

Звіт підготовлений для:

Звіт підготували:

**ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ
(ПРОГРАМА USELF)**

**Технічний звіт з оцінки потенціалу
відновлюваної енергетики в Україні:**

Сонячна енергетика

Один з п'яти технічних звітів з питань розвитку відновлюваної енергетики, підготовлений в рамках Стратегічного екологічного аналізу Програми USELF

ПРОЕКТНІ СЦЕНАРІЇ ДЛЯ ПРОГРАМИ ФІНАНСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ: СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

ЗМІСТ

1.	ВСТУПНА ЧАСТИНА.....	4
2.	РЕСУРСИ І ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	4
2.1	Пропоновані проекти розвитку сонячної енергетики	4
2.2	Райони концентрації ресурсів сонячної енергії.....	5
2.3	Підключення об'єктів сонячної енергетики до єдиної енергомережі	6
3.	ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЙ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	8
3.1	Компоненти і конфігурація установок	8
3.2	Експлуатація і технічне обслуговування.....	13
3.3	Огляд технологій сонячної енергетики	14
3.4	Питання вибору майданчика	18
3.5	Будівельні роботи	18

Таблиці

Таблиця 2-1.	Заявлені проекти розвитку сонячної енергетики на базі ФГ-електростанцій..	5
Таблиця 2-2.	Типові експлуатаційні показники для різних технологій і регіонів.....	5
Таблиця 2-3.	Максимальний розрахунковий потенціал розвитку сонячної енергетики	7
Таблиця 3-1.	Площі земельних ділянок, зайнятих типовими сонячними установками.....	15
Таблиця 3-2.	Середні рівні витрат на будівництво сонячних установок.....	15

Рисунки

Рисунок 3-1.	Концептуальний устрій сонячної фотогальванічної установки.....	8
Рисунок 3-2.	Типові компоненти ФГ-установки	9
Рисунок 3-3.	Рамні конструкції сонячних фотогальванічних установок	10
Рисунок 3-4.	Типова сонячна установка потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з кристалічного кремнію.....	11
Рисунок 3-5.	Схема сонячної установки потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з кристалічного кремнію.....	11
Рисунок 3-6.	Схема сонячної установки потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з тонкої плівки	12
Рисунок 3-7.	Схема одноосної сонячної установки потужністю 1 МВт на базі модулів з кристалічного кремнію.....	12
Рисунок 3-8.	Схема двоосної сонячної установки потужністю 1 МВт на базі модулів з кристалічного кремнію.....	13
Рисунок 3-9.	Період окупності енергії, витраченої на виробництво дахових ФГ-установок (Національна лабораторія США з питань розвитку відновлюваної енергетики (NREL), 2009)	14
Рисунок 2-1:	Мапа розподілу середньодобових рівнів поверхневої щільності потоку сонячного випромінювання	22

Інформація щодо процесу розробки та розгляду документу:

№ версії	Підготували:	Розглянули:	Затвердили до подання:	Дата подання:	Статус подання:
v1	Мон Хонг (список буде доповнений)	Мон Хонг	Джей Ебботт	11 травня 2011	Проект звіту для ЄБРР
v2	Мон Хонг	Мон Хонг	Джей Ебботт	1 вересня 2011	Проект звіту для ЄБРР
v3					

№ проекту за системою B&V 167767

№ проекту за системою замовника TCS ID 29098

Примітка:

Цей звіт призначений виключно для ЄБРР. Якість наведеної в ньому інформації, висновків та оцінок відповідає зусиллям, витраченим спеціалістами компанії BV на його підготовку, а сам звіт базується на: i) інформації, наявній на час підготовки звіту, ii) даних, отриманих із зовнішніх джерел, та iii) припущеннях, умовах та оцінках, наведених в його тексті. Цей звіт призначений для потреб ЄБРР і має використовуватись у відповідності до умов, визначених контрактом між Банком і компанією BV. Використання цього документу або посилання на нього третіми сторонами в будь-яких інших цілях є питанням власного ризику цих сторін.

ПРОЕКТНІ СЦЕНАРІЇ ДЛЯ ПРОГРАМИ ФІНАНСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ: СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

1. ВСТУПНА ЧАСТИНА

Метою цього технічного звіту є забезпечення Групи з підготовки Стратегічного екологічного аналізу (СЕА) Програми USELF інформацією про типовий сценарій розвитку сонячної енергетики в процесі її роботи над підготовкою Звіту з СЕА. В цьому звіті розглядаються потенційні місця розташування, варіанти технологій та умови експлуатації об'єктів, передбачених сценарієм розвитку сонячної енергетики. Особлива увага приділяється обмеженням технічного характеру, пов'язаним з наявністю відповідних ресурсів і технологій для використання енергії сонця. В той же час, обмеження екологічного і соціально-економічного характеру не розглядалися в рамках цього звіту, оскільки вони вивчатимуться окремо в матеріалах Звіту з СЕА. Цей звіт жодною мірою не має на меті обмежити або виключити можливості майбутнього розвитку та використання інших технологій, які лишилися поза його рамками.

Цей документ містить два наступні розділи:

- Ресурси і потенціал використання енергії сонця
- Характеристики технологій сонячної енергетики

Розділ 2 (Ресурси і потенціал використання енергії сонця) містить корисну для розробників СЕА інформацію щодо наявності та кількості ресурсів енергії сонця по всій країні, а також про ті її райони, які характеризуються найбільшими обсягами цих ресурсів.

Розділ 3 (Характеристики технологій сонячної енергетики) присвячений технологіям використання енергії сонця для виробництва електроенергії. В ньому розглядаються ключові експлуатаційні показники, особливості під'єднання установок до енергосистеми, їхньої експлуатації та обслуговування, а також питання наявності відповідного технологічного обладнання в Україні. В цьому розділі також розглядаються найтипівіші питання, пов'язані з вибором майданчиків та будівництвом сонячних установок, які також є дотичними до процесу СЕА.

Що стосується типу сонячних установок, то предметом розгляду у цьому звіті є великі промислові сонячні фотогальванічні (ФГ) установки наземного базування, підключені до єдиної енергомережі відповідно до вимог схеми «Зелених тарифів».

2. РЕСУРСИ І ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Обсяг наявних ресурсів сонячної енергії в Україні має бути достатнім для забезпечення роботи великих промислових сонячних фотогальванічних (ФГ) установок, які підпадають під дію існуючої схеми «Зелених тарифів» і можуть бути розташовані в більшості регіонів країни, за виключенням найзахідніших областей і місцевостей з гірським рельєфом.

2.1 Пропоновані проекти розвитку сонячної енергетики

Великі промислові сонячні ФГ-електростанції, які пропонуються до використання в Україні, головним чином зосереджені в Криму, Одесі і Києві. Деякі приклади

заявлених проєктів наведені у наступній таблиці (Таблиця 2-1). Передбачені цими проєктами станції мають потужність від 20 до 100 МВт.

Таблиця 2-1. Заявлені проєкти розвитку сонячної енергетики на базі ФГ-електростанцій

Проект	Місце розташування	Область	Потужність (MW)	Розробник
СЕС в селі Охотникове	Охотникове (Сакський район)	Крим	100	Activ Solar
СЕС в селі Перово	Перово (Сімферопольський район)	Крим	80	Activ Solar
СЕС в селі Трудовому	Трудове	Крим	100	Activ Solar
СЕС в селі Родникове	Родникове	Крим	20	Activ Solar
СЕС Sinosol Крим	Крим	Крим	20	Sinosol AG

Джерело: www.ebrdrenewables.com.

2.2 Райони концентрації ресурсів сонячної енергії

Приклади сонячних електростанцій, наведені в наступній таблиці (Таблиця 2-2), демонструють, що найперспективнішими районами для розвитку сонячної енергетики є Крим і Південна Україна. Центральні і східні райони України характеризуються помірно добрим рівнем наявності ресурсів для розвитку сонячної енергетики, але в кожному індивідуальному випадку необхідно ретельно вивчати і враховувати такі питання як економічна доцільність, наявність хвилястого / гірського рельєфу і вибір оптимальної технології. Що стосується західного регіону України, менш сприятливі умови для формування ресурсів у поєднанні з різко пересіченою місцевістю роблять розвиток великих сонячних електростанцій в цьому регіоні дуже складним завданням.

Таблиця 2-2. Типові експлуатаційні показники для різних технологій і регіонів

	Інсоляція ПЩПСВ** (кВт-годин/м ²)	Коефіцієнт використання потужностей*			
		Модулі з кристалічного кремнію з фіксованим кутом нахилу	Модулі з тонкої плівки з фіксованим кутом нахилу	Одноосні кристалічні модулі з системою стеження	Двоосні кристалічні модулі з системою стеження
Крим/Одеса (Південь/Узбережжя)	1,357	16%	17%	18%	22%
Київ (Центр)	1,197	15%	15%	16%	20%
Донецьк (Схід/Південь)	1,192	15%	15%	16%	20%
Львів (Захід)	1,056	13%	13%	14%	17%

Примітки:
 *Розрахунковий коефіцієнт використання потужності в точці підключення.
 ** Поверхнева щільність потоку сонячного випромінювання

Крим/Одеса: Крим і Одеса характеризуються аналогічними обсягами ресурсів для розвитку сонячної енергетики і мають великі ділянки рівнинної місцевості, які

можуть бути використані для будівництва великих сонячних електростанцій. На Півдні Криму переважає гірська місцевість і навряд чи знайдуться рівнинні ділянки достатньої площі для будівництва ФГ-установок потужністю 1+ МВт. Північно-західна частина Одеської області також має хвилясту місцевість, тому розвиток сонячної енергетики в південній частині вважається більш доцільним. Саме ці регіони України мають найвищий потенціал для розвитку сонячної енергетики.

Східна Україна: Обсяги ресурсів для розвитку сонячної енергетики в цьому регіоні є помірними. Будівництво сонячних електростанцій в цій частині країни має бути зосереджене на відносно рівнинних суміжних одна з іншою ділянках. Оскільки Східна Україна є центром сільськогосподарського виробництва країни, проекти розвитку сонячної енергетики конкуруватимуть з такими видами землекористування як вирощування сільськогосподарської продукції і випас сільськогосподарських тварин.

Центральна Україна: Так само, як і Східна Україна, цей регіон характеризується помірними обсягами ресурсів для розвитку сонячної енергетики і наявністю кількох великих ділянок рівнинної місцевості для будівництва великих електростанцій.

Західна Україна: Західні області України (Волинська, Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська і Тернопільська) мають дуже обмежені можливості для розвитку сонячної енергетики через менші обсяги ресурсів і різко пересічений рельєф, який переважає на більшій частині їхньої території.

2.3 Підключення об'єктів сонячної енергетики до єдиної енергомережі

На Рисунку 2-1 показані середньодобові рівні поверхневої щільності потоку сонячного випромінювання (ПЩПСВ) в різних регіонах України.

Оскільки сонячне випромінювання присутнє всюди, можливості для будівництва сонячних електростанцій промислового масштабу потужністю від 1 Мвт і вище обмежуються іншими факторами, такими як наявність земельних ділянок для розміщення ФГ-установок, економічна доцільність використання конкретних майданчиків, а також можливість підключення до локальних розподільчих і постачальних мереж. В Криму можуть існувати певні обмеження в плані спроможності єдиної енергомережі прийняти весь обсяг виробленої електроенергії в тому випадку, коли паралельно з сонячними електростанціями працюють великі вітрові електростанції. Сценарії розвитку сонячної енергетики в розрізі регіонів проілюстровані в наступній таблиці (Таблиця 2-3) за двома варіантами: тільки сонячна енергетика і сонячна енергетика в комбінації з вітровою енергетикою.

Найякісніші ресурси для розвитку сонячної енергетики зосереджені в Криму і Одеській області, і саме ці регіони стануть центрами цього розвитку. В Придніпровському регіоні єдиним обмеженням для розвитку сонячної енергетики є рівень навантаження в місцевих постачальних мережах, які характеризуються дуже високим рівнем розвитку і розгалуженості. Оскільки ресурси для розвитку сонячної енергетики є не настільки якісними (і не такими рентабельними), як в Одесі і Криму, для розміщення ФГ-установок загальною потужністю 4000 МВт буде потрібно біля 15,000 гектарів (або 150 кв. км) землі. Найвищим потенціалом для розвитку сонячної енергетики в Придніпровському регіоні характеризується Запорізька область.

Що стосується Донбасу, північних, південно-західних і західних областей, то вважається, що вони не є перспективними для розвитку сонячної енергетики через менш оптимальні обсяги ресурсів і хвилястий або гірський рельєф місцевості.

Більш детальний розгляд питань підключення сонячних електростанцій до єдиної енергомережі і пов'язаних з цим обмежень наводиться у Додатку В.

Таблиця 2-3. Максимальний розрахунковий потенціал розвитку сонячної енергетики

Регіональна енергомережа	Область	Регіональний потенціал розвитку сонячної енергетики (тільки сонячна енергетика), МВт	Регіональний потенціал розвитку сонячної енергетики (сонячна енергетика в комбінації з вітровою енергетикою), МВт
Центр	Черкаська Чернігівська Київська Житомирська	1,800	571
Крим	Крим	2,839	710
Придніпров'я	Дніпропетровська Кіровоградська Запорізька	3,980	1,001
Донбас	Донецька Луганська	0	0
Північ	Харківська Полтавська Сумська	0	0
Південь	Херсонська Миколаївська Одеська	1,281	320
Південний Захід	Чернівецька Хмельницька Тернопільська Вінницька	0	0
Захід	Івано-Франківськ Львівська Рівненська Волинська Закарпатська	0	0
Всього		9,900	2,602
<i>Джерело: Аналіз спеціалістів компанії Black & Veatch</i>			

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЙ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

В цьому розділі розглядаються промислові сонячні фотогальванічні (ФГ) установки трьох типів, визначених у Звіті з оцінки обсягів і складу робіт з СЕА: сонячні ФГ-установки малої потужності від 1 до 5 МВт, сонячні ФГ-установки середньої потужності від 5 до 20 МВт, а також сонячні ФГ-установки великої потужності вище 20 МВт.

3.1 Компоненти і конфігурація установок

Фотогальванічна установка має в своєму складі три ключових елементи: ФГ-модулі, інвертори і рами для сонячних панелей. Ще одним важливим елементом є інфраструктура підключення до ліній середньої і високої напруги, особливо для середніх і великих сонячних електростанцій. Інші елементи, відомі під спільною назвою «Баланс системи», включають електропроводку, блоки об'єднувачів, пристрої відключення, вимірювальне і моніторингове обладнання. Схема конструкційного устрою і елементи типових ФГ-установок показані на наступних рисунках (Рисунок 3-1 і Рисунок 3-2).

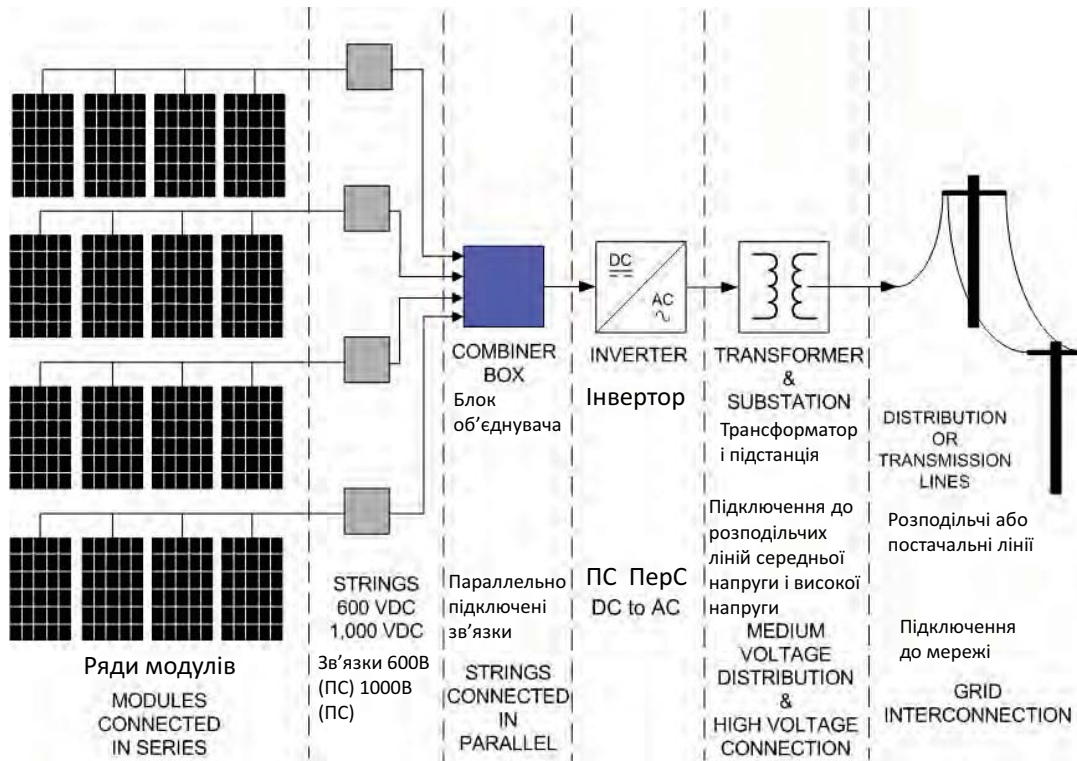


Рисунок 3-1. Концептуальний устрій сонячної фотогальванічної установки



Рисунок 3-2. Типові компоненти ФГ-установки

- ФГ-модулі і зв'язки:** За технологією виготовлення плоскі ФГ-модулі діляться на дві широкі категорії: модулі з кристалічного кремнію і модулі з тонкої плівки. Фотогальванічні модулі з кристалічного кремнію зазвичай мають наступні розміри: ширина 100 см, висота 190 см, анодована алюмінієва рамка товщиною 1 см і вагою біля 25 кг. Модулі з тонкої плівки мають менший розмір (наполовину) і два шари скла без рамки.

Модулі з кристалічного кремнію є більш ефективними і виробляють більше енергії на одиницю поверхні у порівнянні з модулями з тонкої плівки. Для розміщення цих модулів потрібно 0.85 гектарів на кожен мегават, а вся установка займатиме біля 2.6 гектарів на мегават¹. З іншого боку, модулі з тонкої плівки мають певні економічні переваги у порівнянні з модулями з кристалічного кремнію, оскільки вони є набагато дешевшими у виробництві. Для розміщення цих модулів потрібно біля 1.1 гектару на кожен мегават, а вся установка займатиме приблизно 4.5 гектарів на мегават² встановленої потужності, тобто вдвічі більше місця, ніж установка з кристалічного кремнію.

Що стосується підключення до електромережі, то модулі об'єднуються у зв'язки. На наступному рівні зв'язки паралельно підключаються до об'єднувача. Далі кілька об'єднувачів системи підключаються до центрального інвертора, який перетворює постійний струм, вироблений модулями, в перемінний струм.

- Інвертори і трансформатори:** Інвертор є головним елементом перетворюючого блоку системи, в якому вироблений модулями постійний струм перетворюється в перемінний струм, придатний для постачання до єдиної енергомережі. В системах, які розглядаються в рамках СЕА, типовий перетворюючий блок включає два інвертори високої потужності, які й формують перетворюючий блок потужністю від 1 до 2 МВт. Конструкція такого типу відома як центральний інвертор з ефективністю перетворення від 97 до 98 відсотків.

В системах таких рівнів потужності, які розглядаються в рамках СЕА, пристрій виводу інвертора підключається до трансформатора, який підвищує напругу до рівня розподільчих мереж. Всі трансформатори підключені до розподільчого

¹ Типова установка наземного базування з фіксованим кутом нахилу, коефіцієнтом охопту поверхні земельної ділянки 30 відсотків і номінальною потужністю 1,2 МВт-пік.

² Такі ж самі характеристики, як і у попередньому випадку.

пристрою, який також може бути і точкою підключення до енергомережі через підстанцію. У випадку великих сонячних електростанцій напруга струму на виході з розподільчого пристрою підвищується до рівня розподільчих або постачальних мереж перед тим, як надійти до єдиної енергомережі.

- **Рами:** Рамні конструкції утримують модулі сонячних батарей. Матеріал і устрій рамних конструкцій повинні бути здатними утримувати сонячні елементи протягом всього терміну експлуатації електростанції. Рамні конструкції зазвичай виробляються з гальванізованої сталі або алюмінію з метою запобігання корозії. Виробники рамних конструкцій повинні забезпечити такий гарантований рівень структурної цілісності, який буде здатний витримувати сейсмічні поштовхи (якщо необхідно) і пориви силою більше 80 км/годину (типова вимога). Рамні конструкції можуть бути нерухомими або поворотними. Поворотний механізм відстежує рух сонця для того, щоб збільшити продуктивність сонячної установки. Найтипівішими варіантами поворотних рамних конструкцій з системами стеження є горизонтальні, одноосні і двоосні конструкції. На наступному рисунку (Рисунок 3-3) показані різні типи рамних конструкцій. Ці системи мають різні рівні продуктивності – двоосна конструкція з системою стеження має найвищий рівень, а нерухома конструкція має найнижчий рівень продуктивності. При цьому двоосна конструкція з системою стеження є найдорожчою, а нерухома рамна конструкція може стати найбільш привабливим варіантом з огляду на очікувані рівні прибутків від продажу електроенергії.



Нерухома рамна конструкція

Одноосна поворотна конструкція з системою стеження

Двоосна поворотна конструкція з системою стеження

Рисунок 3-3. Рамні конструкції сонячних фотогальванічних установок

На наступному рисунку (Рисунок 3-4) показана фотогальванічна установка потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з кристалічного кремнію. Установки більшої потужності потребуватимуть пропорційно більшої площі.



Рисунок 3-4. Типова сонячна установка потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з кристалічного кремнію

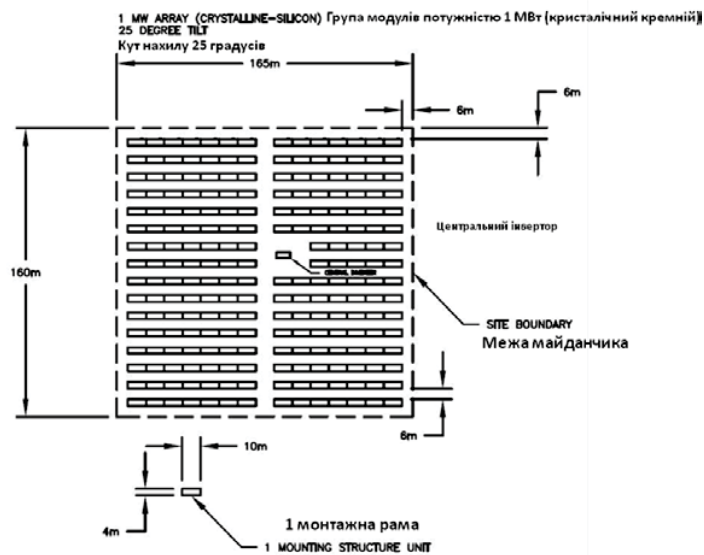


Рисунок 3-5. Схема сонячної установки потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з кристалічного кремнію

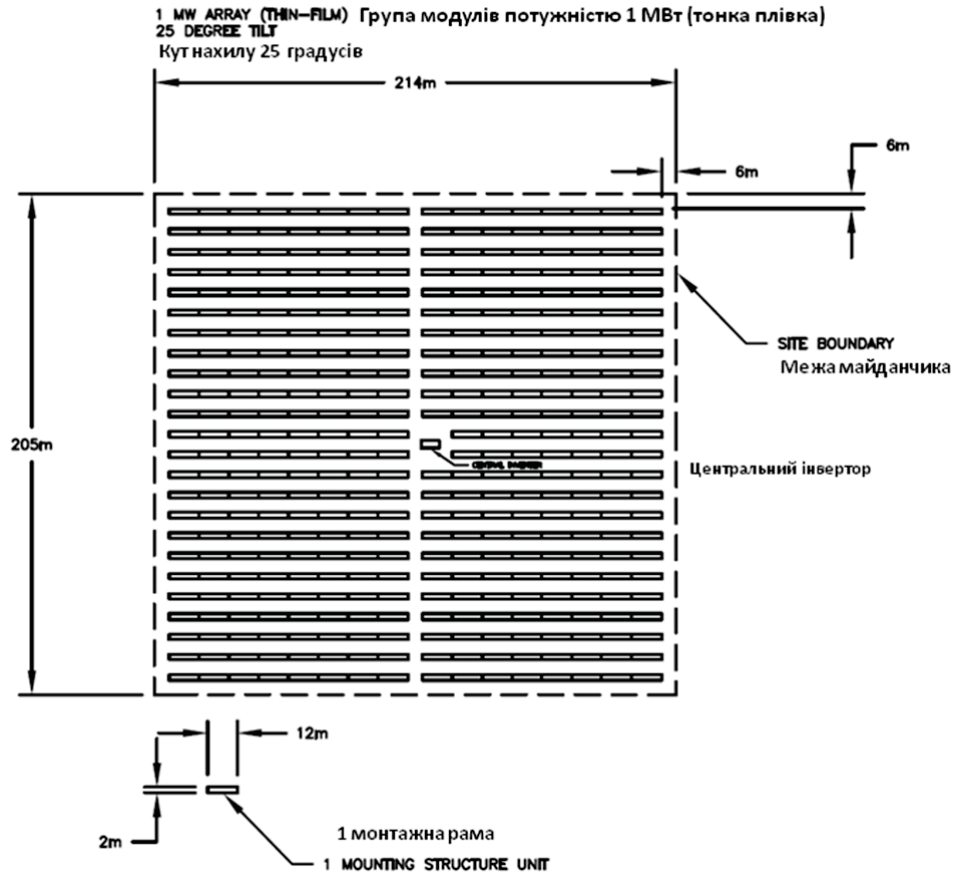


Рисунок 3-6. Схема сонячної установки потужністю 1.0 МВт на базі нерухомих модулів з тонкої плівки

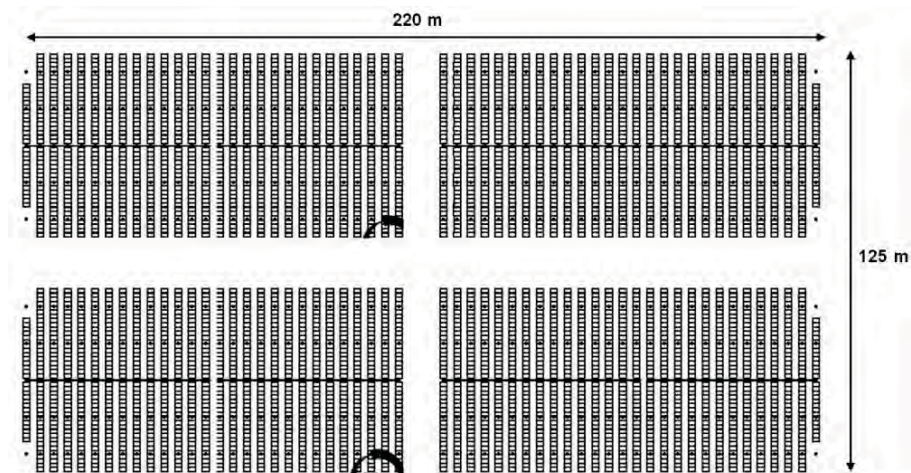


Рисунок 3-7. Схема одноосної сонячної установки потужністю 1 МВт на базі модулів з кристалічного кремнію

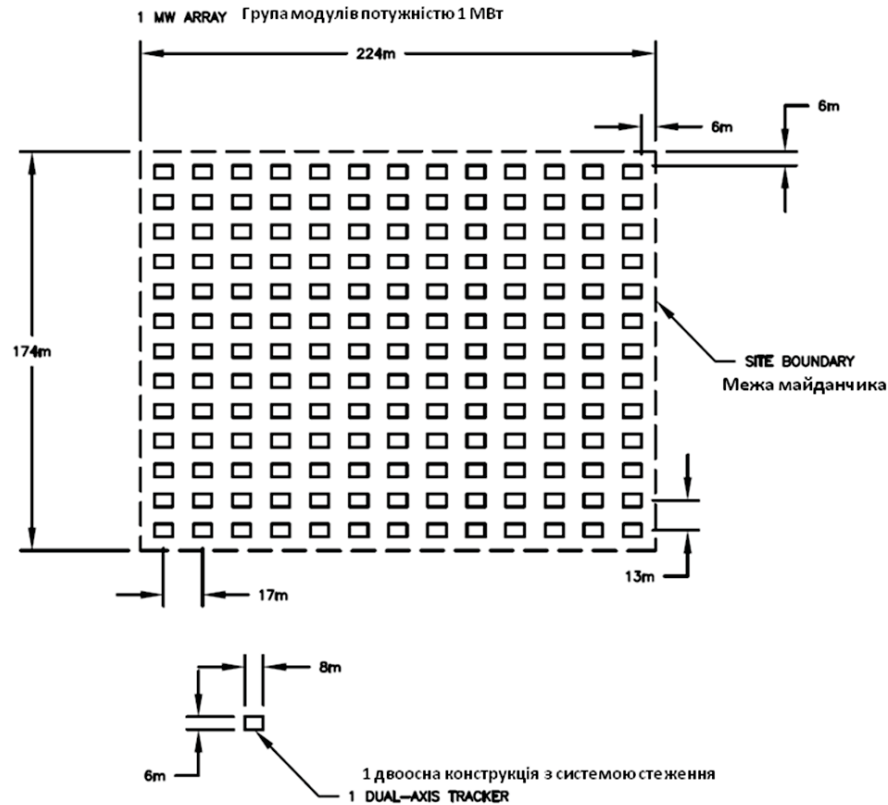


Рисунок 3-8. Схема двоосної сонячної установки потужністю 1 МВт на базі модулів з кристалічного кремнію

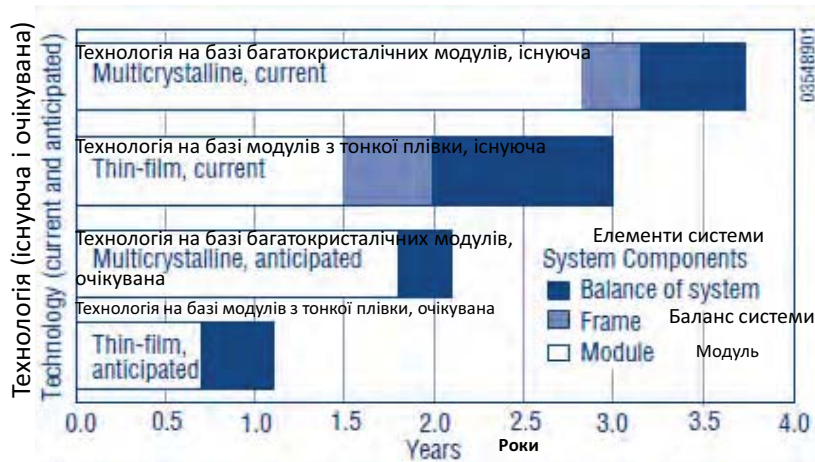
3.2 Експлуатація і технічне обслуговування

У порівнянні з іншими типами електростанцій, фотогальванічні станції є менш вимогливими в плані технічного обслуговування і потребують набагато менше персоналу (якщо він взагалі необхідний) на майданчику станції. Найвимогливішим елементом конструкції є інвертори, і вони ж вважаються основною причиною більшості перебоїв в роботі електростанції. Але технологія виробництва інверторів значно удосконалилась протягом кількох останніх років. Сучасні інвертори зараз випускаються з 20-річною гарантією³, а найтипівіші поломки – якщо вони взагалі трапляються – зазвичай виникають на стадії вводу в експлуатацію або на початковому етапі експлуатації, і тому мають гарантійне покриття. Крім планових техоглядів інверторів і трансформаторів, інші передбачені заходи з технічного обслуговування включають періодичне миття модулів, а також непланове обслуговування, яке потребує мінімальної кількості персоналу. Великі установки промислового типу інколи утримуються силами одного-двох операторів, які виконують всі необхідні операції. З розвитком складного електронного контрольно-комунікаційного обладнання сонячні електростанції поступово наближаються до повної автоматизації, яка забезпечить можливість дистанційного управління роботою станції. Моніторинг роботи систем в багатьох випадках вже зараз проводиться в дистанційному режимі.

В процесі роботи сонячні фотогальванічні електростанції не утворюють викидів. Однак в процесі виробництва модулів і елементів сонячних електростанцій витрачаються великі обсяги енергії. За даними дослідження, проведеного на

³ Гарантії подовженого терміну дії, стандартний гарантійний термін становить від 5 до 10 років.

замовлення Національної лабораторії США з питань розвитку відновлюваної енергетики (U.S. National Renewable Energy Lab (NREL)), був розрахований період окупності енергії, витраченої на виробництво сонячних елементів і супутнього обладнання. Результати розрахунків показані на наступному рисунку⁴. Існуючі технології виробництва фотогальванічних систем наразі забезпечують період окупності витраченої енергії на рівні 3-4 років, але виробники поставили мету в майбутньому скоротити цей період до 1-2 років. Враховуючи те, що передбачений експлуатаційний вік сонячних панелей становить 20-25 років, витрати енергії на їхнє виробництво з використанням існуючих сьогодні технологій становлять порядку 15% від сумарного обсягу виробництва енергії за весь термін експлуатації цього обладнання.



Reaping the environmental benefits of solar energy requires spending energy to make the PV system. But as this graphic shows, the investment is small. Assuming 30-year system life, PV systems will provide a net gain of 26 to 29 years of pollution-free and greenhouse-gas-free electrical generation.

Для того, щоб мати можливість скористатись екологічними перевагами сонячної енергетики, необхідно витратити певний обсяг енергії на виробництво фотогальванічної системи. Але як показує графік, обсяг капіталовкладень є незначним. Виходячи з 30-річного періоду експлуатації фотонгальванічної системи, можна поррахувати, що її використання забезпечить чистий позитивний ефект у вигляді від 26 до 29 років виробництва електроенергії без викидів забруднюючих речовин і парникових газів

Рисунок 3-9. Період окупності енергії, витраченої на виробництво дахових ФГ-установок (Національна лабораторія США з питань розвитку відновлюваної енергетики (NREL), 2009)

3.3 Огляд технологій сонячної енергетики

Наступні таблиці (Таблиця 3-1 і Таблиця 3-2) містять інформацію про площі земельних ділянок і рівні витрат, необхідних для реалізації типових проектів будівництва сонячних електростанцій в Україні. Для електростанцій більшої потужності (>20 МВт) потреба в землі за розміром дорівнюватиме площі невеликого сільськогосподарського підприємства. Існують плани щодо будівництва великих електростанцій потужністю 100 МВт, які займатимуть до 250–450 гектарів землі.

⁴ Найпопулярніші питання про фотогальванічні системи (PV FAQs, NREL. 2009)

Таблиця 3-1. Площі земельних ділянок, зайнятих типовими сонячними установками

	(га/МВт)	Установка потужністю 1-5 МВт (га)	Установка потужністю 5-20 МВт (га)	Установка потужністю 20+ МВт (га)
Модуль з кристалічного кремнію з фіксованим кутом нахилу	2.6	3-13	13-52	>52
Модуль з тонкої плівки з фіксованим кутом нахилу	4.5	5-23	23-90	>90
Одноосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	2.8	3-16	16-64	>64
Двоосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	2.8	4-19	19-76	>76

Таблиця 3-2. Середні рівні витрат на будівництво сонячних установок

	Вартість встановленої потужності (\$/кВт-пік)			Експлуатаційні витрати (\$/кВт-пік)
	Установка потужністю 1-5 МВт (га)	Установка потужністю 5-20 МВт (га)	Установка потужністю 20+ МВт (га)	
Модуль з кристалічного кремнію з фіксованим кутом нахилу	4900-5400	3700-4200	2900-3400	30-40
Модуль з тонкої плівки з фіксованим кутом нахилу	4700-5200	3500-4000	2800-3300	30-40
Одноосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	5900-6400	4700-5200	3700-4200	50-60
Двоосний модуль з кристалічного кремнію з системою стеження	6500-7000	5000-5500	4300-4800	50-60

(а) Підключення до енергомережі

- Сонячні фотогальванічні установки включають сонячні панелі постійного струму, об'єднані між собою у зв'язку в інверторі, який перетворює постійний струм у перемінний. Інвертори створюють дуже незначну можливість для надходження струму короткого замикання на землю до системи. Робота інверторів призводить до зростання вмісту вищих гармонік в системі через роботу силової електроніки, яка забезпечує перетворення постійного струму в перемінний струм. Це, в свою чергу, може впливати на стабільність

підключення до енергомережі, особливо у випадку енергетичних систем меншої потужності (наприклад, радіальних розподільчих мереж). Хоча інвертори є дуже незначним джерелом надходження струму ушкодження, трансформатори на бетонній подушці також можуть створювати струм пошкодження, хоча його рівень є досить низьким у порівнянні з іншими технологіями виробництва електроенергії. Існують різні моделі трансформаторів на бетонній подушці, які можуть впливати на зростання або скорочення рівнів струму пошкодження в системі, і тому дуже важливо спроектувати таку систему, яка буде здатна утримувати опір нульової послідовності на мінімальному рівні і при цьому мати певну ємність відносно землі (для того, щоб уникнути стрибків напруги). Для збільшення опору нульової послідовності до з'єднань нейтралі мережі можуть бути підключені реактори нейтралі або резистори, які зменшуватимуть рівень струму пошкодження. В залежності від рівня потужності сонячних електростанцій можуть виникати різні проблеми з підключенням до енергомережі. Ці проблеми розглядаються далі.

- **Установки малої потужності (1-5 МВт)** зазвичай доцільніше підключати до низьковольтних ліній з огляду на необхідність певного обладнання для будівництва підстанції підключення для сонячної електростанції. Найоптимальнішим варіантом підключення сонячних установок є підключення на тому рівні напруги, який існує в розподільчих мережах. Сонячні установки малої потужності зазвичай використовуються для забезпечення локальних потреб в електроенергії, ніж для її транспортування постачальними мережами на значні відстані. Єдине застереження полягає в тому, що джерела періодичного надходження ресурсів не повинні підключатись до радіальних розподільчих мереж через те, що вони можуть негативно впливати на стабільність роботи останніх.

Сонячні установки малої потужності зазвичай можуть подавати енергію до підстанції підключення через одну підземну з'єднувальну лінію середньої напруги. Сонячні панелі і інвертори разом з підвищувальними трансформаторами розміщуються всередині підстанції на майданчику сонячної установки. Інвертори кожної сонячної батареї з'єднуються між собою при такому рівні напруги, який приблизно становить 480 вольт, і подача енергії до розподільчої мережі повинна здійснюватись через підвищувальний трансформатор, який перетворюватиме низьку напругу на середню. Останні моделі інверторів мають вбудовані трансформатори, які підвищують напругу до рівня розподільчих мереж.

- **Установки середньої потужності (5-20 МВт)** зазвичай краще підключати до розподільчих мереж або до постачальних мереж нижчої напруги (наприклад, 220 кВ та 330 кВ). Для підключення таких установок необхідно передбачити більше інверторів, більше з'єднувальних ліній і більш потужне обладнання. Ці сонячні установки можуть використовуватись для забезпечення локальних потреб в електроенергії, але також можуть подавати електроенергію до ключових постачальних підстанцій для підвищення рівня напруги. Оптимальним рішенням було б передбачити підстанції з великою кількістю каналів виводу для того, щоб уникнути скорочення обсягів подачі електроенергії і забезпечити її проходження.

Сонячні установки середньої потужності зазвичай потребують більшої кількості з'єднувальних ліній, якими електроенергія подається з інверторів, але вся ця енергія може направлятись через підвищувальний трансформатор для того, щоб підвищити рівень напруги. Деякі моделі інверторів мають вбудовані трансформатори – в цьому випадку вони мають бути підключені тільки до розподільного пристрою, розміщеного в будівлі нової колекторної підстанції,

яка, в свою чергу, з'єднується з підстанцією підключення за допомогою надземної лінії електропередач. Розподільний пристрій також може бути розташований в існуючій підстанції і підключений до зовнішньої шини електростанції, розміщеної на огороженому майданчику.

- **Установки великої потужності (> 20 МВт)** зазвичай підключаються до підстанцій вищої напруги з великою кількістю ліній виводу. Це робиться з метою розосередження всього обсягу енергії, що подається, між кількома постачальними лініями для того, щоб скоротити обсяг подачі електроенергії. Сонячні електростанції великої потужності зосереджують свою електроенергію на великій колекторній підстанції з розподільним пристроєм, куди електроенергія надходить після інверторів. Останні моделі інверторів зі вбудованими трансформаторами можуть забезпечити подачу електроенергії з тими рівнями напруги, яка існує в розподільчих мережах, але для переходу на вищі рівні напруги, які існують в постачальних мережах, підвищувальні трансформатори все ж таки будуть потрібні. Ці вбудовані трансформатори навряд чи сприятимуть покращенню роботи всієї електростанції через велику кількість з'єднувальних ліній, які будуть необхідні. Розподільний пристрій забезпечує подачу енергії через з'єднувальні лінії середньої напруги (приблизно 25 МВт на кожну лінію, до восьми ліній на розподільний пристрій) до одного або кількох підвищувальних трансформаторів. Після цього енергія подається на підстанцію підключення або на існуючу підстанцію, на майданчику якої є місце для облаштування шинного господарства з можливостями для його майбутнього розширення. Цей процес зазвичай передбачає необхідність змінення конфігурації існуючої підстанції шляхом включення кільцевої шини або полуторної схеми.

(b) **Наявність необхідного обладнання в Україні**

Для того, щоб мати право на застосування «Зеленого тарифу» починаючи з 2012 року і далі, об'єкти використання відновлюваної енергії повинні використовувати принаймні 30% сировини, матеріалів, основних фондів, робіт і послуг українського походження (або «положення про питому вагу сировини і матеріалів українського походження») від загальної вартості будівництва. Починаючи з 2014 року, частка сировини і матеріалів українського походження повинна зрости до 50%.

Протягом багатьох років в Україні вироблялись фотогальванічні панелі для потреб радянської космічної програми. ВАТ «Квазар» - найбільший виробник кремнієвих і сонячних панелей, займався розробкою і виробництвом фотогальванічних елементів з 2001 року. За даними компанії, зараз її річна виробнича потужність становить 12 МВт сонячних елементів, включаючи монокристалічні і багатокристалічні елементи⁵. Підприємство має вертикально інтегровану структуру і випускає повний спектр фотогальванічної продукції – від кремнієвих елементів (8% від загальноосвітюваного обсягу виробництва), панелей, стільників і модулів до повних ФГ-установок. Через обмежений попит на фотогальванічну продукцію на внутрішньому ринку практично вся продукція компанії експортується до різних країн Європи. Для того, щоб забезпечити можливість будівництва всіх запропонованих об'єктів, підприємству буде потрібно значно збільшити обсяги випуску продукції.

Хоча сучасні інвертори, які сконструйовані за удосконаленими технологіями і мають довший експлуатаційний вік і вищу ефективність перетворення, найімовірніше стануть предметом імпорту, Україна має необхідні технології і інфраструктуру для того, щоб налагодити випуск інверторів власного виробництва

⁵ <http://www.kvazar.com/cells.php>. Дата останнього відвідування 13 лютого 2011 року.

для потреб сонячної енергетики. Виробництво рамних конструкцій і будівельні роботи також можуть виконуватись силами місцевих підприємств.

3.4 Питання вибору майданчика

В процесі вибору майданчика для будівництва ФГ-установки необхідно взяти до уваги і врахувати цілий ряд питань, головним з яких є якість наявних ресурсів сонячної енергії. Сонячні установки можуть бути спеціально пристосовані для розміщення на крутих схилах, але використання ділянок з крутизною схилів до 5% є більш бажаним варіантом з міркувань економічної доцільності. Інші характеристики майданчика, які суттєво впливатимуть на технічну і економічну доцільність всього проекту, включають доступність майданчика і можливість проведення на ньому будівельних і інших робіт, а також близькість розташування до постачальних мереж і центрів споживання електроенергії.

Характерною особливістю об'єктів сонячної енергетики є потреба у значних площах землі, причому треба чітко розуміти, що відведені для будівництва сонячних електростанцій ділянки навряд чи можуть бути використані для будь-яких інших цілей; це обмеження означає, що в процесі вибору відповідної ділянки необхідно ретельно вивчити і проаналізувати всі альтернативні можливості використання запропонованої ділянки.

Розміщення сонячних установок створюватиме певний візуальний вплив, але вони зазвичай є невисокими і тому залишатимуться непомітними з більших відстаней. Робота цих установок практично не буде утворювати неприємних звуків або запахів, які можуть впливати на місцеве населення, і тому цей фактор навряд чи матиме велике значення при виборі майданчика. Сонячні установки характеризуються дуже низькими рівнями водоспоживання, і не потребують близького розташування до джерел водопостачання.

3.5 Будівельні роботи

Конкретний склад і обсяги робіт залежатимуть від обраної технології і особливостей проектного майданчика. Але існують певні ключові види робіт, які є типовими для будь-якого проекту будівництва об'єктів сонячної енергетики. Перелік цих робіт виглядає наступним чином:

- Забезпечення доступу на майданчик
- Профілювання і вирівнювання поверхні майданчика
- Облаштування будівельного майданчику і мережі внутрішніх доріг
- Видалення рослинного покриву на поверхні поля сонячних батарей, основного і допоміжного будівельних майданчиків (головним чином з міркувань пожежної безпеки)
- Облаштування поля сонячних батарей
- Центральна апаратна
- Захищена від непогоди ділянка для проведення дрібного ремонту і зберігання вузлів і обладнання (які можуть бути автономними або пов'язаними з центральною апаратно)
- Електричні підстанції
- Метеорологічні станції (якщо не були об'єктовані на стадії обстеження майданчика)

Інші види робіт, виконання яких може стати необхідним на певних ділянках, включають облаштування санітарних служб і тимчасових адміністративних приміщень, а також ландшафтне планування. Зазвичай процес будівництва

ділитиметься на два етапи – етап підготовки майданчика, який буде відносно недовготривалим (порядку кількох місяців), за яким слідуватиме більш довгий період монтажу, тестування і пуску обладнання в експлуатацію, тривалість якого залежатиме від планованої потужності станції. Наприклад, роботи з монтажу сонячної електростанції на фотогальванічних елементах потужністю 30 МВт будуть завершені за 15 тижнів силами 3 бригад, які працюватимуть паралельно на трьох блоках потужністю 10 МВт кожен. Ця цифра не включає час, необхідний для вводу в експлуатацію.

РИСУНОК

Рисунок 2-1: Мапа розподілу середньодобових рівнів поверхневої щільності потоку сонячного випромінювання

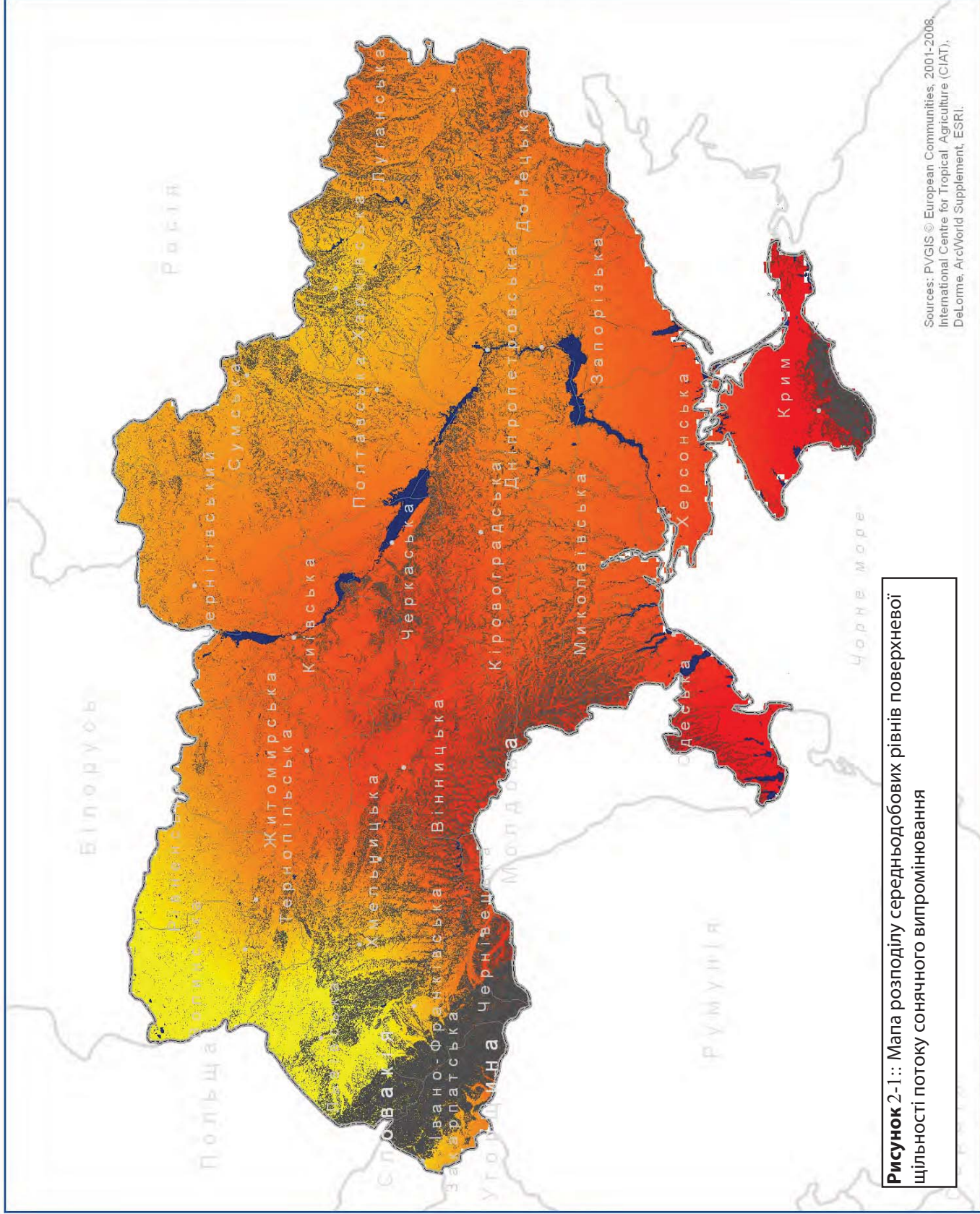


Рисунок 2-1: Мапа розподілу середньодобових рівнів поверхневої щільності потоку сонячного випромінювання

SolarGISAnalys_Ukr_1_8267554 | 11/25/2011

Sources: PVGIS © European Communities, 2001-2008, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), DeLorme, ArcWorld Supplement, ESRI.

Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні
Стратегічний екологічний аналіз

Середньодобове значення інтенсивності сонячного випромінювання на земній поверхні при оптимальному куті нахилу поверхні (кВт·год./м²)

Умовні позначки

Технічні виключення

- Крутизна схилу ≥ 5%
- Великі водні об'єкти

Середньодобове значення інтенсивності сонячного випромінювання на земній поверхні (кВт·год./м²)

- Високий рівень: 4.521
- Низький рівень: 3.107

0 50 100
 Кілометри
 1 cm = 60 km

USELF
 Ukraine Sustainable Energy
 Leading Facility

BLACK & VEATCH
 Building a world of difference.