосподарське виробництво з генерацією електроенергії на основі сонячних технологій. Виробництво електроенергії таким способом дозволяє частково (іноді повністю) покривати енергетичні потреби фермерських господарств або інших сільськогосподарських суб'єктів.

Таким чином, агровольтаїка гармонійно інтегрується в енергетичну трансформацію України, забезпечуючи поєднання використання земельних ділянок для ведення сільського господарства із розвитком відновлюваних джерел енергії.

Хоча ця технологія (агровольтаїка) має великий потенціал, її розвиток лише починається, і для її широкого використання ще потрібно подолати кілька перешкод. Це стосується як технічних і правових аспектів, так і потреби в значних інвестиціях. Однак, враховуючи сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики та аграрного сектору в Україні, агровольтаїка має потенціал для подальшого розширення в майбутньому.

Україна є одним із провідних виробників сільськогосподарської продукції в Європі, і використання частини земель сільськогосподарського призначення для встановлення сонячних панелей може стати вигідним як з екологічного, так і з економічного погляду. Однак, незважаючи на численні переваги, агровольтаїка в Україні стикається з низкою викликів. Одним з яких виступає відсутність чіткої правової бази, що враховуватиме, в першу чергу, особливості використання земель сільськогосподарського призначення під сонячні панелі [3, с. 123-124].

Відповідно до ч. 1 ст. 22 Земельного кодексу України землями сільськогосподарського призначення визнаються землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури, у тому числі інфраструктури оптових ринків

сільськогосподарської продукції, або призначені для цих цілей. Отже, цільове використання земель сільськогосподарського призначення чітко визначено законодавством і має вичерпний характер. Відповідно до ч.1 ст. 76 Земельного кодексу України землями енергетичної системи визнаються землі, надані під електрогенеруючі об'єкти (атомні, теплові, гідроелектростанції, електростанції з використанням енергії вітру і сонця та інших джерел), під об'єкти транспортування електроенергії до користувача, крім визначених законом випадків розміщення таких об'єктів на землях іншого цільового призначення.

Виходячи зі змісту зазначених норм, встановлення та розміщення енергетичних об'єктів на землях сільськогосподарського призначення законодавством не передбачено. Таким чином, розміщення сонячних панелей, зокрема в межах реалізації агровольтаїчних проєктів, прямо не передбачено серед допустимих видів використання сільськогосподарських земель. Відтак, розміщення сонячних установок на таких землях може розцінюватися як відхилення від їх цільового використання, що створює правові ризики та стримує розвиток агровольтаїки в Україні.

Проте слушною є думка, що впровадження агровольтаїки може значно сприяти розвитку сільського господарства України, піднести його на новий рівень і забезпечити економічні вигоди та стабільність врожаю [4, с. 44]. Саме тому актуальним і перспективним напрямом розвитку вітчизняного законодавства у сфері використання сонячної енергії може стати впровадження таких нормативно-правових умов, за яких екологічно-безпечно поєднання аграрних та енергетичних видів діяльності на землях сільськогосподарського призначення буде легальним [5, с. 83].

Попри всі переваги, використання відновлюваних джерел енергії супроводжується й певними екологічними ризиками. Приміром, вітрові електростанції можуть становити загрозу для популяції птахів, належного екологічного контролю потребує виробництво та утилізація сонячних панелей тощо.

Отже, у земельному законодавстві має бути чітко визначено, за яких умов земельні ділянки сільськогосподарського призначення можна використовувати під відповідні проєкти, чи потрібно змінювати цільове призначення земель або вид використання в межах відповідної категорії тощо. Правове регулювання агровольтаїки в Україні вимагає системного та міжгалузевого підходу, що охоплює норми земельного, енергетичного й екологічного законодавства та має бути спрямоване на стимулювання розвитку цієї технології. Такий підхід покликаний забезпечити ефективне поєднання сільськогосподарського виробництва з використанням відновлювальних джерел енергії.

Список використаних джерел

1. Редько С.М. Відновлювальна енергетика: особливості розвитку в світі. Collection of Scientific Papers «SCIENTIA» (July 18, 2025; San Francisco, USA). С. 74–81. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/2966>

2. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лютого 2003 року № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення 15.03.2026).

3. Шарапова С. В. Агровольтаїка в сучасних умовах правового регулювання. Міжнародна міжгалузева конференція «Стратегія розвитку агровольтаїки: стан виклики та кроки впровадження в Україні». 8 квітня 2025 року. м. Київ. С. 122-124.

4. Павлига А. В. Щодо використання агровольтаїки в Україні: проблематика питання. Верховенство права у процесі державотворення та захисту прав людини в Україні: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 12-13 лютого 2021 року). Одеса: ГО «Причорноморська фундація права», 2021. С. 44 – 45.

5. Павлига А. В. Правове регулювання використання альтернативних джерел енергії в Україні: дис. ... доктора філософії. Одеса, 2023. 231с.

7. ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ, ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА ТА РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЙ

Дульській Іон, доктор історії, доцент,
Державний університет Молдови
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273517>

РЕФОРМА МІСЦЕВОГО ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ В РЕСПУБЛІЦІ МОЛДОВА: ВІД ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ФРАГМЕНТАЦІЇ ДО ІНСТИТУЦІЙНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТА ФІНАНСОВОЇ АВТОНОМІЇ

Сучасний дискурс щодо державного управління в Республіці Молдова перебуває на переломному етапі, переходячи від парадигми «адміністративного виживання» до парадигми сталого розвитку. У цій статті аналізується нагальна потреба в реформі місцевого державного управління (МДУ), стверджуючи, що нинішні недоліки в наданні державних послуг не є наслідком дефіциту політичної чи управлінської волі на місцевому рівні, а є симптомами глибокого структурного обмеження. Досліджуючи емпіричні дані, засновані на «Концепції реформування МДУ 2026 року», стаття деконструє вразливості чинної системи, що характеризується надмірною територіальною фрагментацією, прискореним демографічним спадом та ілюзорною фінансовою автономією, та оцінює вплив консолідаційних заходів, запропонованих урядом Республіки Молдова.

Поточна адміністративна архітектура Республіки Молдова є однією з найбільш фрагментованих у Європі, із середньою кількістю лише 2708 мешканців на один місцевий орган влади першого рівня, що значно нижче за середній показник по Європі – 4685. Ця реальність призводить до переважання замалих мерських посад: із загальної кількості 892 місцевих органів влади 776 (що становить приблизно 87%) мають менше 3000 мешканців. Ця фрагментація створює системну блокаду, структурно обмежуючи фіскальну базу та адміністративні можливості громад.

Ситуацію посилює глибоко негативна демографічна динаміка. Між 2014 і 2024 роками населення країни скоротилося на 13,9%, але вплив був асиметричним. Громади з населенням менше 3000 мешканців зазнали демографічного спаду на 32,7%, що більш ніж удвічі швидше, ніж середній показник по країні. Це явище породжує замкнене коло: відсутність критичної демографічної маси зменшує фінансову спроможність інвестувати в послуги (лише 40% домогосподарств у цих населених пунктах мають доступ до води та санітарії, порівняно з понад 93,7% у великих муніципалітетах), що, своєю чергою, прискорює міграцію та депопуляцію.

Щоб подолати ці структурні обмеження, реформа пропонує поетапний підхід, зосереджений на адміністративно-територіальній консолідації. Встановлення порогу в 3000 жителів як мінімуму, необхідного для

адміністративної життєздатності, є не ідеальним розміром, а нижньою межею, яка гарантує мінімум фінансової автономії та можливості надавати основні послуги. Процес починається зі стимулювання добровільного об'єднання, що підтримується потроєнням фінансових стимулів для інфраструктури (3000 леїв на мешканця), і завершиться після 2027 року нормативним об'єднанням для одиниць, які не досягають цього демографічного порогу. На вторинному рівні (APL II) аналіз висвітлює неефективне дублювання ролей та втрату початкових компетенцій, які поступово переймають центральні органи влади (наприклад, соціальна допомога та охорона здоров'я).

Запропонований перехід від 32 до 10 районів являє собою узгодження з європейськими стандартами NUTS 3, створюючи утворення з населенням 150 000-350 000 жителів, здатні виступати в ролі регіональних центрів розвитку та керувати великими інфраструктурними інвестиціями. Окремим адміністративним випадком є перетворення Тараклійського району на муніципалітет, інноваційне рішення, яке поєднує повноваження I (для міста) та II (для всієї території) рівня, зменшуючи бюрократію та захищаючи специфічну ідентичність регіону.

Автономія місцевих адміністрацій у прийнятті рішень залишається суто теоретичною концепцією за відсутності належної фінансової підтримки. Поточна система тримає місцеві адміністрації в системній залежності від державного бюджету. Дані показують, що 60,5% доходів мерій надходять від державних трансфертів, тоді як їхні власні доходи мають незначну частку – лише 11,1%. Це зниження місцевої фіскальної спроможності призвело до ситуації, коли в реальному вираженні їхні власні доходи у 2024 році нижчі, ніж у 2020 році.

Найсерйозніший дисбаланс проявляється на рівні ефективності витрат. Малі місцеві муніципалітети потрапляють у «пастку фіксованих витрат»: утримання мінімального адміністративного апарату споживає ресурси, які слід спрямовувати на розвиток. У громадах з населенням менше 3000 мешканців адміністративні витрати становлять 30% бюджету, порівняно з лише 11% у муніципалітетах з населенням понад 10 000 мешканців. Це співвідношення є критичним: на кожен лей, що генерується на місцевому рівні, малі муніципалітети витрачають в середньому 4 леї на функціонування адміністративного апарату. Виправлення цієї асиметрії вимагає не лише територіальної консолідації, але й впровадження нового механізму стимулювання власних фінансових зусиль, який би винагороджував муніципалітети, що демонструють ефективність у мобілізації місцевих ресурсів. Інституційний потенціал є змінною.

Список використаних джерел

1. Carta Europeană a Autonomiei Locale (1985). Carta Europeană a Autonomiei Locale. Adoptată la Strasbourg la 15 octombrie 1985. Seria Tratatelor Europene nr. 122.

2. Legea nr. 436 din 28.12.2006 privind administrația publică locală. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 32-35, art. 108, 09.03.2007.

3. 2. Legea privind descentralizarea administrativă
4. Legea nr. 435 din 28.12.2006 privind descentralizarea administrativă. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 29-31, art. 91, 02.03.2007.
5. 3. Legea privind amalgamarea voluntară a unităților administrativ-teritoriale
6. Legea nr. 225 din 31.07.2023 privind amalgamarea voluntară a unităților administrativ-teritoriale. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 318-321, art. 558, 18.08.2023.
7. Hotărârea Guvernului nr. 126 din 15.03.2023 cu privire la aprobarea Strategiei privind reforma administrației publice din Republica Moldova pentru anii 2023–2030. În: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, nr. 97-99, art. 209, 21.03.2023.
8. <https://primariiputernice.gov.md/sites/default/files/2026-04/Conceptul%20reforme%20APL.docx.pdf>
9. Hirschman, A. O. (1970). Exit, Voice, and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations, and States. Cambridge, MA: Harvard University Press.
10. Oates, W. E. (1972). Fiscal Federalism. New York: Harcourt Brace Jovanovich. (Nota: Teorema descentralizării este enunțată și demonstrată în Capitolul 1, „An Economic Theory of Federal Government”).
11. Tiebout, C. M. (1956). A Pure Theory of Local Expenditures. The Journal of Political Economy, 64(5), 416–424.

Оберемко Катерина Олександрівна,
студентка факультету економіки,
менеджменту та психології ДТЕУ,
спеціальність «051 Економіка»

Науковий керівник: Шинькович А.В.,
к.е.н., доцент кафедри ПУА ДТЕУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273595>

СИНЕРГІЯ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА ТА ЦИФРОВОГО ВРЯДУВАННЯ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ

В умовах післявоєнного відновлення та зростаючих ризиків для аграрного сектору система публічного управління продовольчою безпекою залишається фрагментованою, недостатньо інтегрованою та обмежено ефективною у використанні сучасних інструментів. Зокрема, потенціал державно-приватного партнерства як механізму мобілізації ресурсів і розподілу ризиків використовується неповною мірою, тоді як цифрове врядування, попри наявність окремих рішень, не забезпечує належного рівня координації, моніторингу та оперативного реагування на виклики. Відсутність синергії між цими підходами на рівні територіальних громад знижує адаптивність політики, ускладнює своєчасне виявлення загроз і обмежує можливості формування стійкої системи продовольчої безпеки.

Проблематика забезпечення продовольчої безпеки в сучасних умовах дедалі частіше розглядається через призму інституційної взаємодії держави та бізнесу, а також впровадження цифрових технологій у процеси управління. У дослідженні А. В. Шиньковича обґрунтовано, що державно-приватне партнерство виступає одним із ключових інструментів підвищення ефективності аграрного сектору, особливо в умовах післявоєнного відновлення [3, с. 39-43]. Автор підкреслює, що ДПП дозволяє оптимізувати використання ресурсів, забезпечити розподіл ризиків між державою та приватними суб'єктами, а також сприяє залученню інвестицій у критично важливі галузі, зокрема аграрну інфраструктуру. Водночас зазначається, що рівень інституційної спроможності держави до реалізації таких партнерств залишається недостатнім, що обмежує їх потенціал у забезпеченні продовольчої безпеки.

Важливим аспектом є також цифровізація управлінських процесів, яка розглядається у праці В. П. Залізняка та А. В. Шинькович як ключовий інструмент підвищення ефективності взаємодії між владою та громадськістю у сфері продовольчої безпеки. Автори акцентують увагу на необхідності впровадження цифрових платформ для моніторингу стану продовольчого забезпечення, збору даних та оперативного реагування на кризові ситуації. Зокрема, підкреслюється роль інформаційно-аналітичних систем, відкритих даних і цифрових сервісів, які дозволяють підвищити прозорість управління та залучення громадськості до процесів прийняття рішень [1, с. 5-12]. Проте

відсутність інтегрованих підходів і стандартизованих механізмів обміну даними знижує ефективність таких інструментів.

У свою чергу, Л. М. Мельник наголошує на важливості синергії інновацій, цифровізації та підприємництва як основи сталого розвитку територіальних громад. Авторка зазначає, що ефективне поєднання цих складових створює умови для формування адаптивних та стійких соціально-економічних систем, здатних реагувати на зовнішні виклики. У контексті продовольчої безпеки це означає необхідність інтеграції цифрових рішень у підприємницьку діяльність та управлінські процеси, а також активне залучення приватного сектору до реалізації інноваційних проєктів [2, с. 55-62]. Таким чином, наукові підходи свідчать про доцільність формування комплексної моделі, що поєднує ДПП і цифрове врядування.

Синергія державно-приватного партнерства та цифрового врядування у сфері продовольчої безпеки має розглядатися як комплексне та багаторівневе системне явище, що виходить за межі простого поєднання двох управлінських інструментів. Йдеться про формування нової управлінської парадигми, в якій відбувається переосмислення ролі держави, бізнесу та громадянського суспільства як рівноправних учасників процесу забезпечення продовольчої безпеки. У такій парадигмі держава виступає не лише регулятором, а й фасилітатором взаємодії, приватний сектор, не лише виконавцем, а й інноваційним драйвером, а громадянське суспільство - активним суб'єктом контролю та співучасті у прийнятті рішень.

В основі цієї синергії лежить глибока інтеграція інституційних, технологічних та економічних компонентів, яка передбачає узгодження стратегічних цілей, ресурсів та інструментів управління [2, с. 55-62]. Інституційний вимір охоплює формування ефективних механізмів координації між різними рівнями влади та секторами економіки, а також удосконалення нормативно-правової бази. Технологічний компонент передбачає широке впровадження цифрових платформ, інформаційно-аналітичних систем, інструментів обробки великих даних і технологій прогнозування. Економічний аспект включає створення стимулів для залучення інвестицій, підтримку інноваційних проєктів та забезпечення ефективного розподілу ресурсів. Саме поєднання цих складових забезпечує формування інтегрованого середовища управління, здатного оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища.

Застосування такого підходу дозволяє суттєво підвищити гнучкість управлінських рішень, що є особливо важливим в умовах нестабільності та високої динаміки ризиків, характерних для післявоєнного періоду. Завдяки використанню цифрових інструментів забезпечується своєчасний збір і аналіз інформації про стан продовольчих ресурсів, логістичних ланцюгів і ринкових тенденцій. У поєднанні з механізмами державно-приватного партнерства це створює можливість швидкого мобілізування ресурсів, координації дій між різними суб'єктами та оперативного реагування на кризові ситуації, такі як порушення постачання, зниження врожайності чи коливання цін. У довгостроковій перспективі це сприяє формуванню стійкої та адаптивної продовольчої системи.

Однією з ключових пропозицій щодо подолання існуючих проблем є впровадження на національному та регіональному рівнях узгоджених політик і нормативно-правових механізмів, які забезпечують інтеграцію державно-приватного партнерства з цифровими платформами управління продовольчою безпекою [2, с. 55-62]. Такий підхід передбачає розробку єдиних стандартів обміну даними, які унеможливають фрагментацію інформаційного простору та забезпечують сумісність різних інформаційних систем. Важливим елементом є створення уніфікованих протоколів взаємодії між органами державної влади, бізнесом і громадськими структурами, що дозволяє налагодити ефективний обмін інформацією та координацію дій.

Крім того, необхідним є формування чітких правових рамок, які регулюють процеси збору, обробки та використання даних у сфері продовольчої безпеки. Це включає визначення прав і обов'язків учасників інформаційного обміну, забезпечення захисту персональних і комерційно чутливих даних, а також встановлення відповідальності за порушення встановлених норм. Особливу увагу слід приділити питанням кібербезпеки, оскільки цифровізація управління створює нові ризики, пов'язані з можливими кібератаками та витоком інформації. Забезпечення належного рівня захисту даних є необхідною умовою довіри до цифрових інструментів і, відповідно, їх ефективного використання.

Не менш важливим напрямом є розвиток управлінських та цифрових компетенцій органів місцевого самоврядування, які відіграють ключову роль у реалізації політики продовольчої безпеки на локальному рівні. Саме на рівні територіальних громад відбувається безпосереднє впровадження більшості управлінських рішень, пов'язаних із забезпеченням доступності продовольства, підтримкою місцевих виробників та реагуванням на кризові ситуації. У зв'язку з цим підвищення професійного рівня посадових осіб є одним із визначальних факторів ефективності всієї системи [3, с. 39-43].

Підвищення кваліфікації має здійснюватися шляхом впровадження системних навчальних програм, тренінгів і практичних курсів, спрямованих на розвиток навичок роботи з цифровими технологіями, аналітичними інструментами та механізмами державно-приватного партнерства. Важливим є також створення умов для обміну досвідом між громадами, що дозволить поширювати кращі практики та уникати типових помилок. Додатковим стимулом може стати запровадження фінансових та інституційних механізмів підтримки участі органів місцевого самоврядування у проєктах ДПП, зокрема через грантові програми, державні субвенції або партнерські ініціативи з міжнародними організаціями.

Особливу увагу слід приділити формуванню цифрової культури управління, яка передбачає не лише технічні навички, а й зміну підходів до прийняття рішень. Йдеться про перехід від інтуїтивного управління до управління, заснованого на даних (data-driven governance), що передбачає використання об'єктивної інформації, аналітичних моделей і прогнозів. Такий підхід дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень, зменшити

вплив суб'єктивних факторів і забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

Додатково до зазначених заходів доцільно запровадити механізми фінансового стимулювання участі приватного сектору у проєктах, спрямованих на забезпечення продовольчої безпеки. Це можуть бути податкові пільги, державні гарантії, співфінансування інноваційних проєктів або створення спеціалізованих фондів підтримки. Такий підхід дозволить активізувати інвестиційну діяльність, сприяти розвитку інфраструктури та впровадженню новітніх технологій у аграрному секторі. Водночас важливо забезпечити прозорість використання коштів і ефективний контроль за реалізацією проєктів.

Ще одним стратегічно важливим напрямом розвитку системи забезпечення продовольчої безпеки є створення інтегрованих цифрових платформ, здатних об'єднувати, узгоджувати та обробляти дані з різноманітних джерел у межах єдиного інформаційного простору. Йдеться про формування комплексної цифрової інфраструктури, яка акумулюватиме інформацію від державних органів, аграрних підприємств, логістичних операторів, торговельних мереж, а також громадських організацій і споживачів. Така інтеграція дозволяє подолати фрагментованість інформаційних потоків, яка нині є однією з ключових перешкод для ефективного управління продовольчою безпекою.

Функціональне призначення таких платформ значно ширше, ніж простий моніторинг. Вони мають виконувати роль інтелектуальних центрів обробки та аналізу даних, забезпечуючи не лише фіксацію поточного стану продовольчих ресурсів, але й виявлення прихованих закономірностей, прогнозування можливих ризиків і моделювання сценаріїв розвитку подій. Зокрема, аналіз даних щодо врожайності, погодних умов, стану ґрунтів, логістичних маршрутів і цінових коливань дозволяє формувати комплексне бачення ситуації та завчасно виявляти потенційні загрози, такі як дефіцит продукції, перебої в постачанні чи зростання вартості продовольства.

Особливу роль у цьому процесі відіграє застосування технологій штучного інтелекту та обробки великих даних, які забезпечують якісно новий рівень аналітики [3, с. 55-62]. Завдяки алгоритмам машинного навчання можливе автоматичне виявлення аномалій, прогнозування кризових ситуацій і формування рекомендацій для управлінських рішень. Наприклад, системи можуть попереджати про ризики зниження врожайності на основі аналізу кліматичних змін або прогнозувати порушення логістичних ланцюгів унаслідок інфраструктурних проблем. Це створює передумови для переходу від реактивного до проактивного управління, коли рішення приймаються не після виникнення проблеми, а на етапі її формування.

Не менш важливим аспектом є розвиток партнерських екосистем на рівні територіальних громад, які виступають середовищем практичної реалізації інтегрованих підходів до управління. Такі екосистеми передбачають активну та системну взаємодію між органами місцевого самоврядування, представниками бізнесу, науковими установами, освітніми закладами та громадськими організаціями. Їх основною метою є створення умов для спільного вирішення

проблем, обміну ресурсами та знаннями, а також впровадження інноваційних рішень у сфері продовольчої безпеки.

Таким чином, забезпечення продовольчої безпеки в сучасних умовах потребує комплексного підходу, що поєднує інституційні, економічні та технологічні інструменти. Синергія державно-приватного партнерства та цифрового врядування виступає ключовим фактором підвищення ефективності публічного управління, забезпечення стійкості продовольчих систем та адаптації до нових викликів. Реалізація запропонованих заходів дозволить не лише підвищити рівень продовольчої безпеки, а й створити передумови для сталого розвитку територіальних громад у довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Залізнюк В.П., Шинькович А.В. Цифрові інструменти у владно-громадській взаємодії з метою моніторингу та реагування на виклики продовольчої безпеки. *Успіхи і досягнення в науці*. №14. 2025. С. 1-23. URL: [https://doi.org/10.52058/3041-1254-2025-4\(14\)-520-542](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2025-4(14)-520-542) (дата звернення 24.03.2026)

2. Мельник, Л. М. Синергія інновацій, цифровізації та підприємництва в контексті сталого розвитку територіальних громад. *Часопис економічних реформ*, (3 (59)), 2025. С. 55-62. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/51403/1/Melnyk%20Liliya_Synergy_%20of%20innovation_%202025.pdf

3. Шинькович, А. В. Розбудова державно-приватного партнерства як інструменту підвищення асекурації продовольчої безпеки для після воєнного відтворення. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*, (33), 2025. С. 39-43. URL: <https://ev.fmm.kpi.ua/article/download/335860/326697/784954> (дата звернення 24.03.2026)

Орленко Ольга Михайлівна,
доцент кафедри економіки
підприємства та організації
підприємницької діяльності Одеського
національного економічного
університету

Моспаненко Іван Юрійович, студент
факультету економіки та управління
підприємництвом спеціальність
«Підприємництво, торгівля та біржова
діяльність» Одеського національного
економічного університету

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273753>

АГРОВОЛЬТАІКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Агровольтаїка є достатньо новим та перспективним напрямком розвитку сектору відновлювальної енергетики, що являє собою поєднання сільськогосподарських угідь та сонячних панелей, розміщених на цих же ж землях. З кожним роком даний підхід стає ще більш актуальним через перспективи сталого розвитку та можливість раціонального використання територій. В Україні ж даний напрям може бути актуальним через поєднання аграрного сектору та перспективи розвитку відновлювальної енергетики.

Через військову агресію РФ, в Україні даний напрям може відігравати набагато важливішу функцію. Через постійні атаки на енергооб'єкти виникає дефіцит в мережі, а даний спосіб отримання електроенергії може запобігти цьому та посилити позицію України в плані енергонезалежності. Під час осінньо-зимового періоду у 2025–2026 роках цей дефіцит сягав 5 – 6 ГВт електроенергії в пікові години, змушуючи НЕК «Укренерго» застосовувати графіки погодинних відключень світла. Люди були змушені замерзати у власних домівках, а бізнес та об'єкти критичної інфраструктури – використовувати генератори різної потужності, що є дорожчим та зовсім не екологічним. Якщо розглянути проблему ширше, то це спонукало владу закуповувати електроенергію в інших європейських країнах, що є недешевим, особливо у піковий період, адже ціна коливається. Політичний тиск з боку інших держав також змушує думати про посилення енергонезалежності України для протидії йому.

Таким чином, щоб підтримувати енергосистему, Україна змушена імпортувати електроенергію. Ціна вітчизняної генерації за зеленим тарифом є значно вигіднішою за імпорт. Наразі зелений тариф в Україні дозволяє закуповувати електроенергію за ціною 6,50 грн/кВт·год (6500 грн/МВт·год) [3], що є значно дешевше за імпорт, що складає в середньому 12000 – 13000 грн./МВт*год [4]. Тобто за допомогою встановлення агровольтаїчних потужностей можна зекономити 50% витрат на закупівлі електроенергії. Тож перспективу

агровольтаїки слід розглядати не лише як крок до сталого розвитку, а й як інструмент економії державного бюджету в непростих умовах та фундамент, для післявоєнної відбудови українських територій.

Тож щоб почати політику з впровадження даної технології, потрібно оцінити масштаби та визначити перспективи. Найголовнішою проблемою є саме дефіцити, і потрібно розуміти, що вони припадають саме на вечір – ніч, коли сонячні панелі стають малоефективними. В ідеальному варіанті вирішенням даної проблеми є створення енергетичними компаніями потужностей, здатних накопичувати протягом сонячних годин дня енергію та вивільняти її в пікові години споживання. За умови вирішення даної проблеми встановлення достатньої кількості даних агровольтаїчних систем може повністю нівелювати дефіцит вдень та в пікові години. Але навіть без цього встановлені потужності будуть доречні та зможуть підтримувати мережу протягом сонячної пори доби. Таким чином, взимку після атак потрібно встановити сонячні панелі потужністю, які давали б взимку 5 – 6 ГВт енергії. Зважаючи на те, що обсяг генерації сонячних панелей взимку дорівнює 15% [5] від їхньої генерації влітку, це в рази збільшує необхідну потужність та кількість агровольтаїчних потужностей. Тобто взимку середньодобова генерація на 1 кВт встановленої потужності становить близько 1 кВт*год/день [5]. Тож ми можемо вирахувати потребу, щоб повністю закрити будь-який дефіцит взимку за допомогою сонячних електростанцій, зокрема, агровольтаїчними конструкціями потрібно встановити сонячних панелей сумарною потужністю тих самих 5 – 6 ГВт.

Тепер ми можемо визначити масштаби, а саме площу, яку будуть займати дані конструкції. Враховуючи агрокультури, які переважно вирощують в Україні, можна скористатися консервативним методом розставлення панелей та представити це у вигляді рядів з проміжком 10 м між ними. Даний метод розташування панелей обґрунтований тим, що переважна більшість агрокультур, що вирощують аграрії, потребує застосування агротехніки. В такому випадку генерація з одного гектару становитиме 0,25 МВт за умови встановлення близько 625 панелей потужністю 400 Вт. Зробивши розрахунки, отримуємо площу в районі від 20 до 24 тис. га, що складає 0,077 – 0,092% від загальної площі земель в обробітку у 26 млн га у 2024 р. [1].

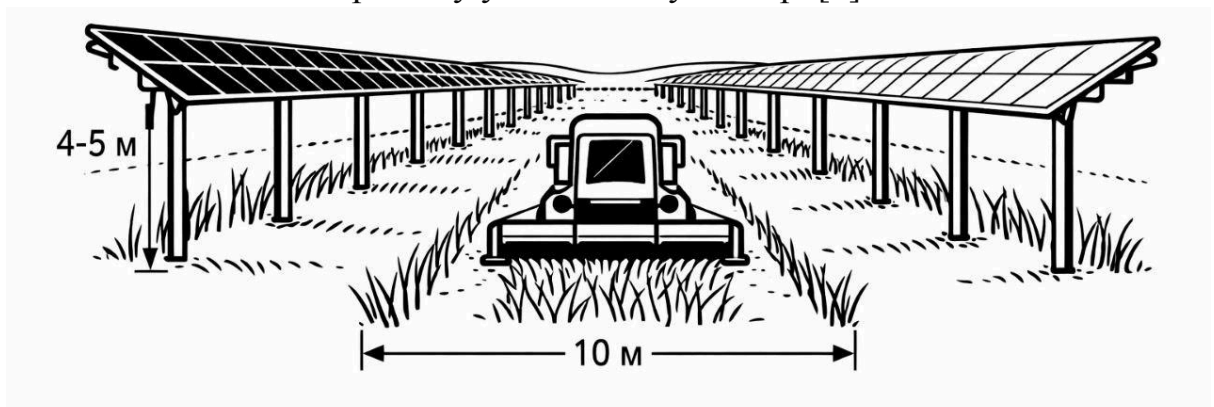


Рисунок 1. Схема розміщення агровольтаїчних конструкцій

Продовживши розрахунки та визначивши, що задля створення даних агровольтаїчних потужностей потрібно приблизно 625 панелей потужністю 400 Вт на 1 гектар площі, вартість однієї коливається в районі \$100, тому задля створення та запобігання даного дефіциту потрібно приблизно 1,25 – 1,5 млрд. \$ інвестицій тільки на закупівлю сонячних панелей. Готовий проєкт разом з матеріалами для конструкції, підключенням та усім необхідним збільшує ціну даного проєкту приблизно в 3 рази і виходить 3,75 – 4,5 млрд. \$.

Скориставшись досвідом інших країн, таких як Італія та запровадивши політику впровадження агровольтаїки, надавши 40-відсоткове покриття на закупівлю панелей [2], державні витрати на впровадження цих змін складуть в районі 500 – 600 млн. \$, в той же ж час коли покриття всіх вкладень на 40% обійдеться державі у 1,5 – 1,8 млрд. \$, але це збільшить швидкість впровадження та зацікавленість як аграріїв, так і інвесторів.

Варто звернути увагу на значні капіталовкладення, які держава у стані війни не може собі дозволити, тому поступове впровадження даної системи зменшить навантаження на бюджет, але матиме колосальний вплив на теперішню ситуацію та майбутню відбудову повоєнних територій. Необхідність зміни законодавства є необхідною умовою в даному контексті, але переваги, що отримає Україна зараз та у довгостроковій перспективі є колосальними, адже є можливість не тільки використовувати цю енергію для власних потреб, а й продавати надлишок у весняно – літній період або зменшення моментних потужностей ТЕС, що позитивно відображається на охороні та збереженні довкілля. Сприяння науково-технічному прогресу та встановлення датчиків для зміни куту панелей для більшої енергоефективності взимку, коли посівам не потрібне сонячне світло, дані агровольтаїчні конструкції можуть видавати таку саму кількість енергії, що і звичайні сонячні електростанції з розрахунку на одну панель.

Підсумувавши, можна сказати, що агровольтаїка може стати важливою частиною енергетичного сектору України. Наразі впровадження дозволить підтримувати в стабільності енергосистему, скоротити витрати державного бюджету на закупівлі електроенергії та закласти фундамент повоєнної відбудови України. Однак треба розуміти, що впровадженню даних систем передують багато питань, які потрібно вирішити задля втілення цієї ідеї в життя.

Список використаних джерел

1. Николук О., Пивовар П., Назаркіна Р., Стольнікович Г., Богонос М. Динаміка земельного фонду: як змінилися земельні ресурси України після 24 лютого 2022 року. 2023. 12 с. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad_2_ukr.pdf (дата звернення: 01.04.2024)
2. Agricultural PV in Italy: Pioneer in Dual Land Use of PV and Agriculture. URL: <https://www.intersolar.de/news/agri-pv-in-italy-a-model-for-europe> (дата звернення: 01.04.2026)
3. Постанова від 31 березня 2026 р. №496 Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію та надбавки до «зелених» тарифів за

дотримання рівня використання обладнання українського виробництва для суб'єктів господарювання. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-ta-nadbavki-do-zelenih-tarifiv-za-dotrimannya-rivnya-vikoristannya-obladnannya-ukrayinskogo-virobnictva-dlya-subyektiv-gospodaryuv-16g> (дата звернення: 01.04.2026)

4. Дефіцит електроенергії в Україні – що відбувається насправді? рубрика: “Доступно про енергетику з DIXI GROUP”. URL: <https://dixigroup.org/deficzit-elektroenergi%d1%97-v-ukra%d1%97ni-shho-vidbuva%d1%94tsya-naspravdi-rubrika-dostupno-pro-energetiku-z-dixi-group/> (дата звернення: 01.04.2026)

5. Karpchuk H., Budko V., Lysenko O. Technical achievable potential of photovoltaic conversion of solar radiation for the conditions of Ukraine. *EDP Sciences*. 2024. V.15. PP.1-8 DOI: <https://doi.org/10.1051/epjpv/2024027>

Chen Qiuyue, Master in International Relations Moldova State University. Chişinău

Dulschi Ion, Professor in International Relations, Moldova State University. Chişinău

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20273780>

FROM DEPENDENCY TO GRADUAL RESILIENCE: MOLDOVA'S ENERGY SECURITY TRANSFORMATION UNDER THE RUSSIA–UKRAINE WAR

[OBJ]

Abstract: The Russia–Ukraine war that began in 2022 has significantly reshaped the security environment of Eastern Europe, particularly in the energy sector. Moldova, as a small state located between the European Union and Russia, has historically relied heavily on external energy supplies, especially Russian natural gas transmitted through Ukraine and the Transnistrian region. This structural dependence has made its energy system vulnerable to geopolitical disruptions.

This paper examines how the war has affected Moldova's energy security and how it has contributed to a gradual shift toward diversification and deeper integration with European energy systems. The study adopts a qualitative case study approach, drawing on official policy documents, international reports, and secondary data from institutions such as the International Energy Agency (IEA) and the European Commission.

The findings suggest that while the war exposed long-standing structural weaknesses in Moldova's energy system, it also created conditions that accelerated policy adjustment. These include diversification of supply routes, institutional restructuring in the energy sector, and closer alignment with EU energy frameworks. Overall, Moldova's energy security appears to be moving from structural dependency toward a more adaptive and externally integrated form of resilience.

Keywords: Moldova; energy security; Russia–Ukraine war; energy dependence; diversification; resilience; European integration

1. Introduction

The outbreak of the Russia–Ukraine war in 2022 created a major shock for energy systems across Eastern Europe. For Moldova, the impact was particularly strong due to its long-standing dependence on imported energy resources and limited domestic production capacity.

In this context, Moldova's energy system was exposed not only to price volatility and supply uncertainty, but also to broader geopolitical constraints. Its geographic position between the European Union and Russia further complicated policy choices in the energy sector.

This paper focuses on how Moldova has adjusted its energy strategy in response to these shocks. Rather than assuming a linear transition, it traces a sequence of crisis-driven adjustments, including disruptions in gas supply, electricity

constraints, and emergency policy responses between 2022 and 2026.

One observation emerging from this study is that Moldova's energy transition does not follow a fully planned model. Instead, it appears to be largely reactive, shaped by repeated external disruptions rather than a single coherent reform trajectory. This study is limited to secondary sources, as no field interviews were conducted.

2. Literature Review

Existing literature on energy security in Eastern Europe generally frames the Russia–Ukraine war as a critical external shock that exposed vulnerabilities in energy infrastructure and supply chains (Căluș, 2023; Hybrid CoE, 2024).

Energy security is commonly defined as the stable and affordable access to energy resources (IEA, 2022). However, recent scholarship increasingly emphasizes resilience, diversification capacity, and geopolitical risk exposure as core dimensions of the concept (European Commission, 2025; Ion & Dincă, 2024).

Historically, Moldova's energy landscape has been defined by three critical vulnerabilities: an absolute dependence on Gazprom-controlled supply channels, a strategic reliance on electricity from the Transnistrian-based MGRES plant, and a systemic lack of domestic production capacity (Ion & Dincă, 2024).

After 2022, research shifted toward diversification strategies, particularly Moldova's increasing integration into European energy markets and interconnections with Romania.

However, three gaps remain. First, diversification is often treated as a policy choice, with limited attention to coercive external pressure. Second, developments after 2025 remain underexplored. Third, the link between repeated energy shocks and institutional adaptation is still insufficiently theorized.

This paper focuses on these gaps by focusing on the cumulative effects of energy disruptions between 2022 and 2026.

3. Research Methodology

This study adopts a qualitative case study approach (Yin, 2018), focusing on Moldova's energy system transformation under external pressure.

The analysis draws on:

- official documents from the Moldovan government
- reports from the International Energy Agency (IEA)
- policy documents from the European Commission
- academic literature on energy security
- Reuters reporting on key energy-related events

The time frame covers 2022–2026. The method combines content analysis and process tracing in order to identify how external shocks translate into incremental policy adjustments over time.

Rather than testing a formal hypothesis, the study reconstructs a sequence of policy responses and interprets them as a gradual adaptation process.

4. Results and Discussion

4.1 Pre-war Energy Structure

Before 2022, Moldova's energy system was highly dependent on external suppliers. Almost all natural gas imports were routed through Moldovagaz, with Gazprom as the dominant shareholder. Electricity supply was also closely linked to the Cuciurgan power plant in Transnistria, which relied on Russian gas.

Domestic production accounted for only a small share of total consumption (IEA, 2022). This structure created persistent vulnerability in the context of regional geopolitical tensions.

4.2 Impact of the War

The war significantly disrupted Moldova's energy security. From late 2022 onwards, gas deliveries became increasingly unstable, and uncertainty regarding long-term supply arrangements intensified.

A major turning point occurred in 2025, when gas transit through Ukraine was discontinued, leading to a complete interruption of supply to Transnistria. In 2026, damage to energy infrastructure in Ukraine further constrained electricity transmission capacity, contributing to a declared national energy emergency (Reuters, 2026).

During this period, Moldova increasingly relied on European spot markets. Energocom played a more central role in procurement, although this also contributed to higher price volatility and domestic pressure.

Overall, the impact of the war unfolded not as a single shock, but as a sequence of disruptions that accumulated over time.

4.3 Policy Response

In response, Moldova implemented both emergency and structural measures. These included strengthening the role of Energocom, expanding interconnections with Romania, and accelerating synchronization with the Continental European electricity network (ENTSO-E).

Financial and institutional support from the European Union and the European Bank for Reconstruction and Development also played a stabilizing role (European Commission, 2025).

Policy change, however, did not occur as a single reform moment. Instead, it developed through incremental adjustments driven by repeated supply pressures.

4.4 Structural Transformation and Emerging Resilience

Moldova has not achieved full energy independence, but it has clearly shifted away from a single-source dependency model.

The current transition can be characterized as partial and uneven diversification. While dependence on Russian energy has decreased in some sectors, external exposure remains significant, particularly in pricing and infrastructure constraints.

At the same time, repeated crises appear to have strengthened institutional learning and improved coordination with EU energy frameworks. Resilience in this sense is not only technical, but also institutional and regulatory.

5. Conclusion

This paper has examined Moldova's energy security transformation under the Russia–Ukraine war. The findings suggest that the war exposed deep structural dependence on external energy sources, while also accelerating gradual and uneven diversification.

Rather than a complete transition, Moldova's experience reflects an adaptive process shaped by repeated external shocks. Over time, these shocks have contributed to institutional change and closer integration with European energy systems.

For small states such as Moldova, energy resilience should therefore be understood not as a fixed condition, but as an evolving process shaped by external pressure, resource constraints, and incremental policy adaptation.

References

- [1] Caľus, K. (2023). The Russian hybrid threat toolbox in Moldova. Hybrid CoE Working Paper.
- [2] European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2025). Energy sector financing in Moldova.
- [3] European Commission. (2025). Comprehensive Strategy for Energy Independence and Resilience of Moldova.
- [4] Hybrid CoE. (2024). Energy security and hybrid threats in Eastern Europe.
- [5] International Energy Agency (IEA). (2022). Moldova Energy Profile.
- [6] Ion, I., & Dincă, V. M. (2024). The energy security of the Republic of Moldova concerning the policies adopted by the European Union.
- [7] Reuters. (2026). Moldova declares state of energy emergency amid supply disruptions.
- [8] Yin, R. K. (2018). Case study research and applications: Design and methods. Sage Publications.

Dulschi Silvia, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova

Dulschi Silvia, doctor, associate professor, State University of Moldova

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274040>

EVOLUȚIA CONCEPTULUI DE PERFORMANȚĂ ÎN ADMINISTRAȚIA PUBLICĂ THE EVOLUTION OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN PUBLIC ADMINISTRATION

Conceptul de performanță în sectorul public nu a apărut ca o noțiune statică, ci ca un răspuns adaptiv la eșecurile succesive ale modelelor de guvernare. Inițial, sub influența modelului birocratic ideal descris de Max Weber, performanța fiind sinonimă cu legalitatea și predictibilitatea. Într-un astfel de sistem, un funcționar era considerat „performant” dacă respecta ierarhia și procedurile, indiferent de impactul social real al acțiunilor sale [17, p. 329–341].

Ruptura de acest model a început în perioada interbelică, când mișcarea managementului științific a introdus ideea că și administrația, asemenea fabricilor, poate fi optimizată prin studiul timpului și al mișcărilor [16, p. 25–40]. Totuși, abia crizele fiscale din anii '70 au forțat statele occidentale să redefinească performanța nu ca respectare a regulilor, ci ca economicitate și eficiență.

În deceniile 1980 și 1990, sub egida New Public Management (NPM), s-a produs o „managerializare” a sectorului public. Performanța a început să fie măsurată prin indicatori de tip output (rezultate imediate), precum numărul de dosare procesate sau costul per serviciu. [5, p. 3–19].

Un exemplu ne servesc reformele „Next Steps” din Marea Britanie, care au dus la separarea funcțiilor strategice de cele executive, agențiile guvernamentale fiind evaluate strict pe baza unor contracte de performanță [12, p. 48–60]. S-a introdus conceptul celor „3E”: economicitate, eficiență și eficacitate [10, p. 166–180].

Astăzi, performanța este văzută ca un sistem de echilibru între patru dimensiuni fundamentale:

A. Dimensiunea managerială și strategică

Performanța depinde de capacitatea liderilor de a implementa „Managementul prin Obiective” (MBO). Aceasta presupune transformarea misiunilor abstracte ale statului în ținte concrete [4, p. 121–135]. Factorul determinant constă în utilizarea auditului intern și a controlului de gestiune pentru a monitoriza abaterile de la planul strategic [13, p. 180–205].

B. Dimensiunea politică și a valori publice

Spre deosebire de sectorul privat, performanța publică trebuie să creeze valoare publică [9, p.10–25]. Aceasta include transparența decizională și echitatea. O administrație care colectează taxele eficient (dimensiune economică), dar le distribuie inechitabil, nu poate fi considerată performantă din punct de vedere democratic [18, p. 1–15].

C. Dimensiunea umană și psihologică

Succesul reformelor este condiționat de „birocrății de la nivelul străzii” (street-level bureaucrats). Aceștia dețin puterea de discreție care poate valida sau anula orice strategie de la centru [8, p. 33–54].

Liderii etici care adoptă modelul „New Public Service” (NPS) reușesc să motiveze

personalul prin apelul la valorile de serviciu în folosul comunității, nu doar prin stimulente financiare [3, p. 150–175].

D. Dimensiunea tehnologică și de rețea (new public governance)

În prezent, performanța este determinată de capacitatea instituției de a opera în rețele complexe, colaborând cu ONG-uri și sectorul privat pentru livrarea serviciilor [11, p. 5–22]. Digitalizarea (e-Government) devine un catalizator esențial pentru reducerea birocrăției rigide descrise de Hood [6, p. 72–85].

Analiza literaturii evidențiază că performanța poate fi subminată de politicizarea excesivă, care duce la fluctuații de personal și pierderea memoriei instituționale. Modificările frecvente ale cadrului juridic creează instabilitate și costuri de conformare ridicate, [7, p. 210–234], o cultură organizațională rigidă care penalizează inovația.

Concluzii. Performanța în administrația publică contemporană este un concept sintetic. Ea nu mai poate fi redusă la o simplă ecuație de cost-beneficiu, ci trebuie să integreze eficiența tehnică cu legitimitatea politică și satisfacția socială.

Pentru statele în tranziție, precum Republicii Moldova, provocarea constă în trecerea de la o cultură a controlului și pedepsei la o cultură a rezultatului și a responsabilității față de cetățean [15, p. 652–667; 2, p. 12–28].

BIBLIOGRAFIE

1. Bass Bernard, Riggio Ronald. Transformational Leadership. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. P. 45–62.
2. Denhardt Robert, Denhardt Janet. The New Public Service: Serving, not Steering. Armonk: M.E. Sharpe, 2000. P. 12–28.
3. Denhardt Robert, Denhardt Janet. The New Public Service: Serving, not Steering (4th Edition). New York: Routledge, 2015. P. 150–175.
4. Drucker Peter. The Practice of Management. New York: Harper & Row, 1954. P. 121–135.
5. Hood Christopher. A Public Management for All Seasons? Public Administration. Oxford: Blackwell Publishing, 1991. P. 3–19.
6. Hood Christopher. The Art of the State: Culture, Rhetoric, and Public Management. Oxford: Clarendon Press, 1998. P. 72–85.
7. Hood Christopher, Dixon Ruth. A Government That Worked Better and Cost Less?. Oxford: Oxford University Press, 2015. P. 210–234.
8. Lipsky Michael. Street-Level Bureaucracy: Dilemmas of the Individual in Public Services. New York: Russell Sage Foundation, 1980. P. 33–54.
9. Moore Mark. Creating Public Value: Strategic Management in Government. Cambridge: Harvard University Press, 1995. P. 10–25.
10. Osborne David, Gaebler Ted. Reinventing Government. Reading: Addison-Wesley, 1992. P. 166–180.

11. Osborne Stephen. The New Public Governance. London: Routledge, 2010. P. 5–22.
12. Pollitt Christopher. Managerialism and the Public Services. Oxford: Blackwell, 1993. P. 48–60.
13. Pollitt Christopher, Bouckaert Geert. Public Management Reform. Oxford: Oxford University Press, 2004. P. 101–125.
14. Pollitt Christopher, Bouckaert Geert. Public Management Reform (3rd Edition). Oxford: Oxford University Press, 2011. P. 180–205.
15. Rhodes Rod. The New Governance: Governing without Government. Political Studies. Oxford: Blackwell, 1996. P. 652–667.
16. Taylor Frederick. The Principles of Scientific Management. New York: Harper & Brothers, 1911. P. 25–40.
17. Weber Max. The Theory of Social and Economic Organization. New York: Free Press, 1947. P. 329–341.
18. World Bank. Governance and Development. Washington D.C.: The World Bank Publishing, 1992. P. 1–15.

8. АГРОВОЛЬТАІКА ЯК НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПЛАТФОРМА: СИНЕРГІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПІДГОТОВКА КАДРІВ

Ключевич Михайло Михайлович,
завідувач кафедри здоров'я природи та
якості харчових ресурсів ДУ
«Житомирська політехніка»

Вигера Сергій Михайлович, доцент
кафедри здоров'я природи та якості
харчових ресурсів ДУ «Житомирська
політехніка»

Венгер Олег Володимирович,
завідувач відділу захисту рослин
інституту сільського господарства
Полісся НААН

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274171>

АГРОВОЛЬТАІКА ТА ПЛАНТАЕКОВОЛЬТАІКА – ПРАВО НА ГАРМОНІЙНИЙ РОЗВИТОК З ПЛАНТАЛОГІЄЮ

Наразі вкрай актуальним є розробка інноваційної методології ефективного виробництва рослинної продукції для різних галузей господарського комплексу в умовах сталого формування та функціонування плантоценозів (фітоценозів) України, особливо на принципах забезпечення їх здоров'я [1, с. 16]. Адже рослинний світ, що притаманно вивченню фітологією, або ж більш науково *планталогією*, є основним джерелом життєвих процесів на планеті Terra. Це викликано тим, що рослини є джерелом життя, продукуючи повітря та, особливо, кисень, органічну речовину в різних проявах, забезпечуючи біоту та людське суспільство продуктами харчування, лікування.

Сучасна законодавча та науково-освітня база щодо здорового формування і функціонування фітоценозів у нашій країні не завжди відповідає логічно науковим, природоохоронним, естетичним, екологономічним і бізнесовим критеріям їх гармонійного розвитку, що притаманно ведучим країнам.

Про це свідчать кричущі факти, зокрема те, що родючість ґрунтів за останні 150 років знизилася в межах 20–25 %. Внаслідок необґрунтованого споживацького ставлення до землі в Україні нині понад 48 % (20 млн. га) площі сільськогосподарських угідь (42,0 млн. га) деградовані, зокрема: 31% (12,9) – еродовані водою, 26 (10,8) – підкислені, 8,5 (3,5) – заболочені та перезволожені, 4,5 % (1,9 млн. га) – засолені [2, с. 103]. Тому правова, наукова та організаційно-технологічна методологія щодо забезпечення здоров'я ґрунтів і екосистем фітоценозів потребує корінних змін, зокрема і в освітньо-науковому напрямку за підготовки відповідних фахівців.

Тож логічно, що під час введення новітніх наукових термінів, що особливо актуально на сучасному етапі, за основу необхідно взяти класичний принцип – назва біоти та певних визначень повинна відповідати своїй суті та ґрунтуватися на міжнародній, а саме латинській або, що менше науково, грецькій мовах. Це, в свою чергу, пришвидшить процес інтеграції наукового процесу аграрного профілю нашої країни на міжнародний рівень.

Обґрунтування та дослідження останніх років показали, що методологічною базою забезпечення здоров'я ґрунтів та екосистем фітоценозів є принцип розвитку класичної фітопродуцентології [2, с. 96] та класичної плантопродуцентології [3, с. 44]. Згідно такого принципу природні (натуральні), хомонатуральні та культурні екосистеми, зокрема з плантоценозами, повинні займати орієнтовно однакові відсотки від всієї території України (60,4 млн. га), а саме в середньому по 33 % або ж по 20 млн. гектарів. Кожна складова має свої особливості щодо виробництва продукції, що потрібно враховувати в освітньо-науковому та виробничому процесах, зокрема і за розробки новітніх освітніх програм щодо забезпечення здоров'я ґрунтів та екосистем фітоценозів.

Немає сумнівів, що одним із пріоритетних напрямків в *планталогії*, що повинен забезпечити стале здоров'я фітоценозів, є наукове обґрунтування інноваційного напрямку «*плантономія*» та її «*агрономія*». Це викликано тим, що в сучасних умовах культури вирощують не лише в межах поля, а також в умовах теплиць, гідропоніки, аеропоніки, вертикальних ферм та інших закритих приміщень, а також інших альтернативних екосистем. Таку методологію тривалий час розробляють науковці кафедри здоров'я природи та якості харчових ресурсів Державного університету Житомирська політехніка.

Співробітники кафедри в останні роки також паралельно обґрунтовують інноваційний напрям агровольтаїка, який набув поширення за кордоном починаючи з 2011 року. Нині в нашій країні відоме наступне визначення агровольтаїки. *Агровольтаїка* – це форма сталого землекористування, яка дозволяє одночасне ведення сільського господарства та виробництво електроенергії з встановлення фотоелектричних панелей або інших відновлюваних енергетичних систем без втрати основної функції земель як сільськогосподарських (*Вікіпедія, Асоціація Агровольтаїки України. 13. 03. 2025 р., процитовано 30. 03. 2025 р.*).

Поглиблений аналіз цього напрямку засвідчує, що паралельно стале виробництво електроенергії необхідне також з встановлення фотоелектричних панелей або інших відновлюваних енергетичних систем (наприклад вітрових) в інших плантоекосистемах закритого й відкритого типів, де вирощують рослини та виробляють продукцію з них для господарських потреб, особливо для харчування людини, в кормовиробництві, плантодизайні, парках [4, с. 83].

У таких та інших екосистемах з рослинами також необхідна електроенергія, особливо в природних екосистемах і заповідниках, урбофітоценозах, в умовах теплиць, гідропоніки, аеропоніки, вертикальних ферм тощо. Саме тому в останні роки ми обґрунтовуємо актуальний та інноваційний напрям плантаековольтаїка, для якого логічне таке визначення.

Плантаековольтаїка (планта – рослина, рослинний світ; еко – житло, середовище, господарювання; вольтаїка – світло, енергія) – *вчення про стале та гармонійно поєднане формування та функціонування ефективних екосистем плантоценозів (фітоценозів) відкритого та закритого типу в гармонії з корисним виробництвом електроенергії від встановлених фотоелектричних панелей та інших відновлюваних енергетичних систем з використанням вітру та/або рослин на цих територіях з метою отримання різновидностей відповідної рослинної продукції та енергії (за авторством).*

Із 2025 року ми також розпочали певні обґрунтування щодо гармонійного поєднання плантаековольтаїки з вітровою та рослинною енергетикою. Це викликано тим, що, в ряді випадків, особливо в мало сонячний період, ефективність плантовольтаїки суттєво зменшена.

У такому випадку паралельну та ефективну роль плантаековольтаїки, вітроенергетики та фітоенергетики важко переоцінити, особливо на сучасному етапі в нашій країні, коли йде війна. Викладене потребує поглибленого теоретичного та практичного обґрунтування, зокрема щодо наукового світогляду, аргументованої назви, визначення та розвитку. Наведена аргументація засвідчує про нагальну необхідність зміни поглядів і поглиблення освітньо-наукового світогляду щодо забезпечення сталого формування та функціонування здоров'я фітоценозів нашої країни на принципах розробленої цілісної природоохоронної та економічно обґрунтованої й об'єднуючої системності, в т. ч. на основі ефективного та безпечного виробництва електроенергії в умовах цих екосистем.

Викладене також засвідчує, що на сучасному етапі вкрай важливим і необхідним є корінна зміна парадигми освітньо-наукового та виробничого процесу в напрямку забезпечення здоров'я екосистем плантоценозів на цілісній основі. Зокрема логічним, на наш погляд, є обґрунтування теоретичної бази та освітньо-науково-виробничих закономірностей розвитку новітнього наукового напрямку – холістичне здоров'я плантоценозів (фітоценозів).

Холістичне (holos – весь, цілий) здоров'я плантоценозів – це цілісна або ж всеоб'єднуюча система забезпечення здоров'я екосистем рослин, яка використовує в просторі та часі усі відомі методи та технології, що задовольняють природоохоронним, естетичним, екологономічним і бізнесовим вимогам сталого та гармонійного формування і функціонування всіх рівнів організації екосистем плантоценозів (за авторством).

Список використаних джерел

1. Вигера С. М. Природоохоронний контроль культурних фітоценозів : монографія. К.: ЦП "Компринт", 2015. 398 с.
2. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України / Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, С. М. Вигера, Н. І. Адамчук, Ф. М. Захарін, М. М. Ключевич : монографія. Київ : НУБіП України. 2019. 798 с.
3. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л., Вигера А. С. Трофологія: вчення про живлення, їжу та їду : навч. посідник. Київ : ЦП "Компринт", 2025. 250 с.

4. Сучасні напрямки та системи виробництва продукції для харчування людини / С. М. Вигера, М. М. Ключевич, О. О. Грищук, В. М. Ануфрієв, О. О. Дмитренко. *Трофологія (вчення про закономірності живлення біоти та правильного харчування людей)* – новітній міждисциплінарний напрям в Україні : матер. І Всеукр.наук.-освітньо-практ. конф., 25–26 квіт. 2019 р. Житомир : ЖНАЕУ. С. 80–85.

Кравчук Володимир Іванович, доктор технічних наук, професор, академік НААН

ORCID ID: 0000-0003-2196-4960

Івкін Віктор Іванович, голова правління Асоціації агровольтаїки України

ORCID ID: 0000-0001-6265-1085

Самсоненко Іван Сергійович, магістр 1-го року “Н1” Агрономія Національного Університету Біоресурсів і Природокористування України

ORCID ID: 0009-0005-9784-6313

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274213>

АГРОВОЛЬТАЙКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: КОНЦЕПТ «АГРОВОЛЬТАЙКА ДЛЯ ШКОЛИ»

Анотація. У роботі розглянуто агровольтаїку як інструмент інтегрованого розвитку інфраструктури в умовах післякризової трансформації України. На прикладі ініціативи «Агровольтаїка для школи» обґрунтовано можливість поєднання енергетичних, освітніх та соціально-економічних функцій у межах єдиної просторової моделі. Запропоновано концептуальне бачення впровадження агровольтаїчних систем у закладах освіти та визначено їх потенціал у контексті державної політики.

Ключові слова: *агровольтаїка, розподілена генерація, освітня інфраструктура, енергетична стійкість, публічна політика.*

Вступ. Відбудова України вимагає переосмислення підходів до розвитку базової інфраструктури, зокрема освітньої та енергетичної. Традиційні галузеві моделі управління, в яких енергетика, освіта та територіальний розвиток розглядаються окремо, демонструють обмежену ефективність в умовах ресурсних обмежень та високих ризиків. Це актуалізує потребу у впровадженні інтегрованих рішень, здатних забезпечити синергію між різними секторами.

У науковій та прикладній площині агровольтаїка розглядається як один із таких інструментів. Її ключова особливість полягає у поєднанні двох функцій — виробництва енергії та аграрного використання земель — без втрати ефективності кожної з них. Проте потенціал цієї моделі не обмежується аграрним сектором і може бути розширений на соціальну інфраструктуру.

Мета дослідження — концептуально обґрунтувати застосування агровольтаїки у сфері освіти як інструменту інтегрованої державної політики та визначити основні ефекти від реалізації моделі «Агровольтаїка для школи». Методологічна основа дослідження базується на аналізі міжсекторальних взаємозв'язків, узагальненні практик впровадження розподіленої генерації та

логіці функціональної інтеграції інфраструктурних рішень.

Основна частина. Ініціатива «Агровольтаїка для школи» передбачає створення на базі закладів загальної середньої освіти інтегрованих систем, що поєднують локальну генерацію електроенергії, її накопичення та використання земельної ділянки для аграрного виробництва. Постановка такої моделі виходить з кількох базових передумов. По-перше, заклади освіти є об'єктами критичної соціальної інфраструктури, стабільність функціонування яких безпосередньо впливає на життєздатність громад. По-друге, більшість шкіл, особливо у сільській місцевості, мають у своєму розпорядженні земельні ділянки, які можуть бути використані більш ефективно. По-третє, сучасна освітня парадигма потребує переходу до прикладного навчання, інтегрованого з реальними технологічними процесами.

З технологічної точки зору модель передбачає встановлення фотоелектричних систем потужністю 50–80 кВт на піднятих конструкціях, що забезпечують можливість одночасного ведення сільського господарства. Доповненням виступають системи накопичення енергії (150–300 кВт·год), які забезпечують автономність функціонування об'єкта.

Енергетичний ефект моделі полягає у переході від залежності від централізованого енергопостачання до часткової або повної автономності. Це дозволяє мінімізувати ризики переривання освітнього процесу та забезпечити стабільну роботу інфраструктури, зокрема харчоблоків і укриттів.

Освітній ефект визначається трансформацією навчального середовища. Агровольтаїчна система виступає як інструмент інтеграції теоретичних знань і практичних навичок. Вона створює можливість для формування міждисциплінарних компетентностей, що відповідають сучасним вимогам до підготовки фахівців.

Соціально-економічний ефект проявляється у зниженні витрат на енергоносії та підвищенні ефективності використання ресурсів. Використання вирощеної продукції у системі шкільного харчування створює замкнений локальний цикл, що підвищує стійкість громади.

Важливим є також управлінський аспект. Запропонована модель демонструє можливість інтеграції різних політик у межах одного рішення. Вона поєднує цілі енергетичної безпеки, освітньої реформи та розвитку територій, що відповідає сучасним підходам до публічного управління.

Висновки. Агровольтаїка у форматі інтеграції з освітньою інфраструктурою може розглядатися як ефективний інструмент реалізації комплексної державної політики. Її впровадження дозволяє одночасно вирішувати завдання енергетичної стійкості, модернізації освіти та підвищення ефективності використання ресурсів на рівні громад. Запропонована модель потребує подальшої апробації у форматі пілотних проєктів, результати яких можуть стати основою для її масштабування.

Список використаних джерел

1. Dupraz C., Marrou H., Talbot G. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. Renewable

Energy. 2011. Vol. 36(10). P. 2725–2732.

2. Barron-Gafford G.A., Pavao-Zuckerman M.A., Minor R.L. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848–855.

3. Adeh E.H., Selker J.S., Higgins C.W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, microclimate, and water-use efficiency. *PLOS ONE*. 2018. Vol. 13(11).

4. Weselek A., Bauerle A., Hartung J. et al. Agrivoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2019. Vol. 39.

Мільович Степан Степанович, доцент
кафедри екології та охорони
навколишнього середовища УжНУ
Сухарев Сергій Миколайович,
завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища УжНУ
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274259>

АГРОВОЛЬТАІКА, ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ

Збільшення населення планети, кліматичні зміни, зростання антропогенного навантаження на довкілля, конфлікти та війни змушують людство задуматися про забезпечення себе їжею та енергією, питною водою, тощо - тобто сприяти сталому розвитку. Кожного року проблема забезпечення населення планети їжею загострюється у зв'язку з деградацією сільськогосподарських угідь. Щорічно через опустелювання та інші форми деградації втрачається близько 50 мільйонів гектарів [1]. Зростання населення та втрата земель призводить до стрімкого зменшення кількості с/г земель на душу населення і при стандартних підходах ведення сільського господарства несе пряму загрозу продовольчій безпеці.

Використання відновлювальних джерел енергії забезпечує досягнення багатьох «екологічних» цілей сталого розвитку, але поряд з цим має ряд негативних впливів на навколишнє середовище. Основною проблемою використання фотоелектричних перетворювачів є відчуження значних земельних площ під спорудження СЕС (наземні СЕС). У містах це можна вирішити розміщенням СЕС на дахах промислових та житлових будівель. При розміщенні СЕС у сільській місцевості вилучені землі при стандартному підході вилучаються з сільськогосподарського виробництва. Ще однією проблемою, що виникає є надмірне затінення при спорудженні «стандартних» наземних СЕС.

Для вирішення проблем з продовольством та енергією необхідно застосовувати нові підходи до ведення сільського господарства та у енергетиці.

Агровольтаїка дозволяє вирішити ряд цих проблем. Хоча концепція агровольтаїки бере початок у далекому 1981 році [2], її впровадження, на початку, зіткнулося з економічними труднощами через високі витрати у процесі реалізації, а саме: високою вартістю сонячних панелей та низьким ККД фотоперетворювачів. За останні роки ККД фотоперетворювачів зріс і перевищив 25%, одночасно сильно знизилася вартість сонячних панелей у перерахунку на кіловат генерації, що дало новий поштовх розвитку агровольтаїки.

Поряд з перевагами (відсутність вилучення земель під СЕС, зростання прибутку та диверсифікація ризиків с/г виробників, тощо) агровольтаїка має і ряд недоліків, що потребують вдосконалення чи вирішення. Основною проблемою агровольтаїки вважають надмірне затінення з усіма відповідними наслідками. Цей недолік можна виправити багатьма способами: правильний

підбір с/г культур, правильне розташування панелей (висота, ширина міжряддя, кут нахилу), використання панелей з можливістю зміни кута нахилу, тощо.

Цікавим підходом є також штучне освітлення культур світлом з відповідною довжиною хвилі за рахунок електроенергії згенерованої СЕС, адже відомо, що культури збільшують урожайність при освітленні світлом необхідної довжини хвилі. Ще одним поштовхом для розвитку агровольтаїки може бути впровадження двосторонніх сонячних панелей при встановленні їх на висоті 2 і більше метрів, що дозволить використовувати і відбите сонячне випромінювання.

Генерація сонячних панелей може використовуватися для одержання біогазу, прискорення компостування відходів біосировини та тваринництва. Самі СЕС можуть бути використані для збору дощової води, захисту від вітру та граду, створення необхідного мікроклімату за рахунок особливостей розташування панелей, тощо.

Отже, агровольтаїка дозволяє знизити негативний вплив СЕС на навколишнє середовище, підвищити стійкість с/г виробництва та забезпечити досягнення цілей сталого розвитку. Але слід пам'ятати, що у довгостроковій перспективі СЕС будуть виходити з ладу, тобто будуть генеруватися нові відходи технологій якісної переробки яких не напрацьовано. Прикладом може слугувати бурхливий розвиток використання поліетилену і генерування великої кількості відходів з нього. Тому розвиток агровольтаїки без негативних наслідків у майбутньому має базуватися на якісній освіті майбутніх управлінців, розвитку наукових досліджень у даній сфері та підтримки держави у запровадженні агровольтаїки.

Список використаних джерел

1. Singla M. K., Gupta J., Gupta A., Safaraliev M., Zeinoddini-Meymand H., Kumar R. Empowering rural farming: agrovoltaic applications for sustainable agriculture // *Energy Science and Engineering*. 2025. Vol. 13, № 1. P. 35–59. DOI: 10.1002/ese3.2017.

2. Scognamiglio A. “Photovoltaic landscapes”: design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 55. P. 629–661. DOI: 10.1016/j.rser.2015.10.072.

Ревтьо Олесь Ярославівна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

Малярчук Анастасія Сергіївна, канд. с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва та агроінженерії ХДАЕУ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274299>

ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЗМІСТУ ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ «АГРОВОЛЬТАЙКА» ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ АГРАРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

У сучасній аграрній освіті впровадження інноваційних дисциплін є відповіддю на виклики кліматичних змін, енергетичної нестабільності та необхідності сталого використання ресурсів. Вибіркова дисципліна загальної підготовки «Агровольтаїка», яка вже реалізується у Херсонському державному аграрно-економічному університеті, є прикладом інтеграції агрономії та відновлюваної енергетики. Важливою складовою її ефективності є поєднання теоретичного та практичного навчання.

Курс будується за принципом послідовного переходу від базових знань до прикладних навичок. Лекційна частина формує теоретичну основу, тоді як практичні заняття забезпечують закріплення знань через розрахунки, моделювання та аналіз реальних умов.

Лекційний курс охоплює такі ключові напрями: концепція, історія, перспективи агровольтаїки; типи агровольтаїчних систем; фотоелектричні модулі та їх характеристики; інженерні аспекти проєктування (висота конструкцій, кут нахилу, ширина міжряддя); сонячна радіація та енергетичний потенціал; світловий режим і фотосинтез; мікроклімат під сонячними панелями; вибір сільськогосподарських культур; агровольтаїка у виноградарстві; плодово-ягідні культури в агровольтаїчних системах.

Практична складова дисципліни «Агровольтаїка» відіграє ключову роль у формуванні професійних компетентностей здобувачів освіти, забезпечуючи інтеграцію теоретичних знань із прикладними навичками. Вона орієнтована на розвиток аналітичного мислення, умінь виконувати інженерні розрахунки, моделювати виробничі процеси та приймати обґрунтовані рішення в умовах реального аграрного виробництва.

Зміст практичних занять структуровано відповідно до логіки опанування дисципліни – від базових розрахунків до комплексного проєктування агровольтаїчних систем.

Перший блок практичних робіт спрямований на засвоєння основ просторового та енергетичного планування. Зокрема, у межах практичної роботи передбачено розрахунок площі розміщення фотоелектричних модулів, визначення встановленої потужності системи та оцінку щільності покриття території. Це дозволяє студентам сформулювати базові уявлення про масштабування агровольтаїчних установок.

Наступний етап охоплює моделювання тіньових процесів, що є критично важливими для поєднання енергетичної та агрономічної складових. Студенти виконують побудову тіньових діаграм, аналізують вплив висоти конструкцій і кута нахилу панелей на тривалість та інтенсивність затінення, а також визначають оптимальні параметри розміщення рядів для мінімізації втрат освітлення.

Важливе місце займають розрахунки сонячної інсоляції та енергетичного потенціалу. У межах цих робіт здобувачі освіти працюють із кліматичними даними, визначають річну генерацію електроенергії та здійснюють оцінку ефективності функціонування агровольтаїчної системи.

Окремий блок практичних занять присвячений агрономічним аспектам. Зокрема, проводиться аналіз сумісності сільськогосподарських культур з умовами часткового затінення, визначаються їх світлові потреби та оцінюється вплив агровольтаїчних систем на врожайність. Додатково студенти опановують методи оцінки світлового режиму через показники фотосинтетично активної радіації (PPFD) та добової світлової інтеграції (DLI), що дозволяє більш точно адаптувати технології вирощування культур.

Суттєвим компонентом є дослідження мікроклімату під фотоелектричними панелями. У процесі виконання відповідних завдань студенти аналізують температурний режим, вологість повітря, водний баланс та їх вплив на фізіологічні процеси рослин.

Завершальний етап практичної підготовки передбачає виконання комплексного проєктного завдання, що включає розроблення агровольтаїчної системи для конкретної сільськогосподарської культури. Студенти здійснюють вибір конструктивного рішення, обґрунтовують параметри системи та оцінюють її ефективність з урахуванням агрономічних і енергетичних показників.

Не менш важливою є економічна складова, у межах якої проводиться оцінка вартості проєкту, розрахунок строку окупності та аналіз прибутковості впровадження агровольтаїчних технологій.

Практичні заняття дозволяють студентам застосовувати теоретичні знання у реальних розрахунках, працювати з даними та моделями, приймати обґрунтовані інженерні та агрономічні рішення та формувати навички проєктування агровольтаїчних систем.

Таким чином, практична складова дисципліни забезпечує формування цілісного бачення агровольтаїки як міждисциплінарної галузі, сприяє розвитку професійних компетентностей та підготовці фахівців, здатних ефективно впроваджувати інноваційні рішення у сільському господарстві.

Поєднання лекційного матеріалу з практичними роботами забезпечує комплексний підхід до вивчення агровольтаїки. Така структура дисципліни у ХДАЕУ сприяє підготовці фахівців, здатних ефективно впроваджувати інноваційні технології у сільське господарство. Практична складова є ключовим елементом, що трансформує знання у професійні компетентності та забезпечує готовність студентів до реальної діяльності у сфері агровольтаїки.

Сухарев Сергій Миколайович,
завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища ДВНЗ
«Ужгородський національний
університет»

Сухарева Оксана Юріївна, доцент
кафедри аналітичної хімії ДВНЗ
«Ужгородський національний
університет»

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274324>

АГРОВОЛЬТАІКА: ПРОБЛЕМА ПІДГОТОВКИ КАДРІВ

Агровольтаїка як новий підхід до енергонезалежності аграрного сектору може відіграти ключову роль у розвиток сільського господарства у післявоєнний період (продовольчо-енергетична стійкість). Це зумовлено кількома причинами. По-перше, це екологічно і сприятиме зменшенню викидів парникових газів (зменшення вуглецевого сліду). По-друге, це ефективне подвійне використання територій як для с/г сектору (землеробство, скотарство), так і для енергетичного, а також запобігання необґрунтованого вилучення земель із користування. По-третє, це адресність та незалежність від зовнішніх чинників, а також покращення умов для аграрного сектору (зменшення ерозії земель, можливість організації поливу, захист від перегрівання на сонці, тощо). Незважаючи на очевидність переваг агровольтаїки, її впровадження зіткається з рядом проблем, включаючи технологічні, економічні, менеджерські, логістичні, тощо. Окремою проблемою розвитку та впровадження агровольтаїки є проблема підготовки кадрів.

Проблема підготовки кадрів і кадровий голод відчувається у всіх сферах України, чому сприяє повномасштабна війна з росією, втрата інтересу молоді до аграрних, інженерних, технічних і природничих спеціальностей, неузгоджена політика розвитку середньої та вищої школи, повільність впровадження інновацій у систему підготовки кадрів, необхідність міждисциплінарного мислення, тощо. На відміну від традиційних галузей народного господарства, агровольтаїка вимагає синергії технологій (енергетичних, конструкторських, логістичних, аграрних та інших) та інтегрованих технологічних рішень, тому підготовка кваліфікованих кадрів, які б могли працювати у міждисциплінарному контексті, є актуальною і складною задачею. Підготовка кадрів у галузь агровольтаїки повинна включати навчання за міждисциплінарними освітніми програмами, які поєднують хоча б дві спеціальності (за виключенням регульованих спеціальностей). Такі освітні програми можуть поєднувати наступні напрямки: маркетинг і логістика; нові функціональні матеріали та інженерні конструкції для геліоенергетики; агроінженерія та агротехнології, тощо. Таким чином кадрове забезпечення агровольтаїки залишається актуальною проблемою сьогодення і потребує якнайшвидшого вирішення.

Федорина Тетяна Петрівна, доцент
кафедри природничо-математичних та
загальноінженерних дисциплін, ВП
НУБіП України "Ніжинський
агротехнічний інститут"
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274356>

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

Вступ. У сучасному освітньому просторі дистанційне навчання стає не просто альтернативою, а стратегічним напрямом розвитку вищої школи. Процес глобальної інформатизації диктує нові вимоги до підготовки фахівців, особливо у сфері спеціальних дисциплін, де поєднання теоретичних знань із практичними навичками є критично важливим. Дистанційний підхід дозволяє забезпечити гнучкість навчання, індивідуалізацію освітньої траєкторії та доступність якісних ресурсів незалежно від місця перебування студента.

Згідно концепції розвитку дистанційної освіти в Україні дистанційна освіта – це форма навчання, рівноцінна з очною, вечірнього, заочною та екстернатом, що реалізується, в основному, за технологіями дистанційного навчання [3].

Сутність та компоненти дистанційного навчання. Дистанційне навчання визначається як цілеспрямований процес інтерактивної взаємодії між викладачем та студентом, де основою є інтенсивна самостійна робота того, хто навчається. На відміну від традиційного заочного навчання, дистанційне навчання характеризується високою інтерактивністю, що реалізується через постійний зворотний зв'язок, використання електронної пошти, чатів, відеоконференцій та форумів.

Навчально–педагогічна діяльність спрямована на організацію процесу навчання у вищій школі у відповідності з вимогами суспільства. Для освітнього процесу у вищій школі характерним є органічне поєднання освітнього і науково–дослідного аспектів, підвищення активності і самостійної роботи студента [5, с.15].

Методика дистанційного викладання спеціальних дисциплін базується на трьох основних компонентах:

- **Зміст (контент):** віртуальне навчальне середовище, мультимедійні підручники, відеоуроки та креативні завдання.
- **Навчальна активність студента:** високий рівень самостійності, розвиток навичок самоорганізації та самоконтролю.
- **Організаційна підтримка (тьюторство):** координація процесу, надання консультацій та технічна допомога.

При дистанційному підході змінюється освітня парадигма: замість традиційної схеми «викладач — підручник — студент» утверджується нова: «студент — навчальні засоби — викладач», де педагог стає менеджером та консультантом навчального процесу.

Сучасний навчальний процес у вищій школі покликаний залучати такі технології та методи навчання, які, активізуючи розумову й практичну діяльність кожного студента, не лише формують його професійний тезаурус, а й стимулюють розвиток таких особистісних якостей, що забезпечуватимуть подальше зростання майбутнього фахівця у плані оволодіння ним способами самовдосконалення, саморегуляції, позитивного самовираження й міжособистісного спілкування та взаємодії у суспільному житті. [1, с.8]

Особливо привабливими якостями навчального процесу у системі дистанційної освіти є його гнучкість, адаптивність, модульність, економічна ефективність, орієнтація на споживача, опора на передові комунікаційні технології. Система дистанційної освіти створюється як єдина система, яка передбачає:

- єдність організаційних, навчально-методичних та інших принципів створення системи дистанційної освіти з метою забезпечення найбільш повної реалізації інтересів держави і громадян;

- створення мережі державних і галузевих центрів дистанційної освіти, що забезпечують здійснення державної політики зі створення системи дистанційної освіти в областях і регіонах;

- створення доступного для всієї системи дистанційної освіти федерального банку навчальних курсів, що мають єдину сертифікацію, авторський і навчально-методичний супровід, доступних у телекомунікаційних мережах освітніх ресурсів. [1, с.153]

Методичні особливості викладання фахових предметів. Викладання спеціальних дисциплін (наприклад, інженерної графіки) дистанційно вимагає особливого підходу до розвитку просторового уявлення та інтелектуальної активності. Для цього використовуються такі методи:

- Вебінари: інтерактивні мережеві заняття в режимі реального часу, що дозволяють проводити презентації, спільно працювати з документами та обговорювати складні питання.

- Технологія «перевернутого навчання»: студенти самостійно вивчають теорію поза аудиторією (через відеолекції, посібники), а час онлайн-зустрічей присвячується практичному розв'язанню задач та дискусіям.

- Лекція-візуалізація: використання мультимедійних засобів для передачі інформації через зоровий аналізатор, що підвищує засвоєння матеріалу до 65%.

Технологічне забезпечення та платформи. До змісту дистанційного курсу можна віднести: віртуальне навчальне середовище курсу; застосування інформаційно-комунікаційних технологій в курсі; креативну складову та способи її здійснення; інформаційне викладення навчального матеріалу. [7, с.198]

Для реалізації дистанційного підходу використовуються спеціалізовані платформи та інструменти:

- Платформи дистанційного навчання (Moodle, Ding Talk, E-learn, Microsoft Teams, Classdojo, Google Classroom, Google Meet та інші): для структурування курсу, розміщення матеріалів та контролю успішності.

- Відеозв'язок (Zoom, Skype, MS Teams та інші): для проведення синхронних занять та консультацій.

- Спеціалізоване програмне забезпечення: при вивченні технічних дисциплін важливою є самостійна робота в програмах, наприклад AutoCAD, FreeCAD та інші, результати якої завантажуються в індивідуальні цифрові кабінети.

Згідно із Законом України «Про освіту» [2] та Наказу МОН України «Положення про дистанційне навчання» [4] поєднання традиційного та дистанційного навчання («змішане навчання») є одним із пріоритетних форм здобуття освіти. Головне – під час «змішаного навчання» правильно та ефективно розподілити навчальний (теоретичний) матеріал та матеріал, який відведений на практичні заняття здобувачам освіти в аудиторіях (офлайн) та віддаленим студентам (онлайн). Поняття «змішане навчання» об'єднує традиційне та дистанційне навчання із застосуванням можливостей інформаційно-комп'ютерних технологій, тобто має на меті створення такого середовища навчання, де викладачі та здобувачі освіти зможуть у зручних для себе обставинах здійснювати сам процес навчання. [6, с.92]

Проблеми та шляхи подолання викликів. Практика впровадження дистанційних технологій виявила низку проблем:

- Недостатність навичок роботи з цифровими інструментами у частини викладачів та студентів.

- Проблеми з технічним оснащенням та якістю інтернету, особливо в сільській місцевості.

- Потреба у високій самодисципліні студентів.

Розв'язання цих проблем полягає у створенні мультимедійних навчально-методичних комплексів, які забезпечують індивідуальний підхід, можливість багаторазового відпрацювання навичок на тренажерах та автоматизований контроль знань.

Висновок. Особливості методики дистанційного навчання спеціальних дисциплін трансформують роль викладача з інформатора на менеджера та консультанта освітнього процесу. Це вимагає розробки якісного динамічного контенту, який стимулює творче мислення та дозволяє студенту стати суб'єктом власного професійного становлення. Незважаючи на технічні труднощі, дистанційний підхід є перспективним напрямом, що забезпечує підготовку конкурентоспроможних фахівців у сучасному цифровому світі.

Список використаних джерел

1. Джеджула О.М. Методика викладання у вищій школі: навчальний посібник / Вінниця: ВНАУ, 2020. 208 с.

2. Закон України «Про освіту». URL: <http://vnz.org.ua/zakonodavstvo/110-zakon-ukrayinypro-osvitu>.

3. Концепція розвитку дистанційної освіти в Україні (затверджено Постановою МОН України В.Г. Кременем 20 грудня 2000 р.).

4. Наказ МОНУ від 25 квітня 2013 року (№ 466) «Положення про дистанційне навчання». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>.

5. Стинська В.В. Методика викладання у вищій школі: навчальний посібник. Івано–Франківськ, 2022. 180 с.

6. Ткаченко Л.В., Хмельницька О.С. Особливості впровадження дистанційного навчання в освітній процес закладу вищої освіти. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах : зб. наук. пр. / [редкол.: А.В. Сущенко (голов. ред.) та ін.]. Запоріжжя : КПУ, 2021, №75 Т.3. с. 91-96.

7. Федорина Т.П., Хропост В.І. Дистанційний підхід при викладанні курсу "Інженерна графіка". Перспективи та шляхи розвитку аграрної науки в Україні: зб. наукових праць (Ніжин, 14 травня 2020 року) / За наук. ред. В.С. Лукача [та ін.]. – Ніжин: НАТІ, 2020. С.197-204.

Ярошенко Тетяна Олександрівна,
кандидат історичних наук, доцент
Державна науково-технічна бібліотека
України, м. Київ,
ORCID: 0000-0002-2985-2333
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20274398>

РОЛЬ ДЕРЖАВНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ БІБЛІОТЕКИ УКРАЇНИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОСТУПУ ДО СВІТОВИХ НАУКОВИХ РЕСУРСІВ З ПИТАНЬ АГРОВОЛЬТАЇКИ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Агровольтаїка — суміщення сонячної генерації з сільськогосподарським виробництвом — є одним із найперспективніших напрямів енергетичної трансформації [1–4]. Глобальний ринок агровольтаїчних систем стрімко зростає: за даними міжнародних аналітичних агентств, до 2030 року встановлена потужність може перевищити 1 ТВт. Для України, що поєднує значний агарний потенціал та нагальну потребу в енергетичній незалежності, цей напрям має особливе стратегічне значення в контексті повоєнної відбудови.

Успішна реалізація проєктів упровадження агровольтаїки потребує міждисциплінарної науково-інформаційної основи: від досліджень у галузі фотоенергетики та агрономії до правового й економічного супроводу. Ключовим інфраструктурним елементом у цьому процесі є Державна науково-технічна бібліотека України (ДНТБ), яка забезпечує вченим і фахівцям доступ до актуальних світових наукових ресурсів.

Мета роботи — висвітлити роль ДНТБ України як інформаційного посередника між українською науковою спільнотою та світовими знаннями у сфері агровольтаїки і суміжних галузей сільського господарства.

Результати та обговорення.

1. Доступ до міжнародних баз даних наукового цитування. ДНТБ України координує та забезпечує інституційний доступ до Scopus (Elsevier) та Web of Science (Clarivate) — провідних міжнародних наукометричних платформ. Станом на початок 2026 р. за тематикою агровольтаїки у Scopus та Web of Science індексується вже понад 3 тис. статей, що свідчить про стрімке зростання наукового інтересу до цього напрямку в усьому світі. ДНТБ здійснює підтримку профілів українських наукових установ у цих базах даних, сприяє коректній атрибуції публікацій та підвищенню видимості вітчизняних досліджень у міжнародному науковому просторі [5].

2. Програми відкритого доступу: Research4Life та EIFL-Україна. ДНТБ координує участь України у програмі Research4Life — глобальній ініціативі, що надає закладам освіти і науки безкоштовний доступ до понад 21 000 наукових журналів та 140 000 електронних книг провідних видавництв світу. Для дослідників агровольтаїки особливо релевантними є ресурси платформ AGORA (сільське господарство, продовольство, видання FAO та CGIAR) та OARE (екологічні аспекти відновлюваної енергетики).

У рамках консорціуму EIFL-Україна бібліотека забезпечує ліцензійний доступ до електронних ресурсів провідних видавництв світу, зокрема статей і монографій з тематики відновлюваної енергетики, агротехнологій, точного землеробства та сталого розвитку сільських територій, для понад 600 наукових установ та університетів України. ДНТБ забезпечує технічну підтримку доступу, проводить навчальні вебінари для користувачів та сприяє ефективному використанню ресурсів у наукових дослідженнях [6, 7].

3. Підтримка відкритої науки та інфраструктури ORCID. ДНТБ є національним партнером ORCID в Україні, що дозволяє однозначно ідентифікувати авторів досліджень з агровольтаїки та забезпечувати прозорість наукового внеску у глобальному масштабі. Центр Відкритої науки ДНТБ проводить системну роботу з упровадження принципів відкритого доступу (Open Access), зокрема депонування препринтів та інтеграції з міжнародними репозитаріями. Бібліотека активно просуває принципи FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) щодо управління науковими даними — критично важливий аспект для міждисциплінарних агровольтаїчних проєктів, де дані з різних галузей мають бути сумісними та відтворюваними. Система URIS забезпечує моніторинг публікаційної активності українських науковців [8, 9].

4. Інформаційно-аналітичний супровід досліджень. Бібліотека надає послуги науково-інформаційного пошуку, бібліографічного аналізу та підготовки тематичних оглядів літератури, зокрема з питань агровольтаїки. У фондах ДНТБ зосереджено наукову літературу та нормативно-технічну документацію, необхідну для проведення досліджень у цій царині, стандартизації та правового врегулювання агровольтаїчної галузі в Україні. Бібліографічні огляди та аналітичні довідки, що їх готує ДНТБ на запит установ і організацій, дозволяють суттєво скоротити час на пошук інформації та підвищити якість наукового обґрунтування проєктів.

5. Міжнародне партнерство та інтеграція до Європейського наукового простору. Участь ДНТБ у міжнародних заходах — зокрема конференціях «Відкрита наука та інновації в Україні» (2022–2025), що відбуваються у партнерстві з ТІВ — Лейбніцьким інформаційним центром науки та технологій (Ганновер, Німеччина), — сприяє зміцненню зв'язків з Європейським дослідницьким простором (ЄДП). Це відкриває нові можливості для доступу до матеріалів з агровольтаїки в контексті відбудови та «зеленого переходу», а також для встановлення прямих партнерств між українськими та європейськими дослідницькими інституціями.

Висновки.

ДНТБ України виконує системоутворюючу функцію в науково-інформаційному забезпеченні розвитку агровольтаїки: від надання доступу до первинних наукових джерел до підтримки публікаційної активності дослідників і просування принципів відкритої науки. Завдяки координації програм Research4Life та EIFL-Україна, партнерству з ORCID та діяльності Центру Відкритої науки, ДНТБ забезпечує рівний та сучасний доступ до світових знань для широкої наукової спільноти країни. В умовах воєнного стану

та курсу на євроінтеграцію роль бібліотеки як «наукового шлюзу» між Україною та світовим знанням набуває особливого стратегічного значення для реалізації агровольтаїчного потенціалу країни.

Список використаних джерел

1. Івкін В. І. Агровольтаїка: світовий досвід та перспективи впровадження в Україні. Публічне адміністрування та національна безпека. 2025. № 12 (65). С. 129–136.
2. Roesch C. Agrovoltaic Systems: The Energy Transition in Agriculture. GAIA — Ecological Perspectives for Science and Society. 2016. Vol. 25, No. 4. P. 242–246.
3. Schindele S., Trommsdorff M., Schlaak A. et al. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. Applied Energy. 2020. Vol. 265. 114737.
4. Chatzipanagi A., Kakoulaki G., Szabó S., Jäger-Waldau A. Overview and perspective of integrated photovoltaics with a focus on the European Union. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 22. 10628.
5. ДНТБ України. Електронні ресурси. URL: <https://dntb.gov.ua/foundations-ua/e-resources-ua> (дата звернення: 1.04.2026).
6. Research4Life в Україні. URL: <https://dntb.gov.ua/research4life-2> (дата звернення: 1.04.2026).
7. EIFL в Україні. URL: <https://dntb.gov.ua/consortium-eifl-ukraine> (дата звернення: 1.04.2026).
8. Давидова І. О., Мар'їна О. Ю., Кобелєв О. М. Державна науково-технічна бібліотека України як ключовий суб'єкт імплементації політики відкритої науки. Вісник Харківської державної академії культури. 2024. Вип. 66. С. 7–16.
9. Ярошенко Т. О. Державна науково-технічна бібліотека України в екосистемі відкритої науки. IV Міжнар. конф. «Відкрита наука та інновації в Україні 2025», 22–23 жовт. 2025 р. : матеріали. Київ : ДНТБ України, 2025. С. 143–144. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14747744>

УДК 026:620.91:63