

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.92>

УДК 621.311:243

Плавучі сонячні електростанції як чинник економічного розвитку: європейський досвід та перспективи України

Сапожнік Андрій Андрійович¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2589-4908>; andriisapozhniik@gmail.com. Scopus Author ID: 60503533100

Ковальчук Андрій Іванович¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2330-5153>; kovalchuk.an.iv@gmail.com. Scopus Author ID: 57222193518

Хай Василь Михайлович¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7878-5192>; vasyi.m.khai@lpnu.ua

¹⁾ Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12. Львів, 79013, Україна

АНОТАЦІЯ

Обґрунтовано економічні передумови розвитку плавучих сонячних електростанцій в Україні на основі матеріалів Світового банку, досліджень Європейської комісії та досвіду реалізованих європейських проєктів. Мета роботи полягає у визначенні механізмів, за допомогою яких використання водної поверхні для фотоелектричної генерації створює додаткову цінність для підприємств, громад і національної економіки. Застосовано порівняльний аналіз проєктів у Нідерландах, Португалії, Франції, Німеччині, Великій Британії, Бельгії, Австрії та Швейцарії; додатково розглянуто гібридний об'єкт в Албанії. Встановлено, що європейські інвестори розвивають плавучу генерацію передусім для розширення придатних для енергетики площ, повторного використання промислових водойм, електропостачання водогосподарських і виробничих об'єктів та інтеграції з гідроелектростанціями. Економічний ефект охоплює збереження аграрного виробництва, використання наявних мережевих активів, скорочення закупівлі електроенергії, розвиток інженерних компетенцій і залучення місцевого капіталу. Показано, що оцінювання лише початкової вартості одного мегавата не відображає всіх результатів такого проєкту. Запропоновано розмежовувати фінансовий результат власника станції, сумарний результат господарського комплексу та суспільний економічний ефект. Для України визначено пріоритетність технічних водойм біля дених споживачів, зрошувальних резервуарів і придатних гідроенергетичних об'єктів. Наведено сценарне оцінювання генерації та збереженого аграрного доходу для програми потужністю 100 МВт. Доведено наявність обґрунтованої інвестиційної та господарської ніші плавучої фотоелектричної генерації; кількісні оцінки потенціалу відокремлено від фактичних результатів експлуатації. Практичне значення роботи полягає у формуванні критеріїв відбору українських майданчиків, на яких сукупні переваги технології можуть бути перетворені на вимірювані економічні результати.

Ключові слова: водосховище; землекористування; агропромисловість; гібридизація; власне споживання; інвестиції; водозбереження; енергетична безпека

Для цитування: Сапожнік А. А., Ковальчук А. І., Хай В. М. «Плавучі сонячні електростанції як чинник економічного розвитку: європейський досвід та перспективи України». *Інформатика. Культура. Техніка*. 2026; Том 3 № 2 (4): 1181–1190. DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.92>

Актуальність. Розвиток сонячної енергетики пов'язаний із потребою одночасно збільшувати доступність електроенергії, зберігати продуктивні землі та ефективніше використовувати вже створену інфраструктуру. Плавучі сонячні електростанції (ПЕС, floating photovoltaics – FPV) розширюють набір майданчиків для генерації: модулі встановлюють на плавучих конструкціях у межах придатних водойм. Для України це особливо важливо там, де енергетичний проєкт інакше конкурував би із землеробством, водогосподарськими об'єктами чи промисловим розвитком.

Економічна проблема полягає у неповноті порівняння лише за капітальними витратами на мегават. Наземна та плавуча станції можуть використовувати однакові модулі й інвертори, але різні просторові та інфраструктурні ресурси. Якщо одна альтернатива займає поле, а інша – технічну водойму біля споживача, відрізняється весь господарський результат. Тому слід визначити, чому європейські інвестори свідомо обирають водну поверхню та які вигоди можуть бути відтворені в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світовий банк у серії Where Sun Meets Water розглядає плавучу фотоелектричну генерацію як спосіб розширення сонячної енергетики за обмеженої доступності землі. Окремо виділено близькість водогосподарських об'єктів до попиту, використання мереж ГЕС і потенціал охолодження модулів [1], [2]. Європейська стратегія сонячної енергетики прямо включає використання водної поверхні до варіантів

розгортання генерації [4]. Це формує основу для оцінки ПСЕС як інструмента просторової та енергетичної політики.

Дослідження Какουлакi та співавторів охоплює 337 водосховищ ЄС. У сценарії, де потужність ПСЕС дорівнює потужності відповідних ГЕС, оцінено 42,31 ТВт·год додаткової річної генерації при покритті 2,3 % сумарної водної площі та до 557 млн м³ збереженої води [3]. Це модельний потенціал, а не вже досягнуте виробництво. Українська робота Ковальчука А.І і Сапожніка А.А [5] заклала основу техніко-економічного аналізу. Подальший крок — пояснити господарські механізми, через які ПСЕС отримують перевагу на конкретних типах майданчиків.

Огляд IEA PVPS [18] доповнює економічну постановку аналізом виробітку та надійності. Відкриті дані операторів дозволяють встановити факт реалізації та призначення станції, однак рідко містять повний грошовий потік. Тому введено потужність, прогноз генерації, результати спостережень і власні економічні сценарії у цій роботі розмежовано.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування економічної доцільності розвитку плаваючої сонячної генерації в Україні через визначення відтворюваних механізмів створення вартості, підтверджених європейською практикою. Завдання включають систематизацію впроваджень за країнами, виявлення їхніх господарських мотивів та побудову моделі, що враховує електроенергію, землю, воду й інфраструктуру.

Застосовано цільовий порівняльний аналіз реалізованих кейсів. Критеріями включення стали наявність первинного джерела оператора, повідомлення про введення або результати експлуатації та можливість ідентифікувати господарське використання станції. Дата завершення пошуку – 24.09.2026. Вибірка не є повним реєстром ПСЕС Європи; вона представляє різні бізнес-моделі. Велика Британія, Швейцарія та Албанія розглядаються як європейські країни, а не держави – члени ЄС.

У роботі використано три рівні оцінки: фінансовий результат власника ПСЕС; сумарний результат підприємства або групи, що володіє землею, водоймою та споживанням; суспільний ефект для регіону й країни. Для останнього важливі додатковість виробництва, місцева частка доданої вартості та уникнені ресурсні витрати. Виручку станції не порівнюють до внеску у ВВП, а державну підтримку – до безоплатної суспільної вигоди.

Виклад основного матеріалу

1. Масштаб ресурсу та логіка європейського впровадження. У звіті Світового банку 2019 року для європейської вибірки водосховищ оцінено 20, 102 і 204 ГВтр за умов покриття відповідно 1, 5 і 10 % водної площі [1, Таблиця 3.1]. Значення на Рис. 1 характеризують технічний ресурс, який надалі потребує екологічного, мережевого та економічного відбору. Європейські приклади демонструють практичні способи освоєння такого ресурсу (Таблиця 1).

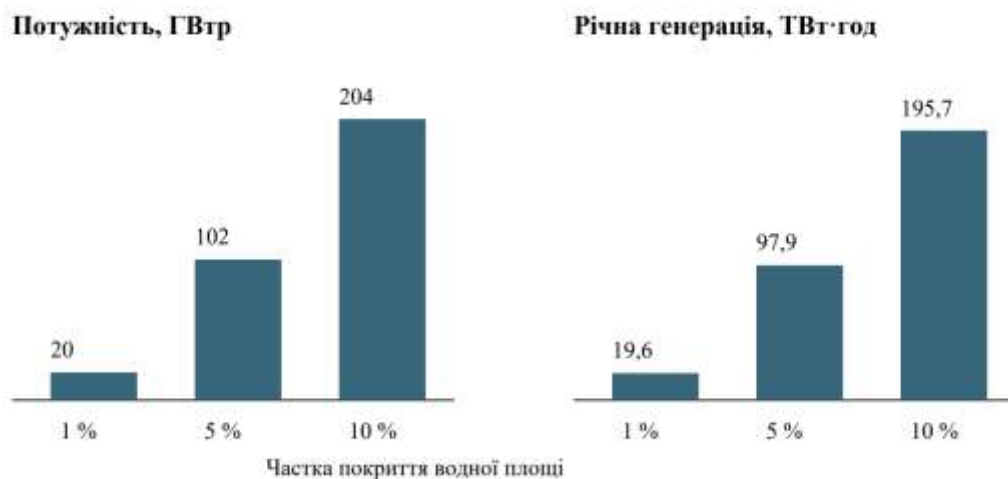


Рис. 1. Сценарний технічний потенціал ПСЕС у європейській вибірці водосховищ

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 1. Реалізовані європейські проєкти та мотиви їх створення

Країна	Об'єкт	Рік	Масштаб	Господарська модель
Нідерланди	Sellingen; Uivermeertjes	2021	41,1; 29,8 МВт	Кар'єрні озера; збереження інших земельних функцій; місцеві фонди [6]
Португалія	Alqueva	2022	5 МВт; 7,5 ГВт·год/рік*	Спільне приєднання з ГЕС; 6 млн євро інвестицій [7]
Франція	O'MEGA1	2019 / 2022	17 → 22 МВт	Повторне використання кар'єру; місцеве співфінансування [8], [9]
Німеччина	Maiwald, Renchen	2019	0,75 МВт; 0,86 ГВт·год**	Близько 75 % виробітку споживає кар'єр [10]
Велика Британія	Queen Elizabeth II	2016	6,3 МВт	Електропостачання водоканалу за РРА приватною мережею [11]
Бельгія	Schansheide, Dessel/Mol	2020	17 250 модулів; 7 ГВт·год/рік*	Енергія для виробництва кварцового піску [12]
Австрія	Grafenwörth	2023	24,5 МВтр; 26,7 ГВт·год/рік*	Два кар'єрні озера; повторне використання території [13]
Швейцарія	Lac des Toules	2019	2 240 м ² модулів	Альпійський демонстратор; приблизно 1 400 кВт·год/кВтр за рік** [14]
Албанія	Banja	2023	2 МВтр; 2,6 ГВт·год/рік*	Доповнення наявної ГЕС 72 МВт [15]

Примітка. * Заявлена проєктна річна генерація; ** повідомлений оператором результат експлуатації. МВтр — пікова потужність модулів; де оператор указує лише МВт, збережено його позначення. Вибірка не є рейтингом або національною статистикою

Джерело: розроблено авторами

Нідерланди та Франція. У Нідерландах у 2021 році введено Sellengen потужністю 41,1 МВтр та Uivermeertjes – 29,8 МВтр. Обидва проєкти розташовані на озерах, утворених видобуванням піску. Девелопер повідомляє про створення місцевих фондів [6]. Французька O'MEGA1 запрацювала у 2019 році з 17 МВтр та була розширена до 22 МВтр у 2022 році [8]. Для її розширення оголошено кампанію місцевого співфінансування на 560 тис. євро [9]. Економічна логіка обох країн – перетворити вже змінені промисловістю водні території на продуктивні активи й залучити громаду до розподілу вигід.

Португалія та Албанія. Alqueva у Португалії має 5 МВт встановленої потужності, заявлений виробіток близько 7,5 ГВт·год/рік та інвестиції 6 млн євро. Ключова особливість — поєднання із ГЕС і використання спільної точки приєднання [7]. В Албанії ПСЕС Banja потужністю 2 МВтр почала комерційну роботу у 2023 році біля наявної ГЕС 72 МВт; прогнозний виробіток становить 2,6 ГВт·год/рік [15]. Такі приклади демонструють можливість додати джерело енергії до існуючого енергетичного вузла без створення нового водосховища.

Німеччина та Бельгія. Станція Maiwald у Німеччині потужністю 750 кВт за перший рік дала 860 тис. кВт·год; приблизно три чверті виробітку використано кар'єром [10]. Збіг сонячного виробництва з робочими годинами підвищує частку власного споживання. У Бельгії Schansheide біля Dessel/Mol складається із 17 250 модулів; оголошений річний виробіток – 7 ГВт·год. Sibelco планувала максимально використовувати енергію у власному виробництві [12]. Отже, ПСЕС стає інструментом керування енергетичною складовою собівартості промислової продукції.

Велика Британія та Австрія. На водосховищі Queen Elizabeth II біля Лондона 6,3 МВт плавучої генерації підключено у 2016 році. Електроенергія надходить приватною мережею до Thames Water за довгостроковим договором РРА [11]. В Австрії у 2023 році реалізовано

Grafenwörth потужністю 24,5 МВтр на двох кар'єрних озерах із прогнозом 26,7 ГВт·год/рік [13]. Перша модель орієнтована на конкретного споживача, друга – на масштабне освоєння водної поверхні як енергетичного майданчика.

Швейцарія. Демонстратор Lac des Toules працює з грудня 2019 року на висоті близько 1 800 м. Оператор повідомив про середній виробіток близько 1 400 кВт·год/кВтр та приблизно 30 % переваги відносно рівнинної генерації [14]. Це сукупний ефект альпійських умов, компонування й двосторонніх модулів, а не окремо виміряний бонус від води. Значення кейсу для України полягає у підтвердженні можливості адаптації плавучих конструкцій до снігу, льоду та значних коливань рівня водойми. Масштаб вибраних станцій зіставлено на основі джерел [6–8, 10, 11, 13, 15] (Рис. 2).



Рис. 2. Масштаб вибраних станцій, введених у 2016–2023 роках

Джерело: розроблено авторами

2. Вплив на економіку підприємств, громад і країн

Канали формування економічного ефекту плавучої генерації узагальнено на Рис. 3.

ПІДПРИЄМСТВО	ГРОМАДА	КРАЇНА
Власна електроенергія	Місцеве співфінансування	Додаткова генерація
Збережений аграрний дохід	Замовлення на монтаж і сервіс	Промислові компетенції
Спільна мережа інфраструктури	Продуктивне використання водойм	Збереження земельних ресурсів

Вимірювання: грошовий потік → місцева додана вартість → ресурсний ефект

Рис. 3. Канали формування економічного ефекту плавучої генерації

Джерело: розроблено авторами

Земля як збережений виробничий ресурс. Збереження землі має два різні ефекти. Для агропідприємства це продовження отримання грошового результату від сівозміни; для території — збереження виробничої бази та можливостей майбутнього використання. Ефект виникає лише тоді, коли реальна наземна альтернатива справді витісняє агровиробництво. Якщо станцію можна розмістити на даху або непродуктивній ділянці, величина цієї конкретної переваги буде іншою. Європейська практика кар'єрних озер цінна саме як досвід уникнення нової конкуренції за землю.

Електроенергія для промисловості та водоканалів. Для споживача важлива різниця між вартістю закупівлі та повною вартістю власної генерації або РРА. Висока частка одночасного споживання зменшує обсяг закупівель і вплив коливань ринку на цю частину

потреб. Національна економіка отримує вигоду через виробничі підприємства, витрати яких стають передбачуванішими. Фактична економія залежить від договору та складу уникнутих платежів; її не можна визначити лише множенням виробітку на повний роздрібний тариф.

Віддача від уже створеної інфраструктури. Спільні підстанції, кабельні коридори, дороги та персонал можуть знизити витрати на додаткову генерацію. Гідроелектростанція з керованим водосховищем також здатна змінювати графік видачі: сонячна енергія вдень дозволяє зберегти частину води для пізніших годин, якщо водний режим це допускає. Саме така інтеграція розширює економічну постановку від окремої панелі до енергетичного комплексу. Вона потребує перевірки пропускної здатності приєднання та погодинної диспетчеризації.

Місцевий капітал і промислові компетенції. Плавучі проєкти створюють замовлення на проєктування, виробництво поплавців, якірні системи, монтаж, моніторинг і сервіс. Ciel & Terre повідомляє про виробництво поплавців у шести країнах, зокрема у Франції [16]. Це демонструє окремий промисловий ланцюг навколо технології. Світовий банк у звіті 2023 року описує нідерландський Bomhofsplas із банківським фінансуванням та участю провінційного фонду, кооперативу і приватного інвестора у власності [19]. Механізм залучення місцевого капіталу може залишати частину доходу в регіоні.

Вода та енергетична незалежність. Зменшення випаровування на придатних водоймах може підтримувати водопостачання, зрошення та гідрогенерацію. Збережена вода має економічну цінність там, де вона дефіцитна і може бути корисно використана. Сонячна генерація також зменшує потребу в інших джерелах електроенергії у відповідні години. Вплив на імпорт палива залежить від того, яку саме генерацію вона заміщує. Тому уникнені імпорتنі витрати та викиди слід розраховувати за моделлю енергосистеми, а не оголошувати автоматично рівними всьому виробітку ПСЕС.

Таким чином, наявні первинні дані підтверджують конкретні інвестиції, постачання енергії підприємствам, моделі місцевої участі та виробничі замовлення. Вони не дають підстав приписувати ПСЕС уже виміряний приріст ВВП перелічених країн. Для такої оцінки потрібні дані про місцеву частку витрат, імпорт обладнання, зайнятість і заміщену генерацію. Запропонована схема визначає, які саме показники слід збирати для України.

3. Технологічні переваги та їх економічне врахування. Перевага охолодження має фізичне підґрунтя: за однакової освітленості зниження температури кіморок зменшує температурні втрати. Ciel & Terre наводить оцінку приросту 2-3 % для спостережень у Нідерландах [20]. Для української моделі доцільно спочатку оцінити чистий річний ефект для конкретної конструкції та місцевої погоди. Потенційне сповільнення температурного старіння слід підтверджувати моніторингом; у фінансовій базі воно не потребує завчасного приписування гарантованого відсотка.

Близькість води може усунути потребу в її автомобільному підвезенні для миття. Практичний посібник Світового банку допускає використання води з водойми, але звертає увагу на специфіку експлуатації [2]. Для проєкту необхідно порівняти витрати на доставку з підготовкою і подачею місцевої води. Відбиття слід враховувати через оптичний розрахунок: воно залежить від поверхні, сонячних кутів і геометрії модулів. Досвід альпійських станцій не означає, що відкрита вода забезпечить такий самий ефект, як сніг.

Кліматична адаптація вже є напрямом промислових розробок. Sungrow FPV описує випробування з'єднань плавучих елементів після витримання за -40°C [17]. Для України це свідчить про наявність технологічних рішень, з яких можна формувати зимостійкі системи. Остаточний проєкт має враховувати льодові переміщення, хвилі, сніг, зміну рівня та доступність обслуговування. Такі вимоги є частиною створення довговічного активу.

Однакові модулі, інвертори та типова сонячна кабельна продукція спрощують зіставлення варіантів. Водночас кріплення, траси кабелів, з'єднання, заземлення й захист мають відповідати водному середовищу. Ресурс модулів визначається одночасно температурою, вологістю, корозійним навантаженням і якістю монтажу [2], [18]. Тому

довговічність забезпечується конструкцією та контролем якості, а оцінка меншої деградації має спиратися на вимірювання.

4. Економічна модель та перспективні застосування в Україні. Європейський досвід визначає три пріоритетні українські моделі. Перша – технічна водойма біля водоканалу, насосної станції, кар'єру або переробного підприємства з денним навантаженням. Друга – зрошувальний резервуар агропідприємства, де ПСЕС підтримує енергопостачання насосів і зберігає поле. Третя – гібридизація з наявною ГЕС на водоймі, придатній за природними та безпековими умовами. Для кожної моделі необхідно підтвердити право користування водоймою, екологічну сумісність і технічну можливість приєднання.

Для оцінки масштабу розглянемо умовну програму 100 МВт. За прийнятого питомого виробітку 1 200 кВт·год/кВт базова річна генерація становить 120 ГВт·год. Сценарії чистого приросту 3, 5 та 7 % дають відповідно 123,6; 126,0 та 128,4 ГВт·год. Це не прогноз конкретних водойм. За 2 га збереженої землі на 1 МВт програма залишає в агровиробництві 200 га. При чистому грошовому результаті 300-800 дол./га щорічний аграрний потік становить 60-160 тис. дол. без додавання валової виручки від врожаю. Сценарні результати наведено на Рис. 4.

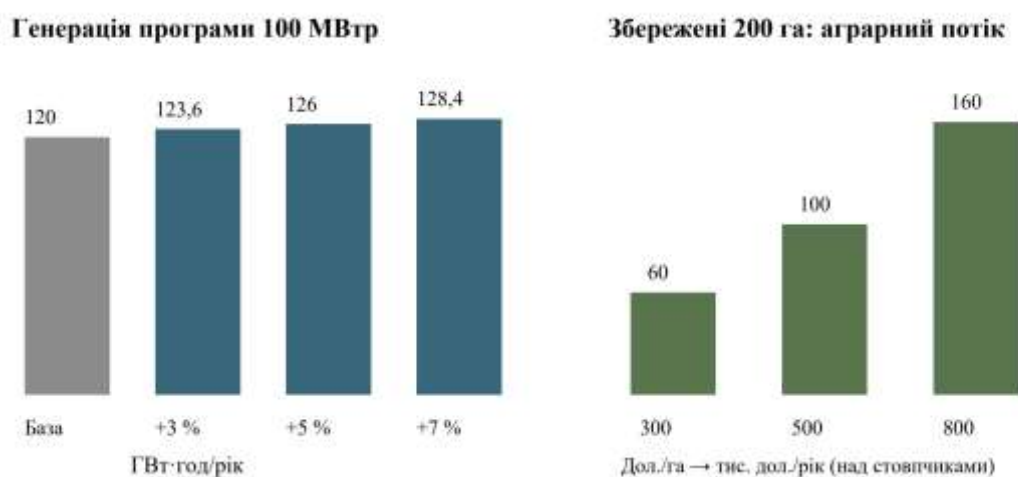


Рис. 4. Сценарій програми 100 МВт: генерація та збережений аграрний потік

Авторський розрахунок; 1 200 кВт·год/кВт, 2 га/МВт. Усі параметри є припущеннями

Джерело: розроблено авторами

Якщо уникнена змінна вартість електроенергії дорівнює 100 дол./МВт·год, то 126 ГВт·год мають розрахункову валову енергетичну вартість 12,6 млн дол./рік за умови використання всього обсягу за такою ціною. Від цього показника віднімаються капітальні й експлуатаційні витрати; він не є прибутком або приростом ВВП. Питомі ціни будівництва 450 тис. дол./МВт для наземної та 650–900 тис. дол./МВт для плавучої СЕС дають бюджет 45 млн та 65–90 млн дол. відповідно. Зміст комплексної оцінки – визначити, які додаткові вигоди майданчика економічно обґрунтовують цю різницю.

Покажемо сценарій недоступної наземної альтернативи: якщо в межах підприємства немає придатної ділянки, вибір відбувається між плавучою генерацією та продовженням закупівлі електроенергії. Тоді ПСЕС відкриває новий інвестиційний проєкт, який не існував би за обмеження лише наземними майданчиками. За наявності обох альтернатив потрібне порівняння їхньої повної вартості та сумарного результату власника. Сумарний результат власника оцінюємо за формулою

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n (p_t E_t - O_t + A_t + W_t) / (1 + r)^t, \quad (1)$$

де I_0 – початкові вкладення; E_t – корисно використана або продана електроенергія; p_t – її зважена економічна вартість; O_t – експлуатаційні витрати; A_t – збережений чистий аграрний

потік; W_t – чистий ефект водозбереження та логістики води; r – ставка дисконту; n – горизонт.

Для власного споживання і продажу застосовують різні ціни. Спільна інфраструктура враховується у I_0 , а охолодження – у E_t ; їх повторне додавання окремими вигодами неприпустиме. Аграрний потік включають до приватного NPV лише тоді, коли він належить тому самому власнику або господарському комплексу.

Окремо перевіримо, за яких умов плавучий об'єкт сам по собі є прибутковою інвестицією. Розрахункова станція 1 МВт виробляє у першому році 1 260 МВт·год; річне зменшення виробітку прийнято 0,5 %, експлуатаційні витрати – 15 тис. дол./рік, строк – 25 років, реальна ставка дисконту – 8 %. Це авторські припущення для аналізу чутливості, а не пропозиція кредитування чи оцінка поточної вартості капіталу в Україні. Розрахунок виконано у сталих доларах до податків і фінансування, без ліквідаційної вартості; O_t включає усереднений резерв на ремонти й заміни. Земельні, водні та мережеві додаткові вигоди не монетизовано у цій перевірці.

Таблиця 2. NPV плавучої станції 1 МВт, тис. дол. (авторський сценарій)

Цінність енергії, дол./МВт·год	$I_0 = 650$ тис. дол.	$I_0 = 775$ тис. дол.	$I_0 = 900$ тис. дол.
90	352	227	102
110	610	485	360
130	869	744	619

Джерело: розроблено авторами

За прийнятих умов беззбиткова з погляду NPV вартість корисної енергії становить приблизно 63–82 дол./МВт·год залежно від капітальних витрат. Отже, позитивна дохідність ПСЕС можлива в усьому заданому діапазоні вартості будівництва за достатньої цінності виробітку. Це доводить інвестиційну перспективність визначених сценаріїв; перевагу над доступною наземною альтернативою встановлюють окремим порівняльним NPV. Зростання ставки дисконту, недовикористання енергії або більші витрати підвищують поріг. Для реального об'єкта до моделі включають податки, погодинний профіль, страхування, обмеження видачі та графік заміни обладнання.

Практичне впровадження доцільно починати з інвентаризації технічних водойм і погодинних навантажень споживачів. На наступному етапі слід порівняти кошториси повністю однакового складу: модулі, інвертори, плавучу систему, приєднання, проектування, податки та резерви. Далі – провести екологічне й інженерне обстеження, погодити використання водойми та організувати моніторинг пілота. Після першого повного сезонного циклу можна уточнити виробіток і витрати, стандартизувати успішне рішення та масштабувати його на подібні майданчики.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Європейські впровадження підтверджують наявність зрілих господарських застосувань плавучої сонячної генерації: промислове власне споживання, енергопостачання водоканалів, повторне використання кар'єрних озер і гібридизація з ГЕС. Отже, інтерес до технології має конкретну економічну основу.

2. Перевага ПСЕС формується через сукупність ресурсів: придатну водну площу, збережене агровиробництво, доступ до споживання, інфраструктуру та потенціал водозбереження. Це пояснює, чому дорожче будівництво може бути раціональним інвестиційним рішенням. Розмір переваги визначає майданчик і модель використання енергії.

3. Для України доцільна програма відбору технічних водойм біля денних споживачів із подальшим інструментальним моніторингом пілотів. Стандартизовані проєктні рішення, довгострокові договори споживання та залучення місцевих виробників можуть поліпшувати фінансованість і локальну економічну віддачу.

4. Плавучі СЕС слід розглядати як перспективний інструмент розвитку української енергетики та господарства. Подальші дослідження мають кількісно визначити повну вартість приєднання, чистий приріст виробітку, вплив на водний баланс і частку доданої вартості, що залишається в Україні.

Конфлікт інтересів: Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів, зокрема фінансового, особистого, авторського чи будь-якого іншого характеру, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, опубліковані в цій статті

Фінансування: Дослідження проводилося без фінансової підтримки

Доступність даних: Дані зібрано з відкритих джерел, та інформації авторів. Повний набір даних готується до оприлюднення з постійним ідентифікатором.

Використання засобів штучного інтелекту: Під час підготовки рукопису використовувався інструмент штучного інтелекту Chat GPT (Open AI; версія 6; модель GPT-4o) для редагування тексту, перевірки узгодженості числових даних із вихідними таблицями і форматування списку літератури за шаблоном журналу. Усі фрагменти, опрацьовані за його допомогою, перевірені й відредаговані авторами. Методологія, дані, результати та висновки є власним інтелектуальним внеском авторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. “Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report”. *Washington, DC: World Bank*. 2019. – Available from: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/670101560451219695/pdf/Floating-Solar-Market-Report.pdf>. – [Accessed: 14.05.2025].
2. “Where Sun Meets Water: Floating Solar Handbook for Practitioners”. *Washington, DC: World Bank*. 2019. – Available from: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/418961572293438109/pdf/Where-Sun-Meets-Water-Floating-Solar-Handbook-for-Practitioners.pdf>. – [Accessed: 14.05.2025].
3. Kakoulaki, G., Gonzalez Sanchez, M. R., Gracia Amillo, A., Szabo, S., De Felice, M., Farinosi, F., De Felice, L., Bisselink, B., Seliger, R., Kougiyas, I. & Jaeger-Waldau, A. “Benefits of pairing floating solar photovoltaics with hydropower reservoirs in Europe”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023; 171: 112989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112989>.
4. “EU Solar Energy Strategy. COM (2022) 221 final”. *European Commission. Brussels*. 2022. – Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0221>. – [Accessed: 14.05.2025].
5. Ковальчук А. І. та Сапожнік А. А. “Плавучі сонячні електростанції в Україні: техніко-економічний та екологічний аналіз”. *Electrical Power and Electromechanical Systems*. 2025; 1 (7): 88–100. DOI: <https://doi.org/10.23939/sepes2025.01.088>.
6. “Two largest Floating-PV parks outside of Asia commissioned”. *BayWa r.e*. 2021. – Available from: <https://www.baywa-re.com/en/news/two-largest-floating-pv-parks-outside-of-asia-commissioned>. – [Accessed: 14.05.2025].
7. “EDP’s pioneer floating solar power plant in Alqueva ready to start producing energy”. *EDP*. 2022. – Available from: <https://edp.com/en/europe/portugal/media/news/edps-pioneer-floating-solar-power-plant-alqueva-ready-start-producing>. – [Accessed: 14.05.2025].
8. “Floating solar: a technology for the future. O’MEGA1 project and its expansion”. *Akuo*. – Available from: <https://www.akuoenergy.com/en/solar/floating-solar>. – [Accessed: 14.05.2025].
9. “AkuoCoop launches a crowdfunding campaign for the extension of O’MEGA1”. *Akuo*. 2021. – Available from: <https://www.akuoenergy.com/presse/akuocoop-lance-une-campagne-dinvestissement-participatif-pour-lextension-du-premier-parc>. – [Accessed: 14.05.2024].
10. “Floating solar plants deliver results”. *EnBW*. 2024. – Available from: <https://www.enbw.com/unternehmen/themen/solarenergie/schwimmende-photovoltaikanlage.html>. – [Accessed: 14.05.2025].

11. “Queen Elizabeth II Reservoir solar. Project profile”. *Lightsource bp*. – Available from: <https://lightsourcebp.com/au/project/queen-elizabeth-ii-reservoir-solar>. – [Accessed: 14.05.2025].
12. “Flanders’ first floating solar park opens at Sibelco”. *Sibelco*. 2020. – Available from: <https://www.sibelco.com/en/news/flanders-first-floating-solar-park-opens-at-sibelco>. – [Accessed: 14.05.2024].
13. “Largest Floating-PV plant in Central Europe realised”. *BayWa r.e*. 2023. – Available from: <https://www.baywa-re.com/en/news/largest-floating-pv-plant-in-central-europe-realised>. – [Accessed: 14.05.2025].
14. “Floating solar park on Lake Toules: results of the demonstration project”. *Romande Energie*. 2023. – Available from: <https://www.romande-energie.ch/espace-presse/communiqués-de-presse/parc-solaire-flottant-sur-le-lac-des-toules>. – [Accessed: 14.05.2025].
15. “Statkraft completes construction of first R&D floating solar plant in Albania”. *Statkraft*. 2023. – Available from: <https://www.statkraft.com/newsroom/news-and-stories/2023/statkraft-completes-construction-of-first-rd-floating-solar-plant-in-albania>. – [Accessed: 14.05.2025].
16. “From raw material to float: the industrial process at Ciel & Terre”. *Ciel & Terre*. 2025. – Available from: <https://ciel-et-terre.net/from-raw-material-to-float-the-industrial-process-at-ciel-terre>. – [Accessed: 14.05.2025].
17. “Arctic Challenge – FPV Solutions for Extreme Climates”. *Sungrow FPV*. 2026. – Available from: https://en.sungrowfpv.com/news_detail/101.html. – [Accessed: 14.05.2026].
18. “Floating Photovoltaic Power Plants: A Review of Energy Yield, Reliability, and Maintenance”. *IEA PVPS Task 13*. 2025. – Available from: <https://iea-pvps.org/key-topics/t13-floating-pv-plants-review-2025>. – [Accessed: 14.05.2026].
19. “Unlocking the Potential of Floating Solar Photovoltaics in India. Vol. 1: Main Report”. *World Bank*. 2023. – Available from: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099818012142386722/pdf/IDU0e54d172b08f76047220bfaf0d16144e01f97.pdf>. – [Accessed: 14.05.2025].
20. “Frequently asked questions. Energy yield and electrical design of floating PV”. *Ciel & Terre*. – Available from: <https://ciel-et-terre.net/faq>. – [Accessed: 14.05.2025].

Отримано 02.09.2026

Отримано після перегляду 05.10..2026

Прийнято 12.10..2026

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.03.2026.92>

UDC 004.41:004.85

Floating solar power plants as a driver of economic development: European experience and prospects for Ukraine

Andrii A. Sapozhnik¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2589-4908>; andriisapozhnik@gmail.com

Andrii I. Kovalchuk¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2330-5153>; kovalchuk.an.iv@gmail.com Scopus Author ID: 57222193518

Vasyl M. Khai¹⁾

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7878-5192>; vasyi.m.khai@lpnu.ua

¹⁾ Lviv Polytechnic National University

ABSTRACT

The economic rationale for developing floating photovoltaic power plants in Ukraine is examined using World Bank publications, European Commission research and evidence from implemented European projects. The objective is to identify how the use of water surfaces for electricity generation creates value for enterprises, communities and the national economy. A comparative case analysis covers the Netherlands, Portugal, France, Germany, the United Kingdom, Belgium, Austria and Switzerland, with an

additional hydropower hybrid in Albania. European deployment is primarily associated with expanding the range of suitable sites, reusing industrial water bodies, supplying water utilities and industrial facilities, and integrating solar generation with existing hydropower assets. The resulting benefits include preserving agricultural activity, sharing grid infrastructure, reducing electricity purchases, developing engineering capabilities and attracting local investment. Comparing capital expenditure per megawatt alone cannot capture these effects. The paper distinguishes the financial return of a power plant, the combined return of an integrated business and the wider economic value of the investment. Technical reservoirs near daytime consumers, irrigation reservoirs and suitable hydropower sites are identified as promising applications for Ukraine. A transparent 100 MW scenario illustrates the scale of electricity production and retained agricultural income. Cooling, reduced water delivery for module cleaning and potential water conservation are considered within their site-specific boundaries. Published operational observations are distinguished from project forecasts and technical potential estimates. The findings support floating photovoltaics as a credible investment and economic development opportunity where electricity demand, water infrastructure and land preservation are aligned. The proposed assessment framework helps select projects that can translate these advantages into measurable outcomes rather than relying on a universal assumption of lower generation costs.

Keywords: reservoir; land use; agriculture; hybridisation; self-consumption; investment; water conservation; energy security

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ



Сапожнік Андрій Андрійович – студент магістратури кафедри Інженерії програмного забезпечення. Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12. Львів, 79013, Україна
Галузь досліджень: альтернативна енергетика

Andrii A. Sapozhnik – master student at the Department of Software Engineering, Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera Street, Lviv, 79013, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2589-4908>; andriisapozhniik@gmail.com
Research field: Alternative energy



Ковальчук Андрій Іванович – кандидат технічних наук, асистент кафедри Електромеханічних та електротехнічних систем. Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12. Львів, 79013, Україна

Галузь досліджень: альтернативна енергетика, електротранспорт

Andrii I. Kovalchuk – Candidate of Engineering Sciences, Assistant, Department of Electromechanical and Electrical Systems, Lviv Polytechnic National University, 12, Stepan Bandera Street. Lviv, 79013, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2330-5153>; kovalchuk.an.iv@gmail.com; Scopus Author ID: 57222193518
Research field: Alternative energy, electric transport



Хай Василь Михайлович - аспірант кафедри технічної та загальної Електротехніки. Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12. Львів, 79013, Україна

Галузь досліджень: електрична інженерія

Vasyl Mykhailovych Khai – PhD student, Department of Theoretical and General Electrical Engineering, Lviv Polytechnic National University, 12 Stepan Bandera Street. Lviv, 79013, Ukraine.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7878-5192>; vasyl.m.khai@lpnu.ua
Research field: Electrical Engineering