

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

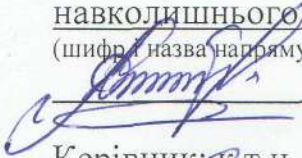
**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Екологічна безпека наземних сонячних панелей»**


Виконав: студент групи ТЗД-20м  
спеціальності 183 – «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(шифр / назва напрямку підготовки, спеціальності)

  
Горегляд Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕЕБ

  
Трач І.А.

(прізвище та ініціали)

Опонент: д.х.н., професор кафедри ХХТ

  
Ранський А.П.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕЕБ

  
д.т.н., проф. Петрук В.Г.

(прізвище та ініціали)

«15» грудня 2021 р.

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Екологічна безпека наземних сонячних панелей»**

Виконав: студент групи ТЗД-20м  
спеціальності 183 – «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Горегляд Д.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕЕБ

Трач І.А.

(прізвище та ініціали)

Опонент: д.х.н., професор кафедри ХХТ

Ранський А.П.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕЕБ

д.т.н., проф. Петрук В.Г.

(прізвище та ініціали)

**«15» грудня 2021 р.**

## ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля  
Кафедра Екології та екологічної безпеки  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 18 «Виробництво та технології»  
Спеціальність – 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»  
Освітньо-професійна програма – «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ЕЕБ**  
Петрук В.Г.

28 вересня 2021 року

### ЗАВДАННЯ

#### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Горегляд Діні Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: «Екологічна безпека наземних сонячних панелей»  
керівник роботи Трач Ірина Анатоліївна, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» вересня 2021 року №277
- Строк подання студентом роботи «15» грудня 2021 року
- Вихідні дані до роботи Шкала оцінки просторового масштабу (площі) впливу (Додаток Б)
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
  - Огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні.
  - Особливості конструкції та принцип роботи наземних сонячних електростанцій.
  - Екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля.
  - Економічна ефективність використання сонячних панелей як альтернативного джерела енергії.
- Перелік графічного матеріалу
  - Зони інтенсивності сонячного випромінювання в Україні

2. Динаміка введення в експлуатацію нових потужностей ВДЕ, МВт.
3. Встановлена потужність об'єктів ВДЕ по регіонам за I квартал 2018 року, МВт.
4. Обсяги виробництва електроенергії об'єктами ВДЕ
5. Показники планової та фактичної потужності об'єктів ВДЕ, 2020 р

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна ефективність використання сонячних панелей як альтернативного джерела енергії	доц. каф. ПЛМ Краєвська Алла Станіславівна		

#### 7. Дата видачі завдання «28» вересня 2021 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Найменування етапів МКР	Термін Виконання
1.	Розробка технічного завдання	05.10.2021
2.	Огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні	26.10.2021
3.	Особливості конструкції та принцип роботи наземних сонячних електростанцій	5.11.2021
4.	Екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля	25.11.2021
5.	Економічна ефективність використання сонячних панелей як альтернативного джерела енергії	3.12.2021
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	7.12.2021
7.	Підготовка презентації та доповіді на захист МКР	15.12.2021

Студент

\_\_\_\_\_ Горегляд Д.А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Трач І.А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК: 621.311.243

Горегляд Д.А. Екологічна безпека наземних сонячних панелей. Магістерська кваліфікаційна робота з спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища, освітня програма – «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця, ВНТУ, 2021. 73 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 46 назв, рис.: 20 рис., табл. 18 табл.

В магістерській роботі здійснено аналіз впливу наземних сонячних панелей на біогеоценози. Здійснено огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні. Проаналізовано особливості конструкції та принцип роботи наземних сонячних електростанцій. Обґрунтовано екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля. Розроблено заходи екологічної безпеки сонячних електростанцій.

Виконуючі аналіз особливостей сучасної геліоенергетики, слід зазначити такі переваги, що стимулюють перехід на сонячну енергію: безкоштовний і необмежений запас палива; безшумний і нешкідливий процес вироблення електроенергії; автономні системи енергопостачання безпечні і високонадійні; нескладне обслуговування обладнання; використання електрики в віддалених сільських районах.

Ключові слова: екологічна оцінка, екологічна безпека, альтернативна енергетика, сонячні панелі.

## ABSTRACT

Goreglyad D. A. Environmental safety of terrestrial solar panels. Master's thesis on specialty 183 – «Technologies of environmental protection», educational program - «Technologies of environmental protection». Vinnytsia, VNTU, 2021.73 p.

In Ukrainian Language. Bibliogr .: 46 titles, fig .: 20 fig., Table. 18 tab.

In the master's thesis the analysis of the influence of terrestrial solar panels on biogeocenoses is carried out. A review of the current state of the problem of solar energy in Ukraine. Features of a design and the principle of work of terrestrial solar power plants are analyzed. The ecological impact of solar power plants on the environment is substantiated. Environmental safety measures for solar power plants have been developed.

Performing an analysis of the features of modern solar energy, it should be noted the following benefits that stimulate the transition to solar energy: free and unlimited fuel; silent and harmless process of electricity generation; autonomous power supply systems are safe and highly reliable; simple equipment maintenance; use of electricity in remote rural areas.

Key words: ecological assessment, ecological bezepka, alternative energy, solar panels.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>1 ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Характеристика сонячної енергетики в Україні та світі.....	8
1.2 Державна політика у сфері сонячної енергетики України .....	17
1.3 Особливості «Зеленого тарифу».....	20
<b>2 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ НАЗЕМНИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....</b>	<b>27</b>
2.1 Технічні характеристики сонячних електростанцій.....	27
2.2 Аналіз вибору оптимального розташування сонячних електростанцій.....	30
<b>3 ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ДОВКІЛЛЯ.....</b>	<b>33</b>
3.1 Екологічна оцінка використання сонячної енергетики.....	33
3.2 Вплив сонячних електростанцій на ґрунт та рослин.....	37
3.3 Вплив сонячних електростанцій на популяції птахів.....	39
3.4 Оцінка впливу наземних сонячних електростанцій на екосистеми	41
3.5 Розробка заходів екологічної безпеки сонячних електростанцій...	46
<b>4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.....</b>	<b>54</b>
4.1 Алгоритм вибору сонячних електростанцій.....	54
4.2 Економічна ефективність встановлення сонячних панелей для приватного сектору.....	60
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>61</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>62</b>

Додаток А. Технічне завдання.....	66
Додаток Б. Вихідні дані до роботи.....	68
Додаток В. Критерії, що враховуються для оптимального розміщення наземної сонячної електростанції.....	69
Додаток Г. Категорія значущості впливів.....	70



## ВСТУП

**Актуальність.** Альтернативні джерела електроенергії стають все більш актуальними та доступними у побутовому і промисловому використанні. Так як у недалекому майбутньому буде досить важко задовольняти потреби людства за рахунок не відновлювальних джерел енергії, тому людство все більше звертає увагу на альтернативну енергетику, одним з найперспективніших напрямків якої є сонячна енергетика.

Сонце є найпотужнішим джерелом екологічно чистої енергії. На кожному квадратному метрі поверхні земної атмосфери падає 1300 Вт сонячної енергії. Найперспективнішим методом отримання електроенергії вважається безпосереднього перетворення випромінювання на електричну енергію за допомогою сонячних батарей.

Сонячні електростанції під час роботи не забруднюють навколишнє природне середовище, а ось що стосується утилізації сонячних панелей, то тут кардинально інша ситуація. Утилізація значних обсягів сонячних модулів на конкретній території призводить до збільшення ризику для місцевої флори, фауни і для здоров'я людей. Витік хімічних реагентів з утилізованих модулів дає можливість зараження місцевого ґрунту і поверхневих вод.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем як теплоенергетичного, так і фотоелектроенергетичного обладнання практично на всій території. У той же час в нашій країні більше сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС, що робить її дуже привабливою в плані інвестицій в місцеву геліоенергетику. Однак величина сонячної радіації коливається в залежності від координат місцевості, характеристик атмосфери і поверхні, часу доби і сезону.

Виконуючі аналіз особливостей сучасної геліоенергетики, слід зазначити такі переваги, що стимулюють перехід на сонячну енергію: безкоштовний і необмежений запас палива; безшумний і нешкідливий процес вироблення електроенергії; автономні системи енергопостачання безпечні і

високонадійні; нескладне обслуговування обладнання; використання електрики в віддалених сільських районах; модулі можуть бути частиною дизайну будівлі; стрімке зменшення часу енергетичної окупності модулів; збільшує надійність енергопостачання країни.

Визначаючи вплив сонячних електростанцій на будь-які живі форми, то можна стверджувати те, що сонячні колектори які займають великі площі, дають великі затінення. А це в свою чергу, може призвести до значних змін ґрунтових умов, вплив на рослинність та інше. Крім тіней загрозу живим формам дає і нагрівання повітря, при проходженні сонячного випромінювання крізь панелі, на яких є дзеркальні відбивачі. Такий тепловий режим змінює баланс, вологість, напрямок вітру. Особливу небезпеку становлять рідини, які містяться в самих фотоелементах, це такі отруйні речовини, як свинець, кадмій, галій, миш'як, тому існує ризик їх витоку.

**Метою роботи** є дослідження екологічної безпеки наземних сонячних панелей.

**Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети потрібно було зробити наступне:

1. Здійснити огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні.
2. Проаналізувати особливості конструкції та принцип роботи наземних сонячних електростанцій.
3. Обґрунтувати екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля.
4. Розробити заходи екологічної безпеки сонячних електростанцій.

**Об'єктом дослідження** є вплив наземних сонячних електростанцій на компоненти біогеоценозу.

**Практичне значення** роботи полягає у можливості використання одержаних результатів для оцінки екологічної безпеки альтернативної енергетики, а саме використання наземних сонячних панелей.

**Методи дослідження.** Використано методи комплексного, системного науково-обґрунтованого аналізу, а також методи математичної статистики та кореляційного аналізу.

**Наукова новизна** полягає в наступному:

Досліджено вплив на екосистеми наземних сонячних панелей, як ефективного і екологічного способу генерації електричної енергії, що дало змогу розробити заходи екологічної безпеки для локальної геліоенергетики.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** XLIX Науково-технічна конференція Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля (2020), ВНТУ.

**Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.**

1. Горегляд Д. А. «Екологічна безпека сонячних електростанцій». Матеріали XLIX Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, 2020. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2020/paper/download/9772/8142>.

# 1 ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

## 1.1 Характеристика сонячної енергетики в Україні та світі

В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т у. п., його використання дозволило б замінити біля 5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем як теплоенергетичного, так і фотоелектро-енергетичного обладнання практично на всій території. Взагалі територія України є зоною середньої інтенсивності сонячної радіації. Сонячне випромінювання в Україні становить 3500-5200 МДж/м<sup>2</sup> на рік [11]. У той же час в нашій країні більше сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС, що робить її дуже привабливою в плані інвестицій в місцеву геліоенергетику. Однак величина сонячної радіації коливається в залежності від координат місцевості, характеристик атмосфери і поверхні, часу доби і сезону. З цієї причини річний обсяг сонячного випромінювання на один квадратний метр землі істотно відрізняється в різних областях України.

Сезонний період для активного використання сонячної енергії в північних регіонах триває з квітня по вересень, а в південних з березня по жовтень, що становить 1900-2400 год/рік. Загальна середньорічна сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт·год/м<sup>2</sup> в північних районах України до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> на півдні країни. За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання (радіації) на території України необхідно виділити чотири зони, які показані на рис. 1.1.

Виконуючі аналіз особливостей сучасної геліоенергетики, слід зазначити такі переваги, що стимулюють перехід на сонячну енергію: безкоштовний і необмежений запас палива; безшумний і нешкідливий процес

вироблення електроенергії; автономні системи енергопостачання безпечні і високонадійні; нескладне обслуговування обладнання; використання електрики в віддалених сільських районах; модулі можуть бути частиною дизайну будівлі; стрімке зменшення часу енергетичної окупності модулів; збільшує надійність енергопостачання країни.

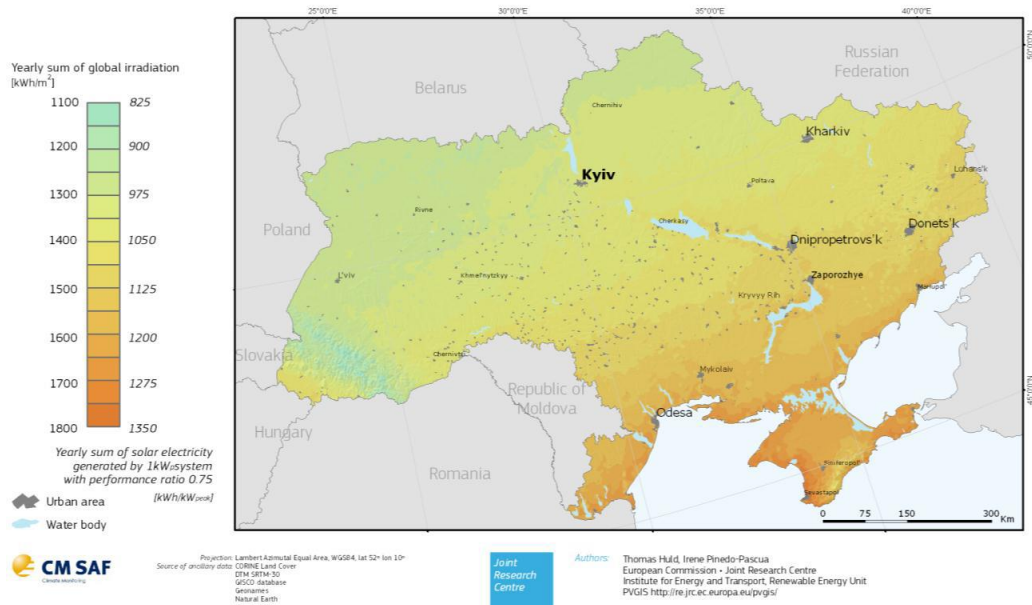


Рисунок 1.1 – Зони інтенсивності сонячного випромінювання в Україні

До недоліків відносяться наступні: висока вартість вироблення електроенергії; мінливість генерації та необхідність використання акумулюючого обладнання; низький ККД сонячних станцій; невелика потужність.

Таким чином, з огляду на сучасні світові наукові й технічні тенденції, особливості географічного і кліматичного положення, для України розвиток сонячної енергетики є перспективним напрямком енергозбереження.

У першій і другій зонах знаходяться всі південні області України; більше половини території нашої країни знаходяться в третій зоні, четверта зона най-менш придатна для використання сонячної енергії. В цілому територія України належить до зон з середньою інтенсивністю сонячної радіації. В реальних умовах величина щільності прямої і дифузійної сонячної

радіації залежить від широти місцевості, прозорості атмосфери, характеристик земної поверхні, а також від часу доби і пори року [12]. В 2008 році в Україні почався розвиток сонячної енергетики, що обумовлено введенням «зеленого» тарифу на законодавчому рівні. Перша сонячна електрична станція (СЕС) в Україні була введена в експлуатацію у 2010 році в Криму («Родникове» встановлена потужність котрої становить 2,5МВт). В 2012 році почали збільшуватись кількість іноземних інвестицій в енергетичну галузь України. Відповідно до статистичних даних держенергоефективності приріст потужностей сонячних електростанцій у 2015 році становив 30 МВт, а потім щороку збільшується у 2016 році 121 МВт потужностей, у 2017 році 257 МВт. Також слід відзначити, що 2015 та 2014 роки стали кризовими для сонячної енергетики, оскільки значна кількість встановлених потужностей була зосереджена в Криму та в районах Донбасу, також країна втратила інвестиційну привабливість.

Але незважаючи на складне економічне і політичне становище, країна починає поступово нарощувати потужності відновлювальних джерел енергії.

Так у 2015 році в Україні були введені в експлуатацію три великі сонячні електричні станції, а саме у Львові була завершена друга черга будівництва сонячної електричної станції «Самбор-2» збільшивши свої потужності з 1МВт до 5 МВт. В населеному пункті Цекіновка Вінницької області завершили будівництво СЕС загальною потужністю 2,4 МВт. Також значні потужності наростила компанія Rengy Development завершивши будівництво 30 МВт сонячної електричної станції. Загальна потужність встановлених СЕС на території України на 2015 рік становила 0,36 ГВт, що на 0,01 ГВт більше аніж в минулому році.

На початок 2016 році на території України встановлені 112 генеруючих фотоелектричних джерел потужність яких сягає 838,83 МВт, даними СЕС за 2015 рік вироблено 475,1 млн. кВт·год електроенергії. Якщо брати до уваги домашні домогосподарства то на початок 2016 року даними установками загальною потужністю 2,6 МВт, відпущено 0,41 млн. кВт·год, що в

порівнянні з 2014 роком, є більшим в одинадцять разів. Поштовхом такого різкого збільшення змонтованих сонячних панелей приватними домогосподарствами став встановлений сприятливий зелений тариф.

В 2016 році відбувся запуск першої трекерної станції в місті Підгороднє Дніпропетровської області встановленою потужністю 2,56 МВт, а загальна потужність станції (включаючи статичні системи) становить 4,21 МВт. У 2016 році українці значно збільшили кількість сонячних панелей на приватних будинках, їх кількість збільшилась до 1109 одиниць, а встановлена потужність збільшилась до 16,7 МВт. Підіб'ємо підсумки, загальна потужність сонячних електричних станцій у 2016 році на території України становила 0,46 ГВт.

Аналізуючи 2017 рік сонячна енергетика значно збільшила свої потужності, цьому сприяє відносно низькі капіталовкладення в порівнянні з іншими відновлювальними джерелами. З початку 2017 року домашні домогосподарства збільшили свої потужності до 37,1 МВт, в кількісному еквіваленті це становить 1214 сонячної панелі, тобто українці встановлюють панелі з більшою номінальною потужністю. Цього року відбувся запуск СЕС в Херсонській області потужністю 10 МВт, потужні проекти були реалізовані в Одеській області, потужність яких становить 241 МВт. Також значний приріст відновлювальних джерел, котрі використовують енергію сонця, відбувся в Херсонській області – потужність збільшилась до 98 МВт, у Вінницькій області – 128 МВт.

Географічне розташування України сприятливо для реалізації проектів генерації сонячної енергії. Для клімату України характерна велика кількість сонячних днів: за ступенем інсоляції Україна значно перевершує визнаного європейського лідера в сонячної енергетиці - Німеччину. Це є базовим фактором, що дозволяє говорити про комерційні перспективи проектів сонячної електрогенерації, що реалізуються в Україні. Держава також декларує всебічну підтримку проектам генерації енергії на основі ВДЕ. Однак на практиці реалізація таких проектів вимагає врахування низки

нюансів, без чого ініціатор проекту може зіткнутися з серйозними обмеженнями і ризиком не досягти цільових показників. За 3 місяці 2018 року введено в експлуатацію 159,4 МВт генеруючих потужностей, що в 2,4 рази перевищує потужність введена в експлуатацію за аналогічний період 2017 року. Динаміка введення в експлуатацію нових потужностей з ВДЕ за I квартал 2018 року зображено на рисунку 1.2 [3].

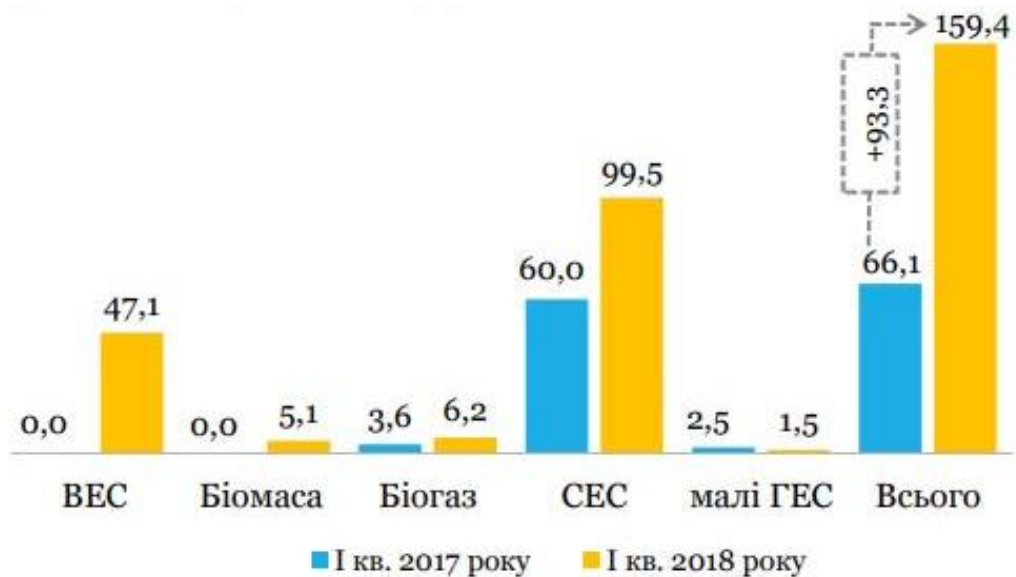


Рисунок 1.2 – Динаміка введення в експлуатацію нових потужностей ВДЕ, МВт.

Встановлена потужність об'єктів відновлювальних джерел енергії по регіонам за I квартал 2018 року зображена на рисунку 1.3. Лідером із введенням в експлуатацію об'єктів ВДЕ за I квартал 2018 року є Херсонська область.

Ініціатори проектів будівництва СЕС розраховують на те, що уряд неухильно дотримуватиметься реалізації «Енергетичної стратегії України до 2035 року», згідно з якою частка енергетики відновлюваних джерел до 2020 повинна досягти 11% у валовому кінцевому споживанні, а до 2035 року - 20%. А отже, - не скасують дію «зеленого» тарифу.



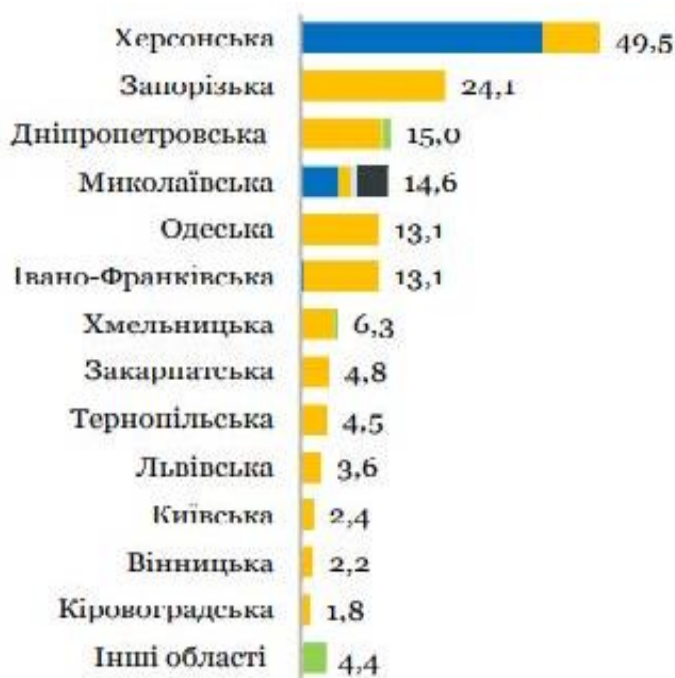


Рисунок 1.3 – Встановлена потужність об'єктів ВДЕ по регіонам за I квартал 2018 року, МВт.

Загальна встановлена потужність об'єктів відновлювальних джерел енергії в Україні зображена на рисунку 1.4.

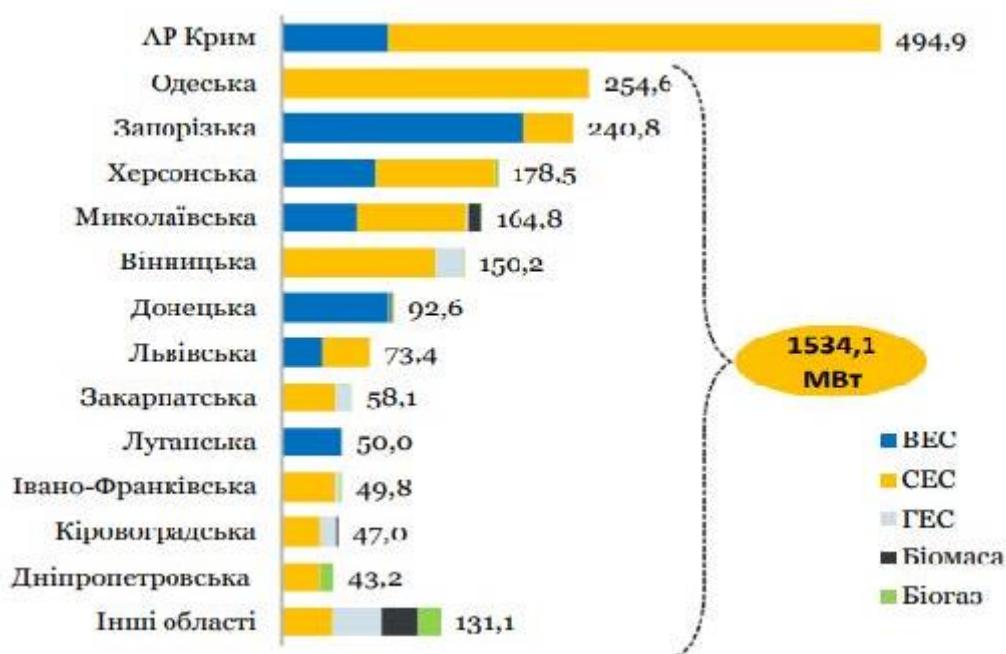


Рисунок 1.4 – Загальна встановлена потужність об'єктів ВДЕ в Україні, МВт.

В контексті конкурентного потенціалу проектів СЕС слід згадати їх значну мобільність. На відміну від генераторів енергії з традиційних джерел, які жорстко прив'язані до існуючої майданчику, сонячна електростанція порівняно швидко демонтується і може бути заново змонтована в іншому місці за умови наявності відповідної інфраструктури [4].

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Варто зазначити, що клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів.

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі. Дійсно, тут були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, і, за оцінками уряду, до 2020 року загальний обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягне 18 мільярдів доларів США.

Сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання, роблячи нашу країну лідером даної галузі. З 2014-го і до кінця 2017 року обсяг ВДЕ збільшився з 967 до 1375 МВт, і до кінця 1-го кварталу 2018 року – до 1534 МВт (рисунок 1.5).

Згідно з прогнозами, до 2020 року потужність встановлених об'єктів сонячної енергії в Україні збільшиться до 3 ГВт. Станом на 1 квітня 2019 року, в країні встановлено понад 2,2 ГВт об'єктів сонячної енергетики, а це 71% усіх існуючих ВДЕ. Такий швидкий та активний розвиток галузі дозволив Україні піднятися з 34-го на 23-є місце в світовому рейтингу сонячної енергетики.

У майбутньому для розширення перспектив сонячної енергетики Україна може перейняти вдалий досвід наших іноземних колег.

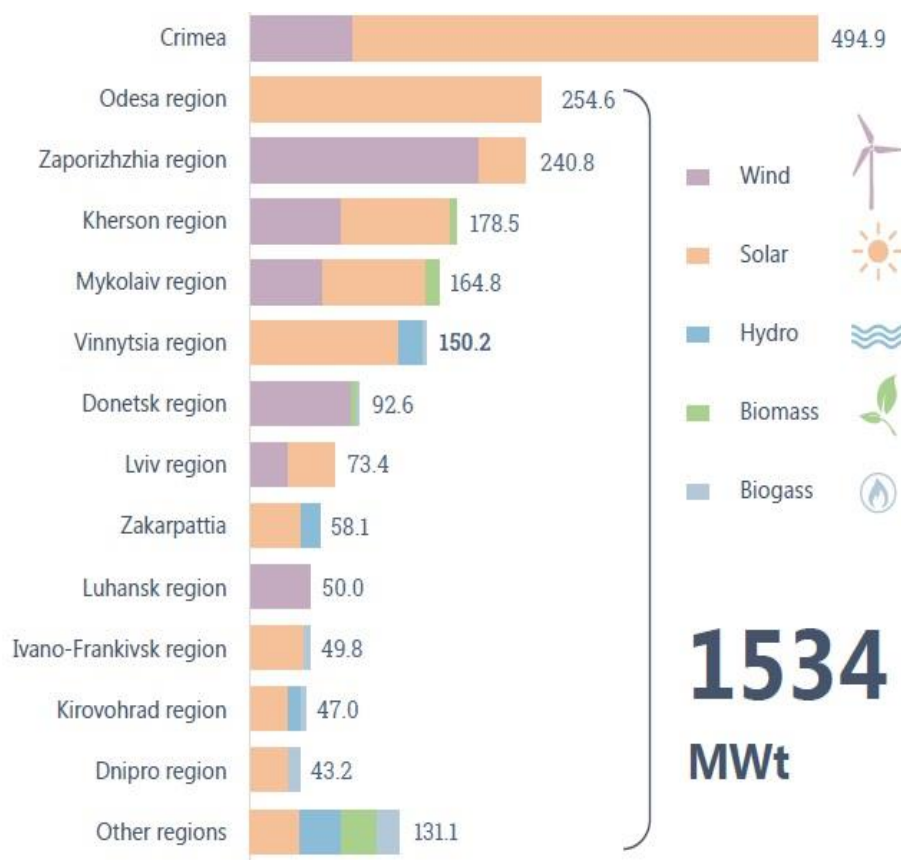


Рисунок 1.5 – Виробництво ВДЕ по регіонах станом на I квартал 2018 р.

Сьогодні великий попит мають китайські панелі, так як їх вартість на порядок нижче, ніж системи виробництва США та Європи. Оплата праці в країнах Європейського Союзу та Північної Америки значно вище, тому багато великих виробників прагнуть відкрити представництва в Південно-Східній Азії. Також свою продукцію на ринку пропонують виробники Японії,

оцінна вартість якої тримається на одному рівні з європейськими та американськими конкурентами. Список провідних виробників сонячних батарей ґрунтується на якості і кількості поставок.

Таким чином, рейтинг кращої п'ятірки виглядає так:

1. ABi-Solar – один з лідерів серед європейських виробників компонентів фотоелектричних систем.

2. Panasonic (Solar City) – Один з найбільших в світі виробників електротоварів, головний офіс якого розташований в Японії.

3. Viessmann – належить німецькій компанії ViessmannWerkeGmbH&Co. KG, що виробляє системи опалення/охолодження і промислові установки.

4. Компанія Jinko Solar – китайський виробник, один із загальноновизнаних світових лідерів у виробництві обладнання для сонячної енергетики (постійний учасник ТОП-5 в списку Tier-1 виробників сонячних батарей).

5. Trina Solar Limited – китайський виробник фотоелектричних модулів.

## **1.2 Державна політика у сфері сонячної енергетики України**

За темпами зростання ринку сонячної електроенергетики за останні кілька років Україна займає лідируючі позиції в Європі. Наша країна проголосила курс на забезпечення енергетичної незалежності

Розбудова сонячної енергетики є одним із ключових векторів реформування енергетичного сектору України, що задекларовано в Енергетичній стратегії України до 2035 року та Національному плані дій з відновлювальної енергетики до 2020 року.

З метою зростання частки електроенергії, згенерованої з сонячного випромінювання, урядом країни було запроваджено низку мотиваційних механізмів, до основних з яких належать:

1. «Зелений тариф» – спеціальний тариф, за яким закуповується електроенергія, згенерована на сонячних електростанціях [6]. «Зелений» тариф зафіксований у євро, що дозволяє убезпечити інвесторів від інфляційних ризиків.

Суб'єкти господарювання, що здійснюють генерацію електроенергії з сонячного випромінювання, можуть отримати надбавки від 5 до 10% до розміру «зеленого» тарифу за використання устаткування українського виробництва при будівництві сонячних електростанцій.

2. Податкові та митні пільги. Податковим та Митним Кодексами України [7, 8] передбачено низку пільг, які можуть бути використані в процесі реалізації проєктів сонячної енергетики, а саме :

– звільнення від сплати податку на додану вартість обладнання, комплектуючих, що використовуються для генерації електроенергії з сонячного випромінювання;

– звільнення від сплати митних зборів на імпорт матеріалів, устаткування та комплектуючих, які використовуються для генерації електроенергії з сонячного випромінювання.

Впровадження вищезазначених мотиваційних механізмів стало поштовхом до динамічної розбудови об'єктів сонячної енергетики на території України (рис.1.6).

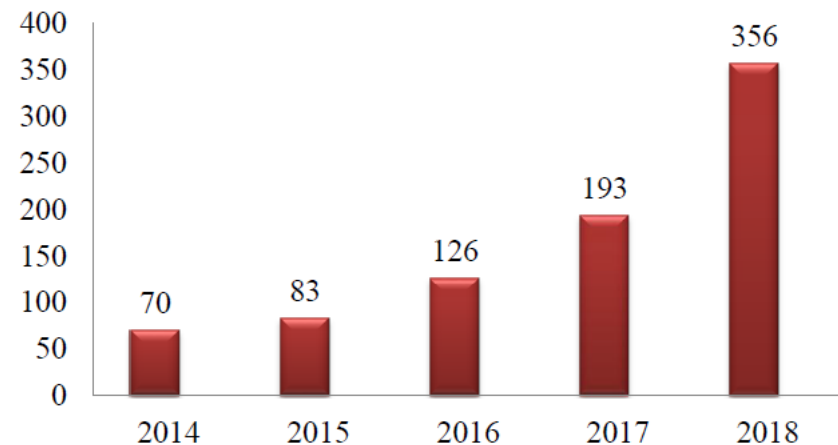


Рисунок 1.6 – Кількість сонячних електростанцій в Україні у 2014-2018 рр.

Так, у період з 2014 по 2018 кількість сонячних електростанцій в Україні збільшилась більше ніж у 5 разів.

Загальна встановлена потужність об'єктів сонячної енергетики також має стабільну тенденцію до збільшення. За період, що аналізується вона зросла в 3,4 рази (рис. 1.7).

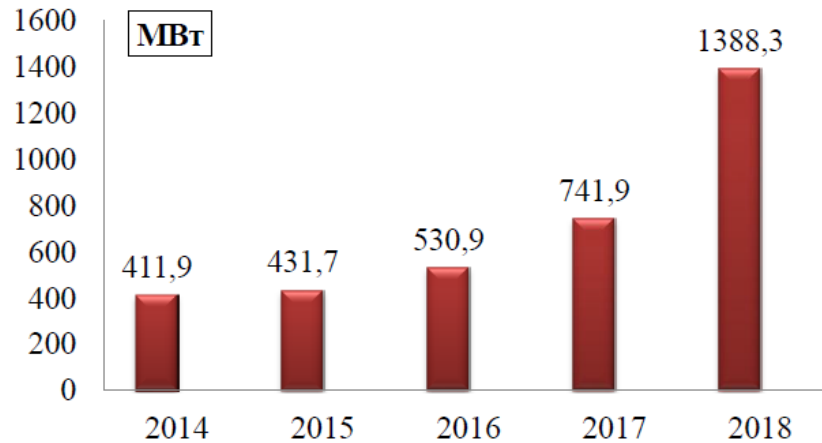


Рисунок 1.7 – Загальна встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні у 2014–2018 рр., МВт

Обсяг згенерованої електроенергії сонячними електростанціями у 2018 році становив 1080 млн кВтгод, що у 2,2 раза перевищило показник 2014 року (рис 1.8).

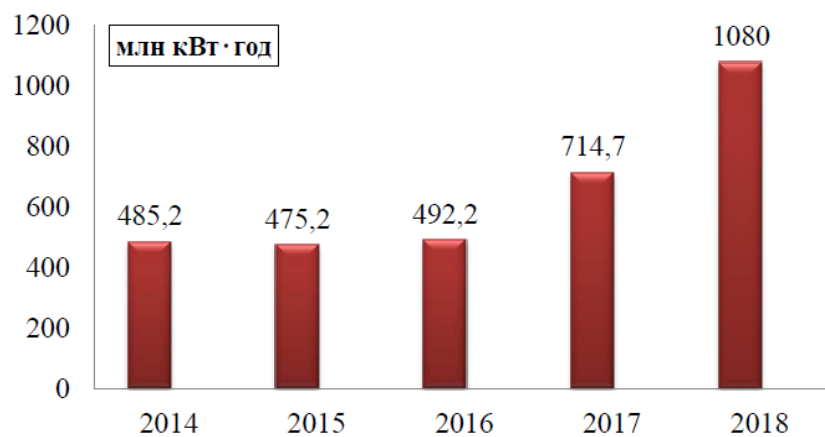


Рисунок 1.8 – Обсяг згенерованої електроенергії сонячними електростанціями в Україні у 2014-2018 рр., млн кВт год

Варто зазначити, що станом на кінець 2018 року у загальному балансі електроенергії з відновлювальних енергетичних ресурсів частка електроенергії, згенерованої сонячними електростанціями займала провідну позицію у порівнянні з іншими технологіями відновлювальної енергетики, і становила 47% [9]. Водночас, у загальному балансі електричної енергії цей показник становив лише 0,89%, оскільки загальна частка електроенергії з усіх відновлювальних енергетичних ресурсів в Україні станом на кінець 2018 року становила лише 1,9%.

На сьогодні електрогенерація в Україні продовжує базуватися на традиційних технологіях енерговиробництва. Так, станом на кінець 2018 року близько 47% всієї електроенергії в Україні забезпечувалося атомними електростанціями, 42% – тепловими електростанціями та теплоелектроцентралями, 9,1% – великими гідроелектростанціями, решта – електростанціями на відновлювальних енергетичних ресурсах [9].

### **1.3 Особливості «Зеленого тарифу»**

Поняття «зелений тариф» в Україні з'явилося у жовтні 1997 р., після прийняття Закону «Про електроенергетику». Однак перші кроки щодо його впровадження було здійснено лише у 2009 р., коли Верховна Рада прийняла поправки до законів «Про електроенергетику» та «Про альтернативні джерела енергії», в яких вперше був прописаний механізм формування «зеленого» тарифу, який повинен був стимулювати приплив інвестицій в цю галузь, що, до речі, відповідало міжнародній практиці підтримки галузі.

На даний момент основними нормативно-правовими актами, які регулюють питання «зеленого» тарифу є: Закон України «Про ринок електричної енергії»; Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу; Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва

електроенергії з альтернативних джерел енергії»; Закон України «Про альтернативні джерела енергії».

Відповідно до чинного законодавства, «зелений» тариф – це спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, та з використанням гідроенергії – вироблена лише мікро-, міні- та малими ГЕС). Встановлюється «зелений» тариф Національною комісією з регулювання енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) для кожного суб'єкта господарювання, який виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії, за кожним видом альтернативної енергії та для кожного об'єкта електроенергетики (або для кожної черги будівництва електростанції (пускового комплексу) [6].

«Зелений» тариф прив'язаний до курсу євро. Державний регулятор вчасно його індексує у відповідності до зростання курсу – нині він складає 15 євроцентів за кВт·год, тоді як у більшості європейських країн його ціна не перевищує 8,6 євроцентів. Собівартість 1 кВт·год від ВДЕ в Україні, становить 2-3 євроценти, що більше ніж удесятеро вище порівняно з тарифом «Енергоатому».

Згідно чинного законодавства, власники «зеленої» енергії продають її оптовому ринку (ДП «Енергоринок»), який зобов'язаний її купити за «зеленим» тарифом. На оптовому ринку електроенергії, куди відпускають свої кіловати всі виробники електроенергії (АЕС, великі ГЕС/ГАЕС, ТЕС і ТЕЦ), вони «змішуються» і за усередненим тарифом продаються енергопостачальним компаніям, які, своєю чергою, реалізують їх споживачам, які фактично і сплачують «зелений» тариф.

Враховуючи нинішню частку відновлюваної генерації в структурі виробництва електроенергії в країні на рівні 1,5%, «зелені» отримують з ринку 8% загального грошового потоку, що продиктовано різницею в тарифах між традиційною генерацією та нетрадиційною, що складає ~ 10



млрд. грн. на рік за самими високими в Європі тарифами. Поки що високі ставки «зеленого» тарифу непомітні для кінцевого споживача. Однак при проходженні певного порогу потужності підключень за «зеленим» тарифом, може стати обтяжливою для ринку електроенергії та спричинити відчутне зростання цін для споживачів.

«Зелений» тариф – не єдиний механізм стимулювання відновлюваної енергетики. У світі застосовуються і інші моделі підтримки виробництва чистої енергії, зокрема регулювання квотами із застосуванням системи «зелених» сертифікатів. Її суть у тому, що кожна нова кіловат-година з ВДЕ отримує визначену кількість сертифікатів, які продаються та купуються на вільному ринку. Щоб створювати попит на ці сертифікати, регулятор встановлює квоти на обов'язковий вміст «зеленої» енергії в усьому об'ємі продажу електроенергії постачальниками.

Якщо виробляється більше «зеленої» енергії, ніж передбачено квотою, виробник може продати ці обсяги за сертифікатом іншому об'єкту, який ще не виконав зобов'язання за квотами. Вказані інструменти, як правило, використовуються в різних формах і декілька одночасно, а також доповнюються іншими, наприклад інвестиційними грантами. Наразі у світі набувають поширення тарифні аукціони – нові ринкові інструменти, які дають можливість впроваджувати проекти екологічно чистої енергії на ринкових аукціонних засадах, що дозволяє забезпечити конкуренцію і прозорий процес встановлення легітимних ринкових тарифів на електроенергію з ВДЕ зі зниженням ціни кіловат-години та дотримання інтересів як інвестора, так і споживача [5].

Для України, з її занадто завищеним «зеленим» тарифом, впровадження аукціонів має важливий характер. Як наслідок, станом на 2019 рік, відбулося стрімке зростання відновлювальної енергетики в Україні, основну частину якої складають СЕС (рис 1. 9).

У червні 2018 р. зареєстровано Проект Закону про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва

електричної енергії з альтернативних джерел енергії (Законопроект), згідно якого пропонується з 01.07.2019 р. запровадити новий порядок таких аукціонів. Переможцем аукціону визнається учасник, який запропонував найнижчу ціну електроенергії. Однак перший загальнодержавний аукціон буде стосуватись розподілу квот лише у 2020 р., а «зелений» тариф буде застосовуватися до 2030 р. для об'єктів, введених в експлуатацію до 01.07.2019 р. та для електростанцій потужністю до 10 МВт (для сонячної енергії) та до 20 МВт (для вітрової енергії), введених в експлуатацію після 01.07.2019 р.

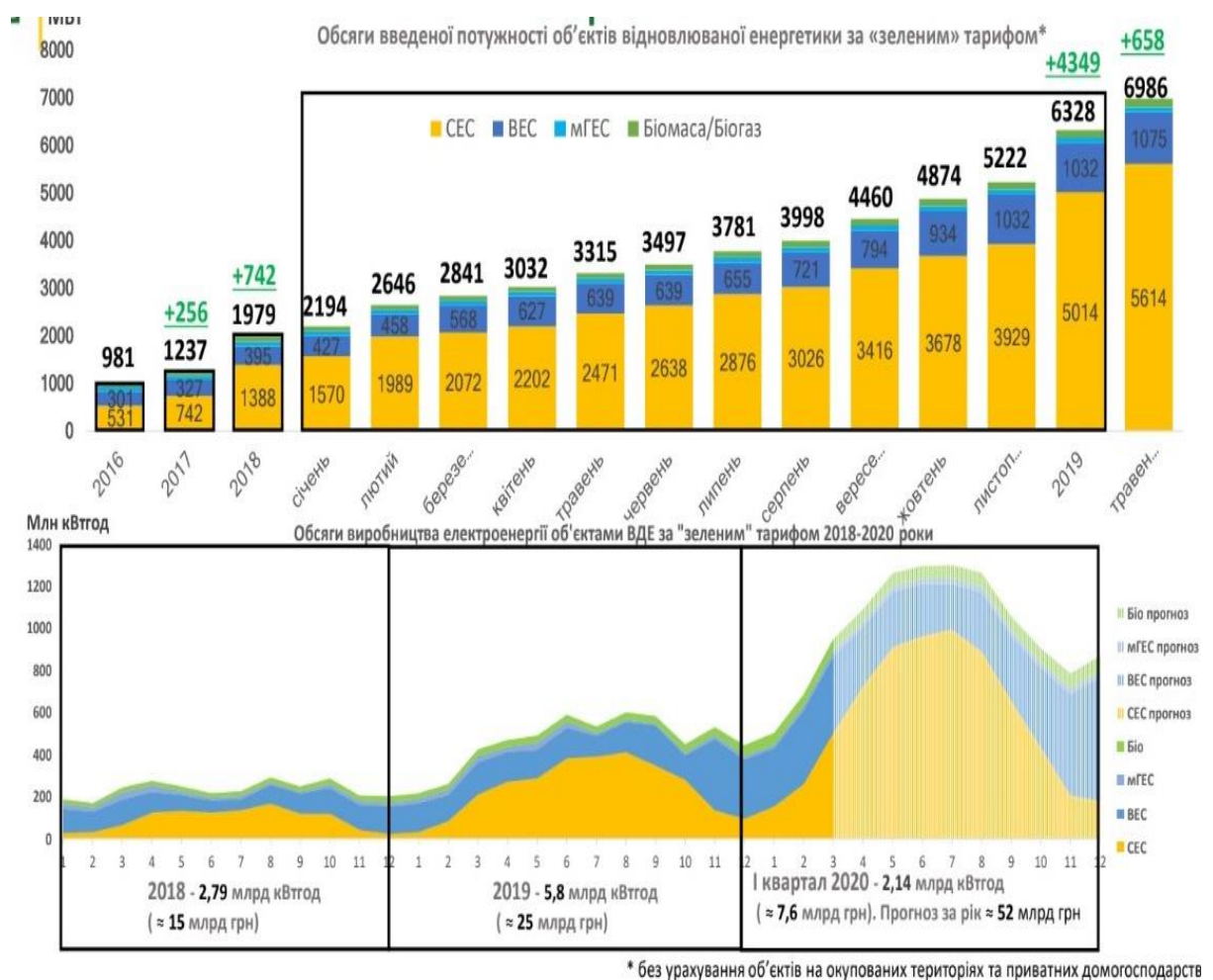


Рисунок 1.9 – Обсяги виробництва електроенергії об'єктами ВДЕ

В результаті, національний план дій з ВДЕ в 2020 році вже перевиконано (рис. 1.10).

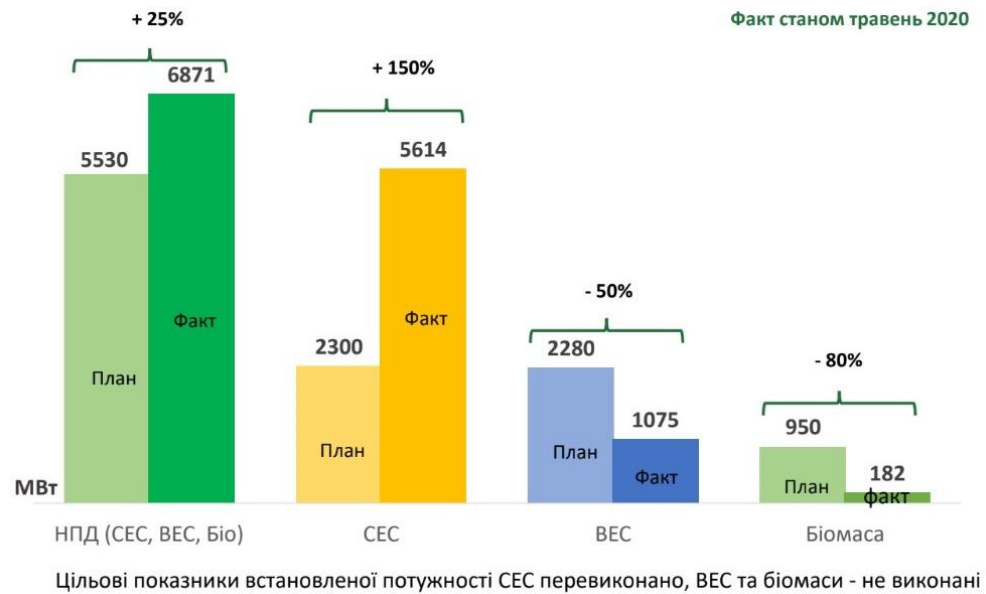


Рисунок 1.10 – Показники планової та фактичної потужності об'єктів ВДЕ, травень 2020 р.

Нормативно-правове визначення «зеленого» тарифу дане в Законі України «Про електроенергетику». Згідно ст.1 цього Закону «зелений» тариф – це спеціальний тариф, по якому закуповується електрична енергія, щовироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексів), з альтернативних джерел енергії (окрім доменного і коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена тільки мікро-, міні- і малими гідроелектростанціями) [5].

Оптовий ринок зобов'язаний купувати за «зеленим» тарифом у суб'єктів господарювання (яким встановлений «зелений» тариф) усю електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії (окрім доменного і коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблену тільки мікро-, міні- і малими гідроелектростанціями), незалежно від величини встановленої потужності або об'ємів її відпуску. Така електрична енергія може бути також реалізована безпосередньо за договорами із споживачами або енергопостачальниками.

24 грудня 2019 року НКРЕКП ввела у дію нові "зелені" тарифи на електрику для приватних господарств, залежно від дати вводу в експлуатацію (табл. 1.1, 1.12).

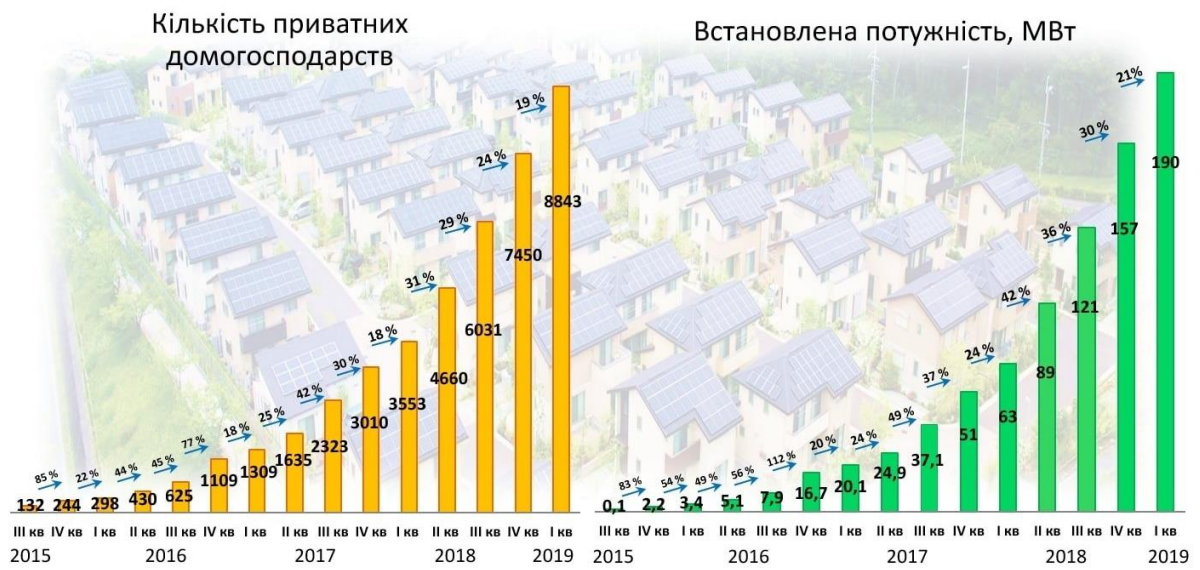
Таблиця 1.1 – Зелені тарифи в Україні, вартість за 1 кВт-год, ЄВРО без ПДВ

Вид джерела	2015 р.	2016 р.	2017-2019	2020-2024	2025-2029
Промислова СЕС (наземна)	0,17	0,16	0,15	0,135	0,12
Промислова СЕС (дахова)	0,18	0,172	0,164	0,15	0,13
Приватна СЕС	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15
Приватна ВЕС	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09

Таблиця 1.2 – Зелений тариф

	«Зелений тариф» євроцентів/кВт *год	Власне споживання	Податок	Військовий збір, 1,5%	Тариф «на руки»
Тариф приватних СЕС	18,00	3,60	2,59	0,22	11,59
Тариф промислових СЕС	15,00	0,00	0,75	0,00	14,25

Надбавка в розмірі 3%-5% до "зеленого" тарифу за використання обладнання українського виробництва вводиться до 2030 року, але не поширюється на об'єкти електроенергетики, введені в експлуатацію після 2025 року (рис. 1.11).



**Інвестовано близько 180 млн євро**



**В Україні налічується 6,5 млн приватних домогосподарств**

Рисунок 1. 11 – Динаміка кількості сонячних електроустановок приватних домогосподарств

За допомогою сонячних батарей можна реалізувати електропостачання віддалених об'єктів встановивши автономну станцію. Це ідеальне рішення, якщо підключення споживачів до загальної електромережі утруднено. Такі станції відрізняються від мережевих наявністю акумуляторів і контролерів заряду. Для споживачів, що працюють тільки влітку, немає необхідності в установці дублюючих джерел електроенергії. Для споживачів, які цілий рік працюють, рекомендується використання дублюючих джерел (бензиновий генератор, вітрогенератор тощо).

## 2 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ НАЗЕМНИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

### 2.1 Технічні характеристики сонячних електростанцій

Сонячна електростанція – інженерна споруда, яка служить для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Використовують різні способи перетворення сонячної радіації, від яких залежить конструкція сонячної електростанції.

За принципом роботи сонячна панель – це фотоелектричний генератор постійного струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії в електричну. Точніше, у сонячних батареях використана властивість напівпровідників на основі кристалів кремнію. Кванти світла, потрапляючи на пластину напівпровідника, вибивають електрон із зовнішньої орбіти атома даного хімічного елемента, що створює достатню кількість вільних електронів для виникнення електричного струму. Однак для того, щоб напруги й потужності такого джерела було достатньо для застосування в побутових цілях, одного або двох кремнієвих елементів недостатньо. Тому їх збирають у цілі модулі, де з'єднують паралельно або послідовно. При цьому площа таких модулів може становити від декількох квадратних сантиметрів до декількох квадратних метрів.

Одиничні фотоелектричні панелі встановлюються і закріплюються на відповідних опорних конструкціях, які розраховані на сприйняття сумарних механічних навантажень власної ваги панелей і вітрових та снігових навантажень (рис. 2.2).

Кут нахилу панелей повинен становити не менш, ніж  $15^\circ$  для забезпечення самоочистки поверхні від забруднень.

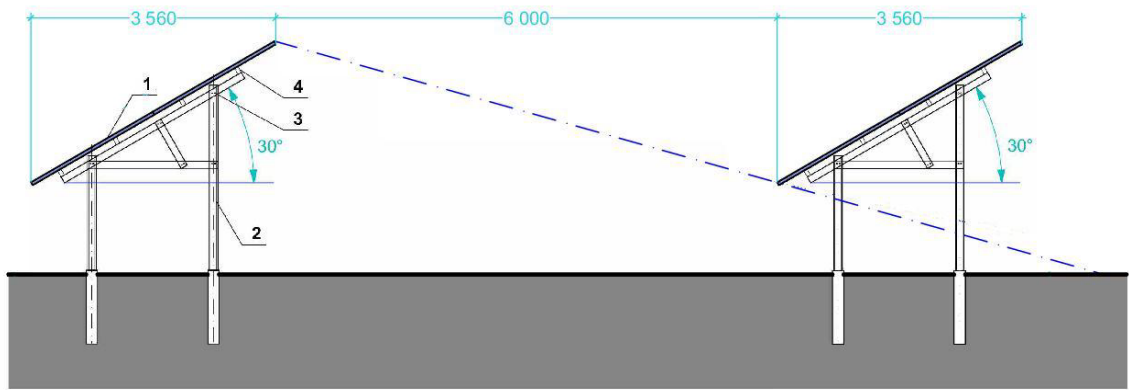


Рисунок 2.1 – Схема встановлення фотоелектричних панелей:

- 1- фотоелектрична панель; 2- опорна стійка; 3- кронштейн з пластиною кріплення; 4- Т-подібний штампований алюмінієвий профіль

СЕС бувають двох видів: фотоелектричні (безпосередньо перетворюють сонячну енергію в електроенергію з допомогою фотоелектричного модулю) та термодинамічні (перетворюють сонячну енергію в теплову, а потім в електричну; потужність термодинамічних сонячних електростанцій вище, ніж потужність фотоелектричних станцій).

До елементів СЕС відносяться:

1. Фотоелектричні панелі (сонячні модулі), які перетворюють сонячну енергію в електричну;
2. Контролер, для управління сонячною фотоелектричною системою, який не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час;
3. Акумулятор, який потрібен для накопичення електроенергії, що генерується сонячними модулями;
4. Інвертор, що перетворює постійний електричний струм від сонячних батарей в змінний, який необхідний для живлення електроприладів;
5. Електричний лічильник, що фіксує кількість електроенергії, яка подається в загальну мережу або споживаної при необхідності.

На рис. 2.2 представлена схема сонячної електростанції, яка демонструє взаємозв'язок усіх елементів станції та основний принцип її роботи.

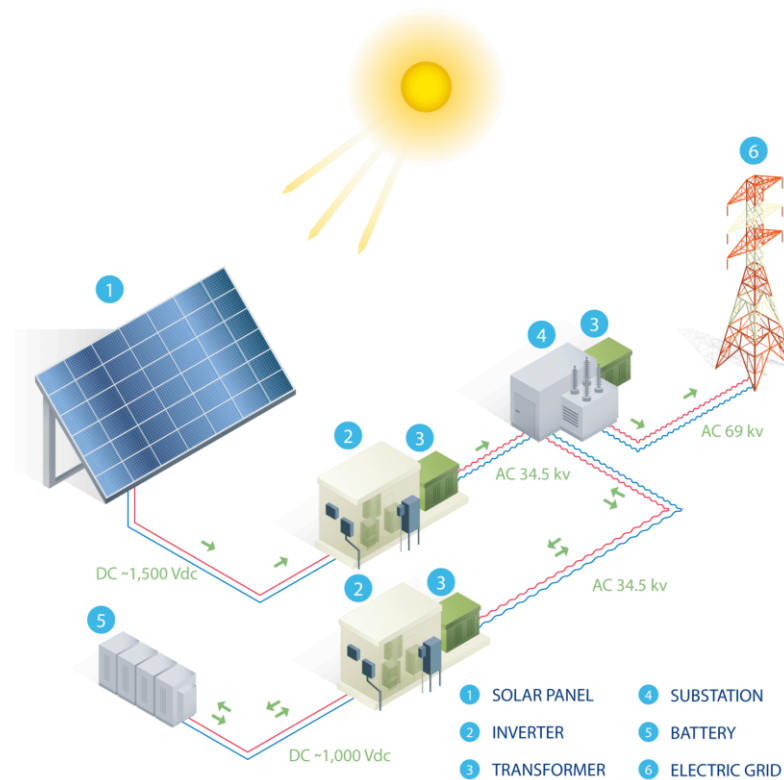


Рисунок 2.2 – Схема сонячної електростанції

Робота СЕС відбувається в такій послідовності. Сонячні промені потрапляють на панель фотоелектричних модулів, за рахунок трансформації перетворюються в електроенергію. Сонячні модулі застосовуються на основі кристалічного кремнію або монокристалів, у останніх значно вище термін служби і відсоток вироблення в залежності від терміну служби набагато вище. Кількість електроенергії, яку можуть забезпечити сонячні модулі, залежить від їх ефективності, розміру і місцевого рівня сонячного освітлення.

Після перетворення електроенергія проходить через підключений акумулятор, тим самим забезпечуючи зарядку акумуляторних батарей.

Наступний етап – це живлення споживачів енергії, а також з'єднання внутрішньої ланцюга сонячної електростанції з зовнішньою електричною мережею для видачі надлишків електроенергії.

СЕС можуть бути двох типів:

- мережеві, які є більш потужними, вони підключаються до зовнішньої електричної мережі, більшість виробляємої ними



електричної енергії передається в мережу через окремий лічильник, величина навантаження власного споживання незначна;

- автономні, які призначені в першу чергу покривати потреби навантаження власного споживання, тому вони розраховуються на меншу потужність (що визначається переліком власних електроприймачів), вони також підключаються до зовнішньої електричної мережі і лише надлишки електричної енергії передаються в мережу через окремий лічильник.

## **2.2 Аналіз вибору оптимального розташування сонячних електростанцій**

Наземне розміщення комерційних сонячних електростанцій найчастіше використовується з метою будівництва достатньо продуктивної фотогальванічної системи та отримання прибутку від продажу виробленої електроенергії (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Наземна сонячна електростанція

Енергосистема являє собою наземне встановлення всіх елементів СЕС (сонячні батареї, системи кріплення, інвертори, трансформатори та інше обладнання).

Переваги наземного розміщення сонячної електростанції:

- Можливість отримати сонячну електростанцію необхідної потужності – це важливо при будівництві резервних сонячних електростанцій, коли потужність, що генерується, повинна повністю компенсувати зникання електрики з промислової мережі.
- Залучення земельних ділянок, які непридатні (або малоприсадибні) для сільськогосподарської діяльності.
- Можливість встановити сонячні панелі так, щоб забезпечити їм оптимальну орієнтацію відносно сторін світу.

З одного боку, при такому способі розміщення обладнання сонячної електростанції термін реалізації проєкту в цілому дещо подовжується через необхідність узгоджувати всі формальні питання, пов'язані із земельною ділянкою. З іншого боку, безсумнівною перевагою наземних сонячних електростанцій є можливість встановлення більшої (у порівнянні з даховим варіантом) кількості сонячних батарей, іншими словами – можливість отримати більш потужну СЕС.

Наукові дослідження, що використовують геоінформаційні системи (ГІС) для аналізу розміщення сонячних електростанцій, враховують ряд критеріїв та вимог. До таких критеріїв відносяться фізичні вимоги до земельних ділянок, екологічні міркування, обмеження щодо землекористування, соціальні міркування та вимоги до енергетичної інфраструктури. У дослідженнях, які застосовують мультикритеріальний аналіз щодо підтримки прийняття рішень, науковці відповідно до своєї компетенції, експертних висновків або власного судження класифікують конкретні критерії в декількох діапазонах.

Для визначення місця розташування наземної сонячної фотоелектричної електростанції (СЕС) наведені у додатку В.

Щодо типу земельної поверхні, то придатна територія для встановлення наземної СЕС повинна бути вільною від лісів, водойм, будівель, боліт, заплав і, бажано, мати низьку чи середню трав'янисту рослинність або чагарники, кам'янистий рельєф, деградовані землі.

Сонячні електростанції не будуються на територіях, що належать до національних та регіональних природних парків, районів культурної спадщини, або ж на територіях, де розташовані палеонтологічні та археологічні пам'ятки. Ретельне дослідження на наявність даних територій має бути проведене на ранніх етапах реалізації проекту.

Будівництво СЕС заборонено на землях оборони. Навколо військових частин та оборонних об'єктів можуть створюватися зони з особливим режимом використання земель з метою забезпечення функціонування цих військових частин та об'єктів, збереження озброєння, захисту населення, господарських об'єктів і довкілля від впливу аварійних ситуацій, стихійних лих і пожеж, що можуть виникнути на цих об'єктах (Закон України «Про використання земель оборони» №1345-IV, редакція від 06.05.2012). Перевірка на наявність таких земель на досліджуваній території є обов'язковою.

Відстань щонайменше 1 000 м від берегової лінії може врятувати від пошкоджень СЕС у разі стихійного лиха. Інша причина полягає в тому, що земельні ділянки у прибережних районах коштують дорожче, і тому можуть бути економічно нерентабельними для таких установок.

### **3 ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ДОВКІЛЛЯ**

Головними перевагами використання сонячної енергії є: екологічна чистота, надійність та можливість довготривалої експлуатації, безпека (наявність автоматичного захисту від короткого замикання, перегріву, перевантажень приладів, розряджання акумуляторів), простота монтування і розбирання, стійкість до впливу природних факторів. Але сонячна енергетика також має й недоліки.

По-перше, для сонячної енергетики потрібне використання великих земельних площ під електростанції (наприклад, для СЕС потужністю 1 ГВт це може бути декілька десятків квадратних кілометрів).

По-друге, СЕС не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік споживання електроенергії припадає саме на вечірні години. Крім того, потужність електростанції може стрімко і несподівано коливатися внаслідок змін погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори, або будувати гідроакумуляуючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки далека від економічної ефективності.

Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов може бути вирішена спорудженням сонячних аеростатних електростанцій. Ще один шлях вирішення проблеми – будівництво гібридних електростанцій, тобто вдень електроенергія виробляється параболічними концентраторами, а вночі – з природного газу.

По-третє, сонячні фотоелементи високовартісні. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік буде подолано. Протягом 1990-2005 років ціни на фотоелементи знижувалися у середньому на 4 % щороку. Крім того, поверхню фотоелектричних панелей періодично потрібно очищувати від

пилу та інших забруднень. Зважаючи на те, що їх площа досягає декількох квадратних кілометрів, це також можна вважати серйозним недоліком [9].

### **3.1 Екологічна оцінка використання сонячної енергетики**

Оцінка впливу здійснюється по окремих компонентах навколишнього середовища. Відповідно до вимог нормативно-правових документів оцінки впливу на компоненти довкілля проводиться з врахуванням нормальної роботи об'єкту та ймовірних надзвичайних (аварійних ситуацій). Оцінку величини і значущості впливу на компоненти природного середовища зазвичай проводиться у три етапи:

- перший етап – визначення першочергових впливів на компоненти довкілля.

- другий етап – розробка заходів з пом'якшення наслідків.

- третій етап – оцінка залишкових впливів.

В даній роботі пропонується методика для визначення значущості залишкових впливів, яку необхідно проводити після скринінгу та заходів з пом'якшення. Визначені категорії значущості залишкових впливів порівнюються з початковою якісною експертною оцінкою.

Порядок визначення значущості впливів. Значущість впливу, яка є результативним показником оцінювального впливу на конкретний компонент навколишнього природного середовища, оцінюється за такими параметрами:

- просторовий масштаб;

- часовий масштаб;

- інтенсивність.

Порівняння значень значущості впливу для кожного параметра оцінюються за бальною системою за розробленими критеріями. На відміну від соціальної сфери для природного середовища не враховується нульовий

вплив– це тому, що на відміну від соціальної сфери, при будь-якій діяльності буде відбуватися вплив на природне середовище [13].

Нульовий вплив буде лише за відсутності запланованої діяльності. Для визначення значення впливу на навколишнє природне середовище рекомендується застосовувати на мультиплікативну, (множення) методологію розрахунку. Визначення просторового масштабу впливу проводиться на основі аналізу технічних рішень, математичного моделювання, чи на основі експертних оцінок можливих наслідків від впливу. Шкала оцінки просторового масштабу впливу представлена в таблиці. Визначення часового масштабу впливу на окремі компоненти природного середовища, визначається на основі аналізу, аналітичних (модельних, оцінок або експертних оцінок).

Значущість впливів на кожен компонент довкілля пропонується оцінити для різних джерел. На практиці на один компонент природного середовища можуть впливати на різні джерела, види діяльності, тому для визначення значущості впливу використовується результуюча оцінка для окремого компонента природного середовища.

Зокрема, для СЕС має значення виробництво певного виду панелей, розстановка сонячних панелей з врахуванням характеру рельєфу спорудження підстанцій – під'єднання до мережі.

Можливе незначне підвищення температури атмосферного повітря над електростанцією та підвищення вологості ґрунту під панелями.

Викиди, пов'язані із транспортуванням панелей є незначними у порівнянні з їх виробництвом не більше одного відсотка. В основному це викиди на стадії будівництва об'єкту та при можливих пожежах. При несприятливих метеорологічних умовах (сильні вітри та високі температури навколишнього повітря) в поєднанні з сухою рослинністю існує потенційний ризик виникнення пожежі. Однак фактор ризику виникнення пожежі мінімальний.

Впливу на геологічне середовище і підземні води не спостерігається. Обсяги споживання води для потреб господарсько-питного водопостачання є незначними, оскільки СЕС працює повністю в автоматичному режимі постійного персоналу для СЕС немає. Випорожнення бака стічної води виконується по мірі необхідності за допомогою спеціального автомобіля. Для обмивки зовнішніх поверхонь фотоелектричних панелей передбачена доставка води в автоцистернах по мірі необхідності. Відведення дощової і талої води, а також води від періодичних обмивок поверхонь фотоелектричних панелей, здійснюється по лотках проїздів з подальшим відведенням на прилеглу територію на південний схід в сторону струмка [14].

Основний вплив на ґрунти відбувається при підготовці території будівництва СЕС та полягає у виїмці ґрунту при влаштуванні підземних частин будівель, автошляхових покриттів, підземних мереж водовідвідних споруд, а також родючого ґрунту для озеленення території. Незначний вплив на ґрунти відбувається також при обмивці панелей. Впливу на ґрунти від утилізації пошкоджених або зношених фотоелектричних модулів не відбувається, оскільки вони повертаються виробнику для відновлення або утилізації.

Шум та електромагнітне випромінювання. При роботі електротехнічного обладнання електростанції (інвертори, трансформатори, спостерігається шумове та електромагнітне забруднення). Для зменшення шумового навантаження передбачено застосування обладнання, конструкцією яких передбачені заходи по зменшенню шумів. Оскільки обладнання сонячної електростанції розташоване поза межами житлової забудови суттєво вплине на зменшення негативного впливу електростанції на людей. Також шумове забруднення буде присутнє на етапі будівництва. Різноманітність рослинного світу Маловивчене питання зміни біорізноманіття видів через підвищення температури повітря та вологості ґрунту [15].

Вплив на тваринний світ полягає зміні середовища існування та обмежені руху тварин територією на якій знаходиться електростанція, оскільки вона огорожена. Також можливою є загибель птахів, кажанів і комах від інтенсивного світла. Проте в порівнянні з іншими антропогенними джерелами смертності птахів та комах цей вплив є низьким.

### **3.2 Вплив сонячних електростанцій на ґрунт та рослини**

Визначаючи вплив сонячних електростанцій на будь-які живі форми, то можна стверджувати те, що сонячні колектори які займають великі площі, дають великі затінення. А це в свою чергу, може призвести до значних змін ґрунтових умов, вплив на рослинність та інше. Крім тіней загрозу живим формам дає і нагрівання повітря, при проходженні сонячного випромінювання крізь панелі, на яких є дзеркальні відбивачі. Такий тепловий режим змінює баланс, вологість, напрямок вітру. Особливу небезпеку становлять рідини, які містяться в самих фотоелементах, це такі отруйні речовини, як свинець, кадмій, галій, миш'як, тому існує ризик їх витоку. Частіше це може бути при тривалій експлуатації, тому ризик забруднення води також не є виключеним. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін експлуатації (30-50 років), їх активне застосування передбачатиме виникнення проблеми їх утилізації[16].

Залежно від місця знаходження, великі утилітарні сонячні установки можуть призводити до деградації земельних ділянок, а також, стати причиною втрати природного середовища існування багатьма видами живих організмів. Загальні вимоги до земельної площі змінюються в залежності від технології, топографії ділянки та інтенсивності сонячного ресурсу. Оцінки для комунально-побутових фотоелектричних систем становлять від 14000 до 40000 м<sup>2</sup> на мегават, тоді як оцінки для сонячних колекторів становлять від 16000 до 67000 м<sup>2</sup> за мегават енергії. На відміну від вітрових установок, земельні ділянки, на яких розміщені сонячні установки, рідко підходять для



паралельного ведення сільського господарства. Проте, вплив на землю може бути мінімізований шляхом розміщення сонячних установок на менш якісних ділянках, таких як покинуті гірські ділянки або існуючі транспортні та трансмісійні коридори. Більш дрібні сонячні фотоелектричні масиви, які можуть бути побудовані на будинках або комерційних будівлях, мають мінімальний вплив на землекористування [6].

Тому останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься близько 1 % кремнію, завдяки чому вони дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

Теоретично сонячна енергетика вирізняється повною безпечністю для навколишнього середовища (якщо не брати до уваги наявність отруйних речовин у фотоелементах). Утилізація значних обсягів сонячних модулів на конкретній території призводить до збільшення ризику для місцевої флори, фауни і для здоров'я людей. Витік хімічних реагентів з утилізованих модулів дає можливість зараження місцевого ґрунту і поверхневих вод [6].

До території України, де можна розмістити сонячні електростанції входять поля, ліси, водойми, населені пункти і дорожні полотна. Ще біля 3% займають залишки природних екосистем, яким людина не змогла знайти застосування. В степовій зоні ці 3% зайняті останніми клаптиками нерозораного степу, а в Поліссі – залишками не меліорованих боліт. Саме ці території є останніми еталонами того, як виглядала природа, поки людина не зробила з неї щось зовсім інше. Більше половини видів, занесених на Червоної книги мешкають тут – на 3% України, яким людина не знайшла господарського використання.

Ліси, населені пункти, дороги для цього не годяться. Можна б на полях, які далеко не всюди використовуються, а багато де й зовсім потерпають від ерозії. Їх багато. Рілля в Україні займає 56%, більше, ніж будь-де у Європі. Проте практично кожен клаптик поля сьогодні має свого власника.

Однак при всьому бажанні, розмістити на них електростанцію не вийде. З цього починається друга неув'язка класичної "зеленої" енергетики з українськими реаліями. В Україні ніде розміщати "зелені" електростанції крім як на останніх природних ландшафтах. Бо лише вони перебувають у державній власності і можуть бути передані підприємцям. Місцеві ради лише радіють, що знайшовся інвестор на освоєння невідданих і поспішно віддають останню природу під потреби інвесторів.

Якщо накласти плани спорудження сонячних електростанцій на космічні знімки, які чітко показують, що знаходиться в кожному куточку нашої планети, то стане видно, що всі вони потрапляють на останні степові ділянки Криму, Миколаївщини, Запоріжжя, Херсонщини, Луганщини, лучні ділянки Вінниччини. Звісно, спорудження енергетичних установок тягне за собою створення і ліній електропередач, доріг і іншої потрібної інфраструктури.

### **3.3 Вплив сонячних електростанцій на популяції птахів**

Технології сонячної енергетики поділяють на дві широкі категорії: фотоелектричні сонячні елементи та сонячні колектори. Масштаби систем варіюються від невеликих сонячних панелей на даху до великих проектів як фотоелектричних сонячних елементів, так і сонячних колекторів – відповідно до цього визнається вагомість впливу на навколишнє природне середовище.

За даними Служби риби та дикої природи США (USFWS), тисячі птахів летять у нову сонячну «мегапастку» посеред каліфорнійської пустелі Мохаве, вбиваючи птахів із швидкістю до однієї птиці кожні дві хвилини.

Найсучасніша сонячна електрична генеруюча система Ivanpah (ISEGS), яка була відкрита в лютому, є найбільшою в світі сонячною електростанцією, яка використовує «електровіші» — хмарочоси, які отримують пучки сфокусованих сонячних променів для виробництва електроенергії.

В Іванпі сонячні промені перенаправляються з моря з понад 300 000 дзеркал на поверхні пустелі внизу, щоб потрапити на наповнені водою котли

на трьох 459-футових «енергетичних вежах». Температура біля веж може піднятися до 800 градусів, що змушує воду виробляти пару, яка обертає турбіни, які виробляють енергію (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Іванпах сонячна електростанція

Згідно з прес-релізом Bright Source Energy, одного з трьох інвесторів сонячної електростанції, установка в Іванпах виробляє достатньо електроенергії для живлення 140 000 будинків і усуває викиди вуглекислого газу, еквівалентні 72 000 транспортних засобів на рік.

Таке відновлюване джерело енергії може здатися тріумфом для довкілля, але ті самі перегріті хмарочоси, які виробляють відновлювану енергію, також впливають на дику природу в цьому районі.

За даними Associated Press, до 28 000 птахів на рік гине внаслідок вигорання у сфокусованих променях сонячного світла, при цьому птахи гинуть зі швидкістю одна птах кожні дві хвилини. Згорілих птахів називають «стрімерами» в наслідок диму, який виробляють птахи, що займаються.

У звіті USFWS стверджується, що більшість птахів гине від різних рівнів впливу «сонячного потоку», який спричиняє «пропалювання пір'я» (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Птах який загинув від «від пропалювання пір'я» сонячними електростанціями

Навколо сонячної електростанції створюється квазіхарчовий ланцюг, коли хижаки їдять птахів, а кажанів, які згоряють у сонячних променях станції, переслідують комах, яких приваблює яскраве світло від відбитих променів сонця. Як наслідок, Іванрап це «мега-пастка» для дикої природи.

### **3.4 Особливості використання дуального фермерства**

Дуальне фермерство, також, називають ще «агровольтаїкою»: одне й те саме поле використовується одночасно і для встановлення сонячних батарей, і для сільського господарства. І якщо для українських аграріїв це лише екзотична ідея, то в найбільш розвинутих країнах це вже практика. І не лише там, а й, наприклад, у сонячній і малоземельній Індії (рис. 3.2).

Зараз сонячна енергетика вимагає великих масивів землі, які виводяться з сільськогосподарського обігу. Тому для цих цілей намагаються знайти необроблювані землі. Сонячні батареї встановлюють прямо над землею, а підготовка території включає викошування рослинності, вирівнювання та ущільнення ґрунту. Тому це хороша можливість покращити

сільське господарство і продовольчу безпеку одночасно з покращенням енергетичної безпеки виробленням екологічно «чистої» енергії.



Рисунок 3.2–Дуальне фермерство

Поєднання панелей і сільськогосподарських територій має наступний вигляд (рис. 3.3).

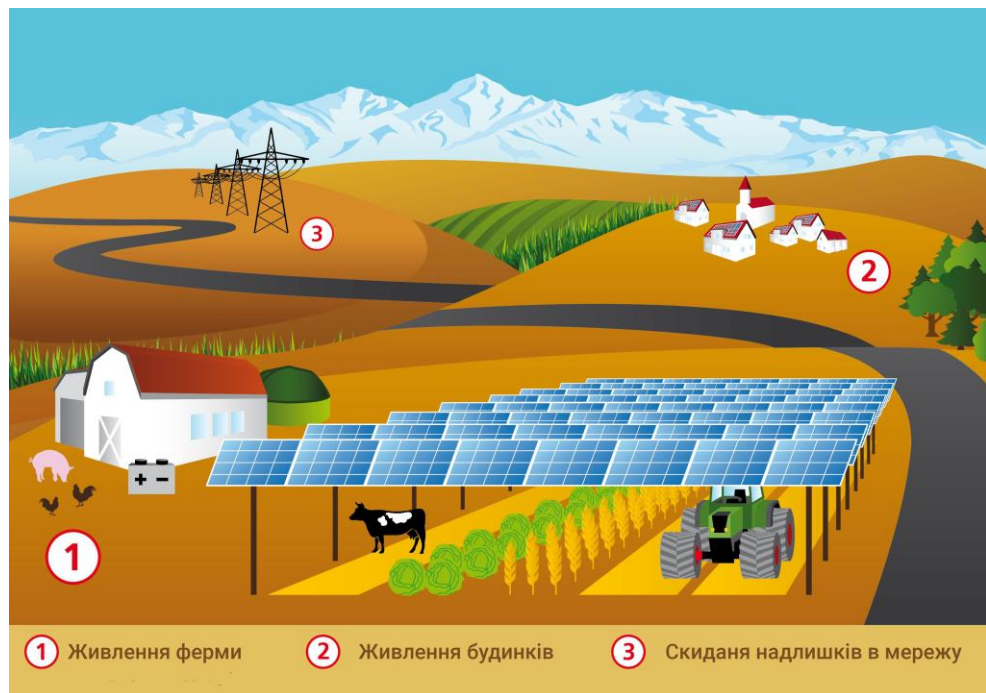


Рисунок 3.3 – Фермерське господарство з використанням аспектів агровольтаїки

В умовах часткового затінення, окремі культури дають більший урожай, близько 30%. Основні культури хоч і дають на 20% менший урожай (до прикладу зернові, картопля, селера, чи конюшина), проте основна перевага такого симбіозу полягає в максимальній ефективності використання обмеженої території. На рисунку 3.4 нижче приведена приблизна схема агровольтаїки.

Якщо взяти агрокультуру, яка дає більший урожай при затінненні, то ефективність такого поєднання зросте на 20-30% (зелень, салати, часник чи бобові).

При вдосконаленні технологій виробництва панелей і їх здешевлення, таке поєднання виглядатиме економічно доцільним. Але на разі, монтування лише наземних конструкцій висотою в 5 метрів (для легкого проходження під конструкцією агротехніки), виглядає не таким ефективним рішенням, бо станція буде доволі дорогою.

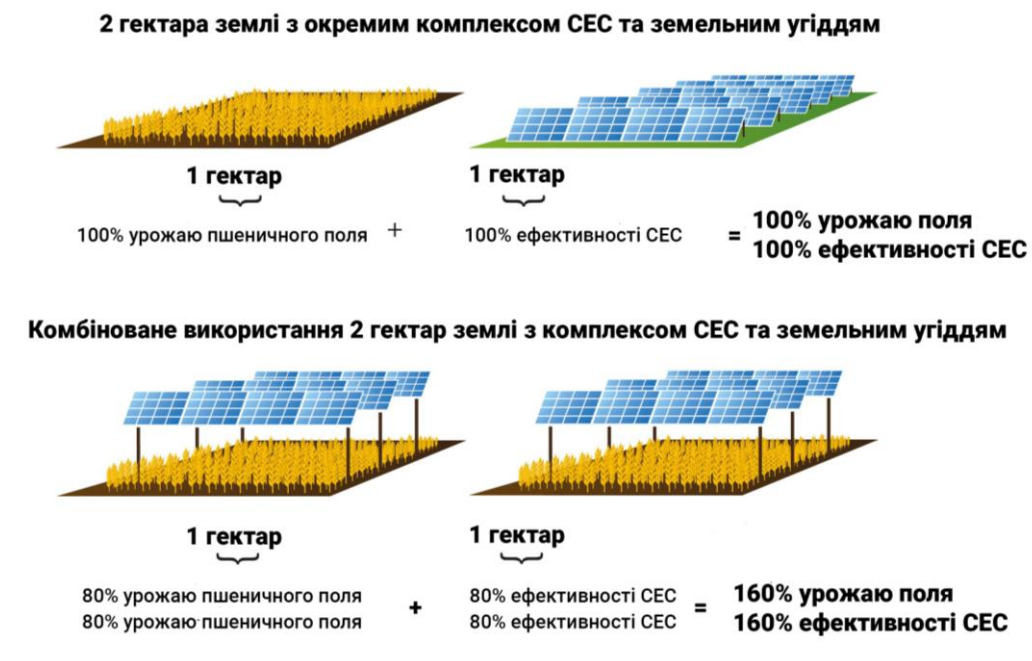


Рисунок 3.4 – Схема агровольтаїки

Отож, які позитивні сторони використання агровольтаїки:

- забезпечення регулярного денного поливу (як і дозованого, так і крапельного);
- заповнення водою відповідних резервуарів для використання на фермі;
- контроль рівню сонячної радіації, яка доходить до рослин;
- затінення рослин і збільшення врожайності.
- контроль і коректування вмісту вологи та поживних речовин в землі, зменшення випаровування ґрунтових вод.

На жаль, на сільськогосподарських угіддях забороняється монтування станцій і продаж надлишків за умовами зеленого тарифу.

Сонячну енергію можна використовувати в комплексі з медоносами й пасікою. Адже бджільництвом в Україні займається приблизно 400 тис. осіб. Це один з найбільших в світі показників. Фактично кожен сотий українець – пасічник. Тому можна території сонячних електростанцій засівати медоносами і створювати пасіки[12].

Пілотні проекти агровольтаїки зараз реалізуються не лише у сонячних Арізоні, Китаї, Хорватії, Італії, Японії та Франції, а й у штаті Массачусетс та в Німеччині. Так, у шт. Массачусетс «дуальну ферму» влаштував університет штату, розташований у місті Амхерст. Тут іще в 2010 році були встановлені сонячні батареї на висоті 2,45–2,7 м над землею і вище. Спочатку батареї встановлювали на стовпи заввишки 5,1 м і 20 м у діаметрі, які на 2,4 м вганяли в землю, щоб обійтися без бетонного фундаменту. Стовпи підтримують планки, на яких на рухомих основах встановлені сонячні батареї (рис. 3.5).

Під сонячними батареями вирощують перець, боби, коріандр, помідори, листовий салат, броколі та браунколь або кучеряву капусту. Збирання цих культур проводиться вручну. Якщо проміжки між сонячними батареями мають ширину 1–1,2 м, то врожайність культур практично така ж, як і на відкритому сонці. Почали з двох рядів по 36 панелей у кожному, розташованих на висоті 2,7 м. З'ясувалося, що за інтервалу між панелями

105–120 см врожайність культур становила 90–95% від рівня, отриманого на відкритому сонці.



Рисунок 3.5 – Сонячні панелі на висоті 5 м

В Німеччині агрофотовольтаїку стали розвивати раніше, ніж будь-де у світі. Піонером цього напрямку став Адольф Гьотцербергер, який створив Фраунгоферівський інститут систем сонячної енергії. Інститут влаштував «дуальну ферму» на площі в третину гектара кілька років тому. Там сонячні батареї (всього їх 720) розташовані достатньо високо для того, щоб під ними проїжджали сільськогосподарські машини. Панелі двосторонні, тож вони уловлюють і сонячне випромінювання, відбите рослинами. Під панелями і в якості контролю на відкритому сонці вирощували пшеницю, картоплю, селеру та конюшину. Затінення знизило врожайність конюшини на 5,3, а інших культур - на 18-19%. Але сонячна енергія, що використовувалася переробним підприємством та електричними сільгоспмашинами та обладнанням на фермі, дала змогу знизити витрати, що підвищило економічну ефективність використання угідь на 60% [14].

Аналогічні досліді проводять також у Хорватії, де Університет ім. Йосипа Юрая Штросмаера в місті Осіек вирощує під сонячними батареями



тіньовитривалі овочеві культури за органічною технологією на дослідній фермі, яку частково обслуговують працівники вузу. Сонячна енергія використовується для роботи поливних систем і сільськогосподарських машин та обладнання. Досліди в галузі агровольтаїки ведуться також в Австрії.

Особливий ефект від вирощування культур (перець, помідори, авокадо та манго) під сонячними батареями спостерігався в Арізоні. Там рослини потребували вдвічі менше води, ніж на відкритому сонці. Сонячні батареї захищали рослинність від заморозків, згладжували коливання температур, продовжували строк вегетації. Однак не все так просто. Сонячні батареї та конструкції, на яких вони встановлені на висоті, коштують дорого. І один неправильний рух трактора може завдати збитків на сотні тисяч доларів. В місцевостях, де землі бракує, а ціни на електроенергію високі, як у Європі, «дуальні ферми» можуть бути привабливими з економічної точки зору [7].

### **3.5 Оцінка впливу наземних сонячних електростанцій на екосистеми**

Національні вимоги до Оцінки впливу на навколишнє середовище представлені в ДБН «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будівель і споруд А.2.2.1-2003». «Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» для яких ОВНС є обов'язковим, а компетентним органом є Міністерство охорони навколишнього середовища. Сонячні електростанції не включені в даний список. Однак у ДБН А.2.2.1-2003 прописано, що для інших видів діяльності та об'єктів, не наведених у додатку Е, матеріали ОВНС розробляються у скороченому обсязі, який визначається замовником і генпроектувальником у кожному конкретному випадку при складанні Заяви про наміри, за узгодженням з місцевими

органами Мінекоресурсів та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України. [7].

Оцінка впливу здійснюється по окремих компонентах навколишнього середовища.

Відповідно до вимог нормативно-правових документів оцінки впливу на компоненти довкілля проводиться з врахуванням нормальної роботи об'єкту та ймовірних надзвичайних (аварійних) ситуацій.

Оцінку величини і значущості впливу на компоненти природного середовища зазвичай проводиться у три етапи:

- 1 етап: Визначення першочергових впливів (скринінг);
- 2 етап: Розробка комплексу заходів з пом'якшення наслідків;
- 3 етап: Оцінка залишкових впливів [1].

В даній роботі пропонується методика для визначення значущості залишкових впливів, яку необхідно проводити після скринінгу та заходів з пом'якшення. Визначені категорії значущості залишкових впливів порівнюються з початковою якісною експертною оцінкою. Значущість впливу, яка є результативним показником оцінювального впливу на конкретний компонент навколишнього природного середовища, оцінюється за такими параметрами:

- просторовий масштаб;
- часовий масштаб;
- інтенсивність.

Порівняння значень значущості впливу для кожного параметра оцінюються за бальною системою за розробленими критеріями.

На відміну від соціальної сфери для природного середовища не враховується нульовий вплив. Це тому, що на відміну від соціальної сфери, при будь-якій діяльності буде відбуватися вплив на природне середовище. Нульовий вплив буде лише за відсутності запланованої діяльності.

Для визначення значення впливу на навколишнє природне середовище рекомендується застосовувати на мультиплікативну (множення) методологію розрахунку.

Визначення просторового масштабу впливу проводиться на основі аналізу технічних рішень, математичного моделювання, чи на основі експертних оцінок можливих наслідків від впливу. Шкала оцінки просторового масштабу впливу наведена в додатку Б.

Визначення часового масштабу впливу на окремі компоненти природного середовища, визначається на основі аналізу, аналітичних (модельних) оцінок або експертних оцінок. Шкала оцінки часового впливу представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Шкала оцінки масштабу впливу часового

Градація	Часовий масштаб впливу	Бал
Короткотривалий вплив	до 6 місяців	1
Середньотривалий вплив	від 6 місяців до 1 року	2
Тривалий вплив	від 1 до 3 років	3
Довготривалий(постійний) вплив	від 3 років і більше	4

Шкала інтенсивності визначається на основі низки екологічних оцінок а також експертної оцінки і наведена в таблиці 3.2.

За результатами виявлених рівнів значущості впливу можна дати інтегральну оцінку впливу на конкретний компонент природного середовища.

Значущість впливів є комплексною (інтегральною) оцінкою. Визначення значущості впливу здійснюється в кілька етапів.

Етап 1. Для визначення значущості впливу на окремі компоненти природного середовища необхідно використати таблиці з критеріями впливів (табл.. 3.1, 3.2) Бал значущості впливу визначається формулою 3.1:

$$O_{integr}^i = O_1^t * O_1^s * O_1^j \quad (3.1)$$

де  $O_{integr}^i$  - комплексний оціночний бал для даного впливу;  $O_1^t$  - бал часового впливу на  $i$ -й компонент природного середовища;  $O_1^s$  - бал просторового впливу на  $i$ -й компонент природного середовища;  $O_1^j$  - бал інтенсивності впливу на  $i$ -й компонент природного середовища.

Таблиця 3.2 - Шкала величини інтенсивності впливу

Градація	Опис інтенсивності впливу	Бал
Незначний вплив	Зміни в природному середовищі не перевищують існуючі межі природної мінливості	1
Слабкий вплив	Зміни в природному середовищі виходять за межі природної мінливості, природне середовище повністю самовідновлюється	2
Помірний вплив	Зміни в природному середовищі, які перевищують межі природної мінливості, порушують окремі компоненти природного середовища. Природне середовище зберігає можливість до самовідновлення	3
Сильний вплив	Зміни в природному середовищі призводить до значного порушення компонентів природного середовища та/або екосистем. Окремі компоненти природного середовища втрачають здатність до самовідновлення (це твердження не стосується до атмосферного повітря)	4

Етап 2. Категорія значущості визначається інтервалом значень в залежності від балу, отриманого при обчисленні, як показано в таблиці Г.1.

Категорії значущості є однаковими для різних компонентів природного середовища і можуть порівнюватись при визначенні компоненту природного середовища, який зазнає найбільшого впливу. Категорії значущості визначаються для всіх компонентів природного середовища.

Для отримання категорії значущості впливу спочатку для кожного компоненту природного середовища визначаємо середній бал комплексної оцінки впливу.

Якщо значущість впливу, що визначається для конкретного компоненту природного середовища (атмосферне повітря, тваринний світ тощо) є єдиною, то вона безпосередньо використовується для оцінки результируючої значущості впливу.

Значущість впливів на кожен компонент довкілля пропонується оцінити для різних джерел. На практиці на один компонент природного середовища можуть впливати різні джерела (види діяльності), тому для визначення значущості впливу використовується результируюча оцінка для окремого компонента природного середовища[2]. Зокрема, для СЕС має значення виробництво певного виду панелей, розстановка сонячних панелей з врахуванням характеру рельєфу, спорудження підстанцій, під'єднання до мережі. Серед основних обмежень при будівництві СЕС є питання оренди землі, оскільки на 1 МВт приходиться орендувати біля 2,5 га землі [8].

На основі матриці Леопольда створюються типові оціночні матриці. За результатами виявлених рівнів значущості впливу можна дати інтегральну оцінку впливу на конкретний компонент природного середовища.

Як приклад наводимо екологічну приватної наземної СЕС та матрицю впливу на компоненти навколишнього природного середовища - таблиця 3.3.

Можливе незначне підвищення температури атмосферного повітря над електростанцією та підвищення вологості ґрунту під панелями.

Повітряне середовище Викиди, пов'язані із транспортуванням панелей, є незначними у порівнянні їх виробництвом, не більше 1%. В основному це викиди на стадії будівництва об'єкту та при можливих пожежах. При несприятливих метеорологічних умовах (сильні вітри та високі температури навколишнього повітря) в поєднанні з сухою рослинністю існує потенційний ризик виникнення пожежі. Однак фактор ризику виникнення пожежі мінімальний.

Впливу на геологічне середовище і підземні води не спостерігається.

Обсяги споживання води для потреб господарсько-питного водопостачання є незначними, оскільки СЕС працює повністю в автоматичному режимі, постійного персоналу для СЕС немає. Випорожнення бака стічної води виконується по мірі необхідності за допомогою спеціального автомобіля. Для обмивки зовнішніх поверхонь фотоелектричних панелей передбачена доставка води в автоцистернах по мірі необхідності. Відведення дощової і талої води, а також води від періодичних обмивок поверхонь фотоелектричних панелей, здійснюється по лотках проїздів з подальшим відведенням на прилеглу територію на південний схід в сторону струмка.

Основний вплив на ґрунти відбувається при підготовці території будівництва СЕС та полягає у виїмці ґрунту при влаштуванні підземних частин будівель, автошляхових покриттів, підземних мереж, водовідвідних споруд, а також родючого ґрунту для озеленення території. Незначний вплив на ґрунти відбувається також при обмивці панелей. Впливу на ґрунти від утилізації пошкоджених або зношених фотоелектричних модулів не відбувається, оскільки вони повертаються виготовнику для відновлення або утилізації.

При роботі електротехнічного обладнання електростанції (інвертори, трансформатори) спостерігається шумове та електромагнітне забруднення. Для зменшення шумового навантаження передбачено застосування обладнання, конструкцією яких передбачені заходи по зменшенню шумів.

Оскільки обладнання сонячної електростанції розташоване поза межами житлової забудови суттєво вплине на зменшення негативного впливу електростанції на людей. Також шумове забруднення буде присутнє на етапі будівництва.

Таблиця 3.3 - Матриця впливу приватної наземної СЕС (Вінницька обл., с. Некрасове) на компоненти навколишнього природного середовища.

Вид діяльності	Розташування сонячних панелей	Розташування	Встановлення трансформаторної	Будівництво під'їзних	даних	Утилізація відходів	Експлуатація об'єкту	Аварії	Інтегральна оцінка на компонент (середнє)
Абіотичне середовище									
Мікроклімат	1	1	1	1			8	2	2,1
Повітряне середовище	1	1	1	2			1	2	1,3
Геологічне середовище	1	1	1	1			1	1	1
Водне середовище	1	1	1	1			2	1	1,1
Ґрунти	2	2	2	2			2	1	1,7
Шум та електромагнітне випромінювання	2	2	2	2			8	1	2,6
Біотичне середовище									
Різноманітність рослинного світу	2	2	2	2			8	3	2,9
Різноманітність тваринного світу	2	2	2	2			4	2	2,1
Середнє	1,5	1,5	1,5	1,6			4,3	1,6	1,9

Маловивчене питання зміни біорізноманіття видів через підвищення температури повітря та вологості ґрунту. Але, оскільки загальна площа території сонячної електростанції в с. Некрасове становить 0,06км<sup>2</sup>, ймовірний вплив буде локальним. Особливої уваги в таких випадках слід приділяти СЕС розташованим на території ПЗФ чи близьких до них.

Вплив на тваринний світ полягає зміні середовища існування та обмежені руху тварин територією, на якій знаходиться електростанція, оскільки вона огорожена. Також можливою є загибель птахів, кажанів і комах від інтенсивного світла. Проте в порівнянні з іншими антропогенними джерелами смертності птахів та комах цей вплив є низьким.

В результаті проведеної екологічної оцінки СЕС, визначення категорій значущості впливів та побудови матриці впливу на компоненти навколишнього природного середовища нами зроблено висновок, що дана СЕС завдає незначного впливу на природне навколишнє середовище - 1,9. Найсуттєвішими є шумове забруднення, електромагнітне випромінювання - 2,6 та вплив на рослинність -2,9, однак і вони є незначними.



## 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

### 4.1 Алгоритм вибору сонячних електростанцій

Економічна ефективність використання сонячних електростанцій визначається величиною чистого дисконтованого доходу, який використовується в якості коефіцієнта економічної ефективності використання установки і розраховується за виразом (4.1, 4.2):

$$K_{\text{еф}} = \text{ЧДД}, \quad (4.1)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E)^t} - K_n \quad (4.2)$$

де  $D_t$  – доход, що одержаний за рік  $t$ ;  $K_n$  – капіталовкладення, наведені в часі до початку розрахункового періоду;  $E$  – прийнята процентна ставка (норма дисконту).

Річний інвестиційний доход визначається за виразом (4.3):

$$D = \text{ЧП} + V_{\text{ан}} \quad (4.3)$$

де ЧП – прирост чистого прибутку;  $V_{\text{ан}}$  – витрати на амортизацію нового обладнання.

Прирост чистого прибутку (ЧП) визначається з урахуванням податку на прибуток і на майно (4.4):

$$\text{ЧП} = (\Pi - \text{ПМ}) \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{пп}}}{100}\right) \quad (4.4)$$

де  $\Pi$  – прибуток;  $C_{\text{пп}}$  – діюча ставка податку на прибуток, %; ПМ – податок на майно.

Прибуток при впровадженні сонячної електростанції визначається наступним чином (4.5):

$$\Pi = \Delta E - V_e \quad (4.5)$$

де  $\Delta E$  – вартість зекономлених ресурсів;  $V_e$  – поточні витрати, пов'язані з експлуатацією нових технічних засобів.

Поточні витрати становлять:

$$V = V_{ан} + V_{роп} \quad (4.6)$$

де  $V_{ан}$  – витрати на амортизацію нового обладнання;  $V_{роп}$  – витрати на ремонт та обслуговування нового обладнання.

Складові поточних витрати розраховуються наступним чином (4.7, 4.8):

$$V_{ан} = \alpha_a \cdot K_H \quad (4.7)$$

$$V_{роп} = \alpha_{ро} \cdot K_H \quad (4.8)$$

де  $\alpha_a$  – норма відрахувань на амортизацію обладнання;  $\alpha_{ро}$  – норма відрахувань на ремонт та обслуговування обладнання;  $K_H$  – капіталовкладення в нове обладнання.

Дисконтування капіталовкладень здійснюється наступним чином (4.9):

$$K_H = \sum_{t=0}^{T_{стр}} \frac{K_t}{(1+E)^t} \quad (4.9)$$

де  $K_t$  – капіталовкладення в спорудження установки за рік  $t$ ;  $T_{стр}$  – тривалість спорудження установки в роках.

Капіталовкладення в спорудження установки  $K_t$  визначаються як сума капіталовкладень в будівельні конструкції  $K_{бк}$ , капіталовкладень в окремі елементи сонячної електростанції  $K_{об}$  та супутніх капіталовкладень, які включають передвиробничі витрати на передінвестиційні дослідження, проектування та розробку техніко-економічного обґрунтування, тощо  $K_{суп}$  (4.10, 4.11):

$$K = K_{бк} + K_{об} + K_{суп} \quad (4.10)$$

$$T_o = \frac{K}{D_t} \quad (4.11)$$

Критерієм економічної ефективності використання сонячних електростанцій є максимум чистого дисконтованого доходу (4.12):

$$Ke_{фi} \rightarrow \max. \quad (4.12)$$

Запропонований критерій економічної ефективності дозволить обґрунтувати доцільність використання СЕС.

Алгоритм вибору СЕС передбачає послідовне виконання розрахунків та порівнянь, необхідних для обґрунтованого визначення структури СЕС та її комплектуючих. Розроблений алгоритм вибору СЕС представлено на рис. 4.1.

Було розглянено варіант побудови СЕС для автономного живлення будівлі, розташованої у Вінницькій області (табл. 4.1).

Використовуючи дану методику розрахунку, було створено декілька варіантів побудови СЕС. Результати розрахунку представлені в табл. 4.2.

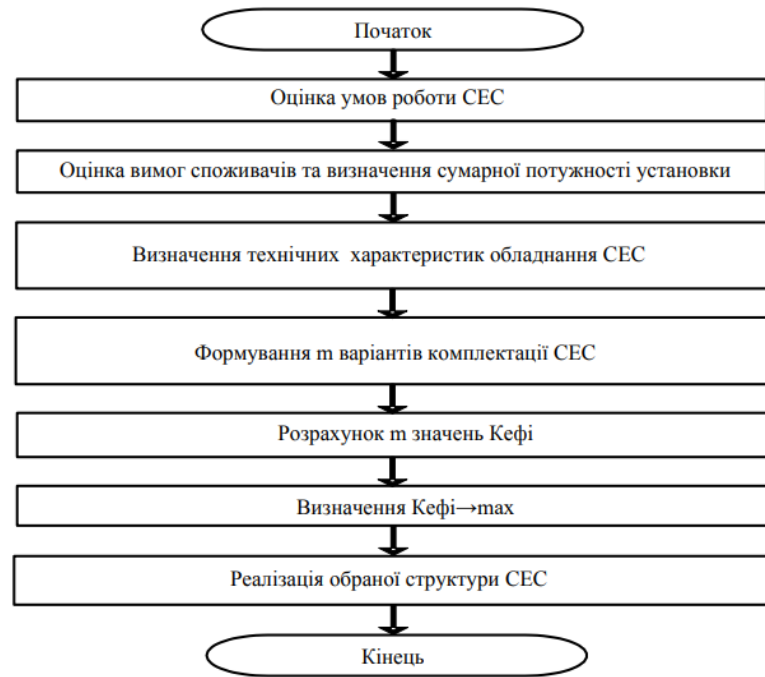


Рисунок 4.1 – Алгоритм вибору СЕС

Таблиця 4.1 – Характеристика навантаження будівлі для живлення від СЕС

Споживачі енергії	Кількість, шт.	Потужність, кВт.	Загальна потужність, кВт.
Холодильник	1	1	1
Телевізор	4	0,08	0,32
Пральна машина	1	2,5	2,5
Електрочайник	1	2,2	2,2
Персональний комп'ютер	2	0,3	0,6
Пилосос	1	0,8	0,8
Праска	1	2	2
Мікрохвильова піч	1	1	1
Освітлення	20	0,02	0,4
Інші прилади	1	0,15	0,15
Загалом, кВт.		10,97	

Варіант 1 найбільш оптимальний, як коефіцієнт ефективності має найбільше значення з усіх розглянутих варіантах.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку різних варіантів СЕС

Варіант	Обладнання	К, дол.	Дт, дол.	ТО, років	Кефі
1	Perlight PLM 270P-60	1	Perlight PLM 270P-60	1	Perlight PLM 270P-60
2	Risen RSM60-6-270P	2	Risen RSM60-6-270P	2	Risen RSM60-6-270P
3	Altek ALM-265P	3	Altek ALM-265P	3	Altek ALM-265P
4	KV7-270P	4	KV7-270P	4	KV7-270P
5	Perlight Solar PLM-280M Growatt 10000 HY	5	Perlight Solar PLM-280M Growatt 10000 HY	5	Perlight Solar PLM-280M Growatt 10000 HY

На рис 4.2 представлено графік терміну окупності проекту введення в експлуатацію СЕС.

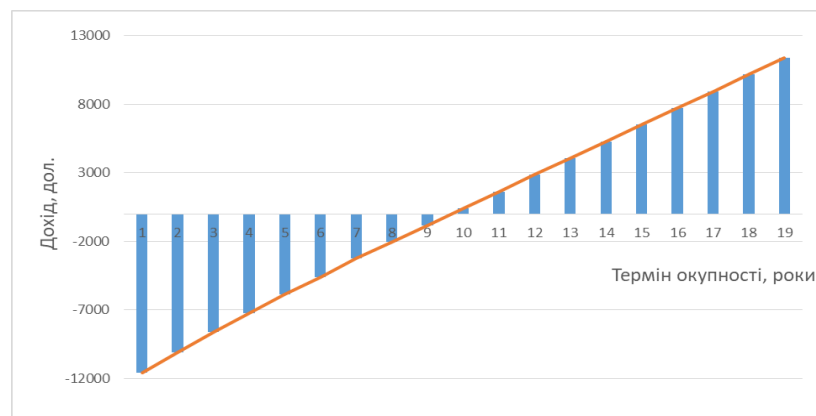


Рисунок 4.2 – Графік терміну окупності проекту введення в експлуатацію СЕС

Результати остаточного вибору комплектуючих для СЕС представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вибір комплектуючих для СЕС

Назва обладнання	Характеристики	Кількість
Сонячний модуль Perlight	Тип кремнію: полікристал. Клас фотомодулю: "А". Номінальна потужність: 270 Вт. Напруга при макс. потужності: 31.22 В. Струм при макс. потужності: 8.65 А. Струм короткого замикання: 9.13 А. Напруга холостого ходу: 38.23 В. Розміри: 1640x992x35 мм.	38
Гібридний інвертор InfiniSolar 10 кВт.	Макс. потужність сонячної електростанції, що підключається: 14850 Вт. Діапазон напруг відстеження точки макс. потужності: 400-800 В. 2 МРРТ трекера. Безтрансформаторний. 3-фази. Клас захисту IP 65	1
Акумуляторна батарея 200 А·год, 12 В	Батарея акумуляторна 12 В 200А·год, 331 * 175 * 216 мм.	5

СЕС призначена для зниження витрат на споживання електроенергії з мережі і генерації в мережу з наступним продажем за "Зеленому Тарифом", а також - резервування споживачів на випадок відключення основної мережі з запасом енергії від 12 кВт · год в акумуляторному блоці.

## **4.2 Ефективність встановлення сонячних панелей для приватного сектору**

Розрахунок сонячних систем для будинку, дачі, торгової точки дає можливість не тільки отримати готове технічне рішення, але і заздалегідь – на етапі проектування – уникнути прикрих помилок, які можуть обернутися серйозними фінансовими втратами. Якщо будинок вже підключений до лінійної мережі 220/380 вольт, не намагайтеся «заощадити», побудувавши ще й сонячну систему: при нинішній ціні на електроенергію, автономна сонячна система окупиться лише років через 25-30.

Є й інші, економічно виправдані мотиви використання енергії сонця. Перший – економія газу або іншого теплоносія при великих площах опалювального приміщення, або великих обсягах споживання електроенергії. Другий приклад – використання автономної сонячної системи електропостачання в якості резервної, аварійної. Якщо у районі часті перерви в електропостачанні, а якість напруги залишає бажати кращого, то можна використовувати для забезпечення енергетичної незалежності сонячні батареї, побудувавши повноцінну автономну сонячну аварійну систему.

Якщо приватний будинок знаходиться поза містом і лінії електропостачання відсутні, тут має місце нестандартне підключення до мережі, при якому будуються нові лінії електропередачі, які дозволяють підключитися до лінії енергопостачання, що розташована на відстані більше 300 метрів. Виготовлення даного проекту потребує чималих коштів. Середня ціна проведення 1 км лінії електропередачі коштує 100 тисяч гривень. Тому, що вигідніше, провести лінії електропередачі чи встановити сонячні батареї (див. додаток Д).

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі здійснено аналіз екологічної безпеки наземних сонячних панелей.

В першому розділі здійснено огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні. Охарактеризовано державну політику у сфері сонячної енергетики в Україні. Проаналізовано особливості «Зеленого тарифу».

В другому розділі досліджено особливості конструкцій, технічні характеристики та принципів роботи наземних сонячних електростанцій. Проаналізовано вибір оптимального розташування сонячних електростанцій.

В третьому розділі досліджено екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля. Здійснено екологічну оцінку використання сонячної енергетики, вплив сонячних електростанцій на ґрунт та рослини. Також проведено оцінювання впливу наземних сонячних електростанцій на екосистеми.

В четвертому розділі розраховане економічну ефективність використання сонячних панелей для отримання електроенергії для приватного будинку.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Журнал «Екологія життя», стаття Ірини Лещук «Типи та особливості сонячних батарей для індивідуальної енергетичної установки», опубліковано в журналі 01.04.2012. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/tipi-ta-osoblivostisonyachnikh-batarey-dlya-individualnoienergetichnoi-ustanovki>.
3. Rentechno: блог «Основи технології кремнієвих ФЕП» від 14.04.2013р. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://rentechno.ua/ua/blog/si-solarcell-technology>.
4. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: Пер.сангл. Под ред. М.М.Колтуна. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 195 с.
5. Юрій Носенко «Сучасні сонячні технології» журнал «Життєвесередовище», стаття канд. с.-г. наук Юрія Носенка «Сучасні сонячні технології», опубліковано в журналі №18(241), вересень 2012.
6. Півняк Г.Г. Альтернативна енергетика в Україні: монографія / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець; Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2013. – 109 с.
7. Дмитриков В. П., Падалка В. В., Проценко О. В., Коломєєц В. І. Переробка відпрацьованих свинцево-кадмієвих гальванічних елементів; Повідомлення 1: Принципи і процеси переробки // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – Полтава, 2013. – Вип. 2. – С. 123-126.
8. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / А. М. Магомедов. – Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер», 1996. – 245 с.
9. Волошин О.Л. Розвиток альтернативної енергетики в Україні: сучасний стан та результативність механізмів державного регулювання: стаття здобувача науково дослідної лабораторії управління у сфері цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, м. Харків / О.Л. Волошин, – 2015, – 46 с.

10. Дзяди́кевич Ю.В. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження / Ю.В. Дзяди́кевич, Р.І. Розум, М.В. Буряк // Інноваційна економіка. – Тернопіль. – 2011. – №2 [21]. – С. 119 – 122
11. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 року. – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FIN38530.Html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.Html)
12. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
13. Екологічна безпека територій. Наукова монографія / за ред. О. М. Адаменка, Я. О. Адаменка, – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014.
14. Габрель М.С. Особливості використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергозбереження у промисловості регіону // Інноваційна економіка. – 2013. – № 2(40)– С. 101-106.
15. Энергетическая революция в США: ветряки побеждают уголь и газ. Обозреватель. 28 марта 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://finance.obozrevatel.com/>
16. Сонячна енергетика - один з перспективних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Урядовий портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art\\_id=248970577](http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248970577)
17. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. – Кн. 3. – Харьков: ХАИ., 2006. – С. 642.
18. Ольховский Г.Г. Глобальные проблемы энергетики /Электрические станции. – 2005. – № 1.
19. ПКП «Техноноватор»: Типи сонячних батарей [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://tehnovator.com.ua/ua/energy-ua/sun-battery-ua/types-sun-battery-ua.html>

20. Журнал «Екологія життя», стаття Ірини Лещук «Типи та особливості сонячних батарей для індивідуальної енергетичної установки», опубліковано в журналі 01.04.2012. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.eco-live.com.ua/content/blogs/tipi-ta-osoblivosti-sonyachnikh-batarey-dlya-individualnoi-energetichnoi-ustanovki>

21. Atmosfera: Сонячні електростанції – Типи сонячних панелей [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/tipi-sonyachnix-panelej/>

22. Олійник Я.Б. Основи екології: підручник / Я. Б. Олійник, П. Г. Шищенко, О. П. Гавриленко. - К. : Знання, 2012. - 558 с.

23. Atmosfera: Сонячні електростанції – Використання сонячних електростанцій [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/vikoristannya-sonyachnix-elektrostantsij/>

24. Півняк Г.Г. Альтернативна енергетика в Україні: монографія / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець; Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2013. – 109 с.

25. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk>

26. Волошин О.Л. Розвиток альтернативної енергетики в Україні: сучасний стан та результативність механізмів державного регулювання: стаття здобувача науково дослідної лабораторії управління у сфері цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, м. Харків / О.Л. Волошин.- 2015.-6с.

27. Сайт компанії «Green Voltage» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.voltagegreen.com/>

28. Atmosfera: Сонячні електростанції – Схеми організацій сонячних електростанцій [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/sxemi-organizacii-sonyachnix-elektrostantsij/>

29. Сайт компанії «Ray Trade» [Електронний ресурс] / Режим доступу:  
<http://raytrade.com.ua/ua/>

30. Податковий кодекс України / Верховна Рада України; Кодекс від 02.12.2010 № 2755-VI.; ред. від 20.09.2015, підстава 702-19, 2015. – 45 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу:  
<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

31. Митний кодекс України / Верховна Рада України; Кодекс України; Кодекс від 13.03.2012 № 4495-VI.; ред. від 24.07.2015, 2015. – 21 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу:  
<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/4495-17>

32. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.10.14 № 902-р «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» - 4 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу:  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/page>

33. Закон України «Про електроенергетику» / Верховна Рада України; Закон від 16.10.1997 № 575/97-ВР. – поточна редакція – Редакція від 16.07.2015, підстава 514-19. – 5 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу:  
<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/575/97%D0%B2%D1%80/paran403>

## Додаток А

### Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувача кафедри ЕЕБ,  
д.т.н., професор

\_\_\_\_\_ В.Г. Петрук  
(підпис)

«28» вересня 2021 р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАЗЕМНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

за напрямом підготовки

183 – «Технології захисту навколишнього середовища»

08-48.МКР.104.00.001 ТЗ

Керівник бакалаврської дипломної  
роботи: к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ І.А. Трач

(підпис)

«24» вересня 2021 р.

Розробила: студентка гр. ТЗД-20м

\_\_\_\_\_ Д.А. Горегляд

(підпис)

«24» вересня 2020 р.

1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № 277 по ВНТУ від «24» вересня 2021 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом № 3 засідання кафедри ЕЕБ від «28» вересня 2021 р.

2. Мета і призначення роботи

Метою даної роботи є екологічна безпека наземних сонячних панелей.

3. Вихідні дані для проведення робіт

Шкала оцінки просторового масштабу (площі) впливу (Додаток Б)

4. Методи дослідження

Літературний пошук та методи аналізу, створення експериментальної ситуації.

5. Етапи роботи і терміни їх виконання

№ з/п	Найменування етапів МКР	Термін Виконання
1.	Розробка технічного завдання	05.10.2021
2.	Огляд сучасного стану проблеми сонячної енергетики в Україні	26.10.2021
3.	Особливості конструкції та принцип роботи наземних сонячних електростанцій	5.11.2021
4.	Екологічний вплив сонячних електростанцій на довкілля	25.11.2021
5.	Економічна ефективність використання сонячних панелей як альтернативного джерела енергії	3.12.2021
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	7.12.2021
7.	Підготовка презентації та доповіді на захист МКР	15.12.2021

6. Призначення і галузь використання

Розробка може бути використана для оцінки впливу наземних сонячних панелей на біогеоценози

7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та графічна частина

8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи «21» грудня 2021 р.

Початок розробки «28» вересня 2021 р.

Граничні терміни виконання МКР «15» грудня 2021 р.

Розробила студентка групи ТЗД-20м \_\_\_\_\_ Д.А. Горегляд

**Додаток Б**  
**Вихідні дані**

Таблиця Б.1 – Шкала оцінки просторового масштабу (площі) впливу

Градація	Природні комплекси	Просторові границі впливу (км <sup>2</sup> і км)		Бал
Локальний вплив	Фації, урочища	Площа впливу до 1 км <sup>2</sup>	Вплив до 100 м від лінійних об'єктів	1
Обмежений вплив	Групи урочищ, місцевість	Площа впливу до 10 км <sup>2</sup>	Вплив до 1 км від лінійних об'єктів	2
Місцевий вплив	Ландшафт	Площа впливу від 10 до 100 км <sup>2</sup>	Вплив від 1 км до 10 км від лінійних об'єктів	3
Регіональний вплив	Ландшафтні округи, провінції	Площа впливу від 100 до 1000 км <sup>2</sup>	Вплив більше 10 км від лінійних об'єктів	4

## Додаток В

## Критерії, що враховуються для оптимального розміщення наземної сонячної електростанції

#	Критерії	Вимоги
<b>Критерії оцінки</b>		
1	Достатня кількість сонячної радіації	мінімум 1100 кВтгод/м <sup>2</sup> у рік
2	Ухил та експозиція схилів земної поверхні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ухил &lt;20°;</li> <li>• експозиція схилів = 110-200° (Пд-Сх, Пд, частково Пд-Зх)</li> </ul>
3	Близькість до ліній електропередач (ЛЕП)	ЛЕП з напругою ≥ 35 кВ у радіусі 600 м
4	Близькість до підприємств	< 3 500 м
5	Близькість до населених пунктів	< 2 500 м
6	Близькість до дорожньої мережі	< 500 м
7	Температура повітря у липні (Північна півкуля)	15-40 °С
8	Відсутність багатоповерхової забудови поряд (> 16 поверхів)	> 100 м
9	Близькість до житлових районів у містах	> 500 м
<b>Критерії виключення</b>		
10	Тип земної поверхні	<input type="checkbox"/> Вільна від лісів, водойм, будівель, заболочених земель, заплав; <input type="checkbox"/> Переважно низька і середня трав'яниста рослинність (але: не рілля), кущі, кам'янисті землі, виснажені та деградовані землі, закриті сміттєзвалища
11	Землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення, землі історико-культурного призначення	Національні та регіональні парки, райони культурної спадщини, палеонтологічні та археологічні пам'ятки
12	Землі оборони	Військові частини, установи, військово-навчальні заклади, підприємства і організації Збройних Сил України
13	Берегова лінія	> 1 000 м
14	Високігірні райони	Висота > 1 500 м

Рисунок В.1 – Критерії, що враховуються для оптимального розміщення наземної СЕС



**Додаток Г**  
**Категорія значущості впливів**

Таблиця Г.1 - Категорія значущості впливів

Категорії впливу, бал			Категорія значущості	
Просторовий масштаб	Часовий масштаб	Інтенсивність впливу	Бали	Значущість
Локальний – 1	Короткотривалий – 1	Незначний - 1	1-8	Незначний вплив
Обмежений –3	Середньотривалий - 2	Слабкий – 2		9-27
Місцевий – 3	Тривалий – 3	Помірний – 3	28-64	Значний вплив
Регіональний - 4	Довготривалий - 4	Сильний - 4		

## Додаток Д

## Економічна доцільність встановлення сонячних батарей

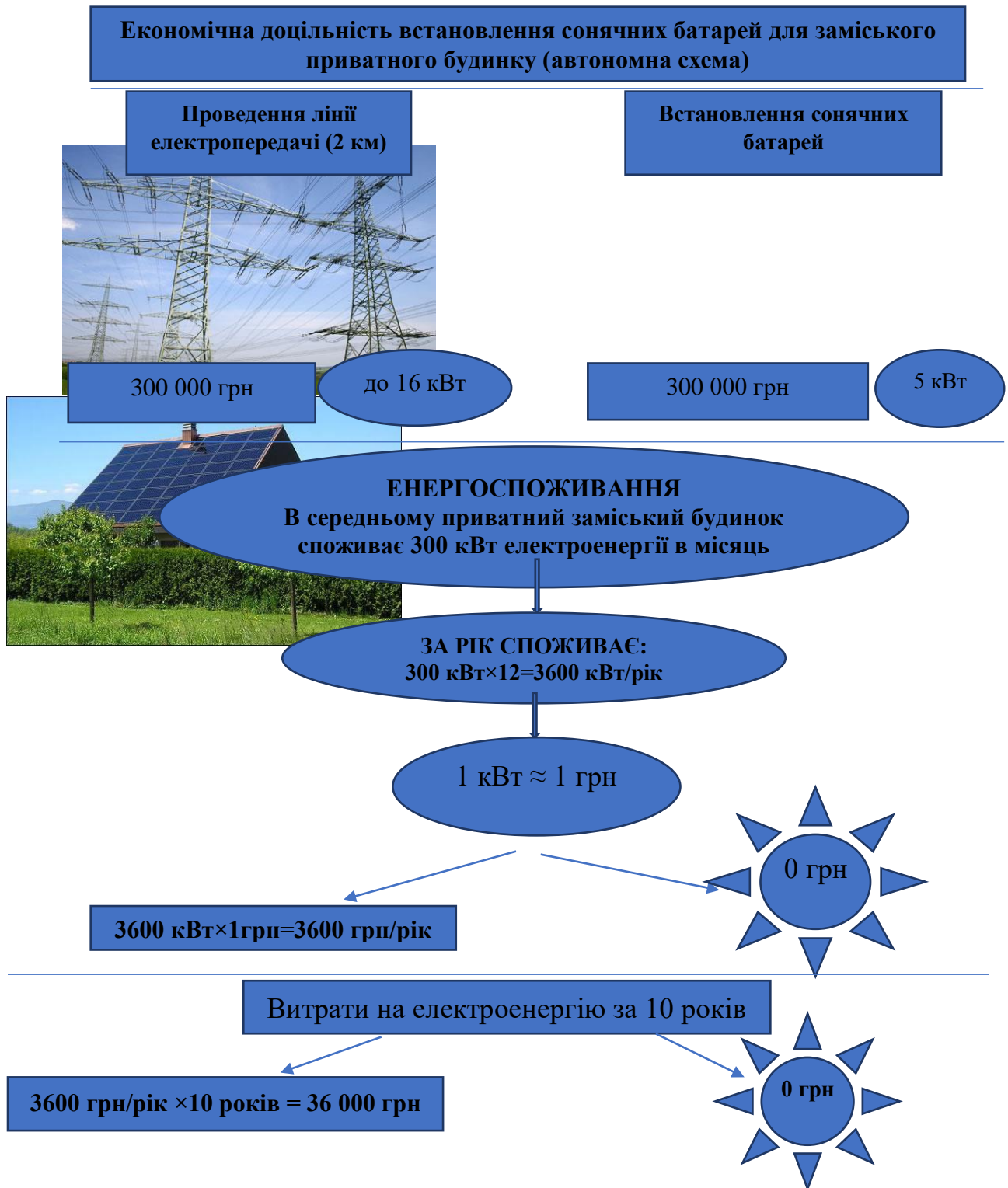


Рисунок Д.1 – Економічна доцільність встановлення сонячних батарей для замського приватного будинку (автономна схема)

**Економічна доцільність встановлення сонячних батарей для замського приватного будинку (мережева схема)**

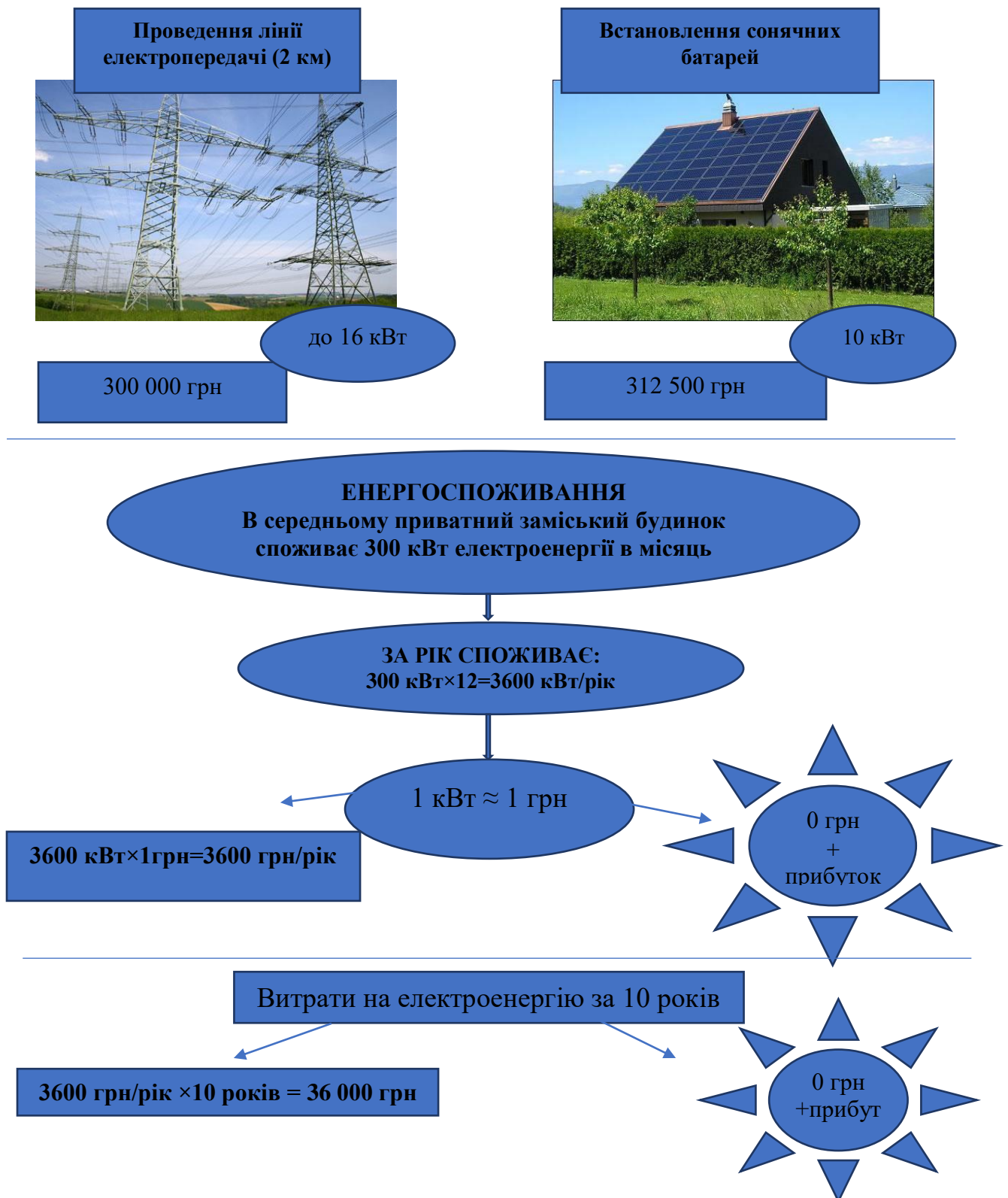
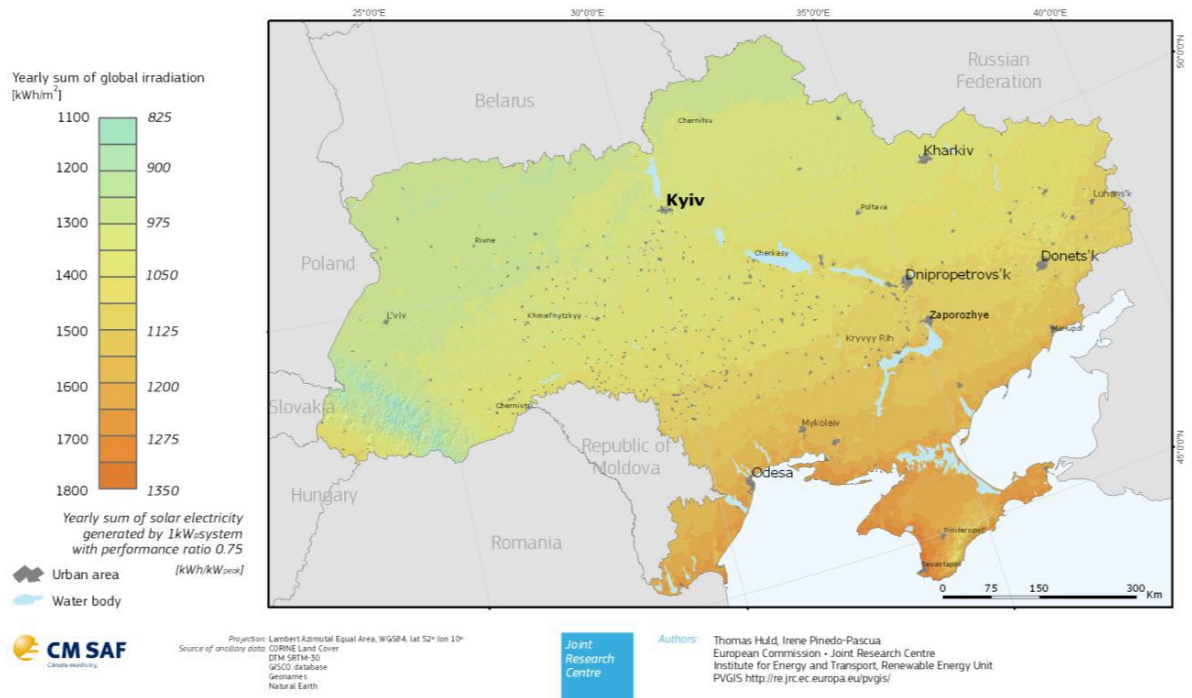


Рисунок Д.2 – Економічна доцільність встановлення сонячних батарей для замського приватного будинку (мережева схема)

# Зони інтенсивності сонячного випромінювання в Україні



**08-48.МКР.104.00.001 ГЧ**

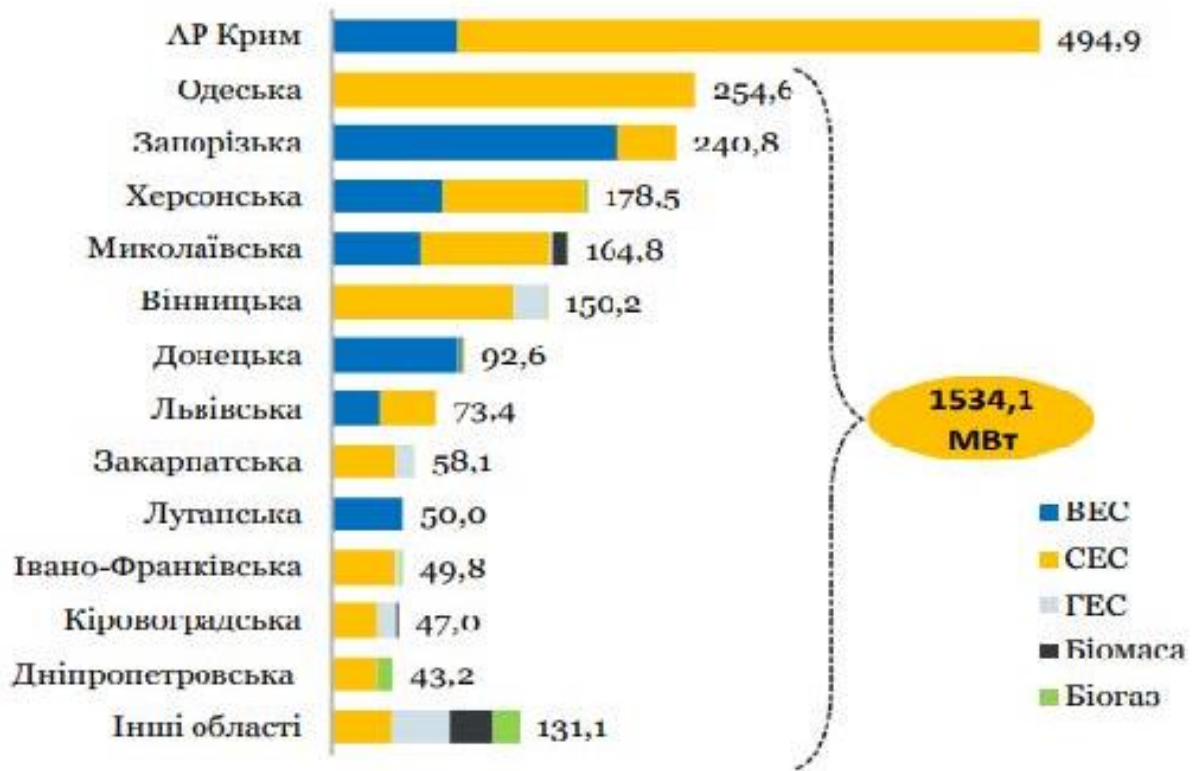
					<b>08-48.МКР.104.00.001 ГЧ</b>				
					Зони інтенсивності сонячного випромінювання в Україні	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Горегляд Д.А.							
Перевірів		Трач І.А.							
Т.контр.						Аркуш 1	Аркушів 5		
Рецензент		Ранський А.П.				ВНТУ, ТЗД-20м			
Н. контр.		Васильківський							
Затвердив		Петрук В.Г.							

Встановлена потужність об'єктів ВДЕ по регіонах за I квартал 2018 року,  
МВт.



					<b>08-48.МКР.104.00.002 ГЧ</b>				
					Встановлена потужність об'єктів ВДЕ по регіонам за I квартал 2018 року, МВт.	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Горегляд Д.А.								
Перевірів	Трач І.А.								
Т.контр.									
Рецензент	Ранський А.П.				Аркуш 2		Аркушів 5		
Н. контр.	Васильківський				ВНТУ, ТЗД-20м				
Затвердив	Петрук В.Г.								

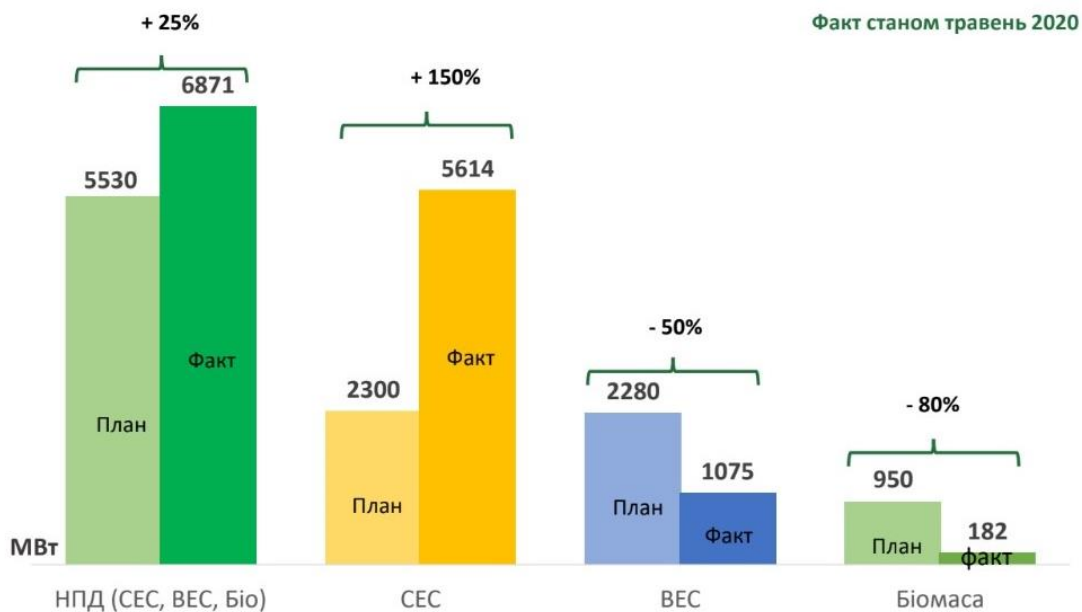
Загальна встановлена потужність об'єктів ВДЕ в Україні, МВт.





					<b>08-48.МКР.104.00.003 ГЧ</b>				
					Загальна встановлена потужність об'єктів ВДЕ в Україні, МВт.	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Горегляд Д.А.								
Перевірів	Трач І.А.								
Т.контр.						Аркуш 3		Аркушів 5	
Рецензент	Ранський А.П.					ВНТУ, ТЗД-20м			
Н. контр.	Васильківський								
Затвердив	Петрук В.Г.								

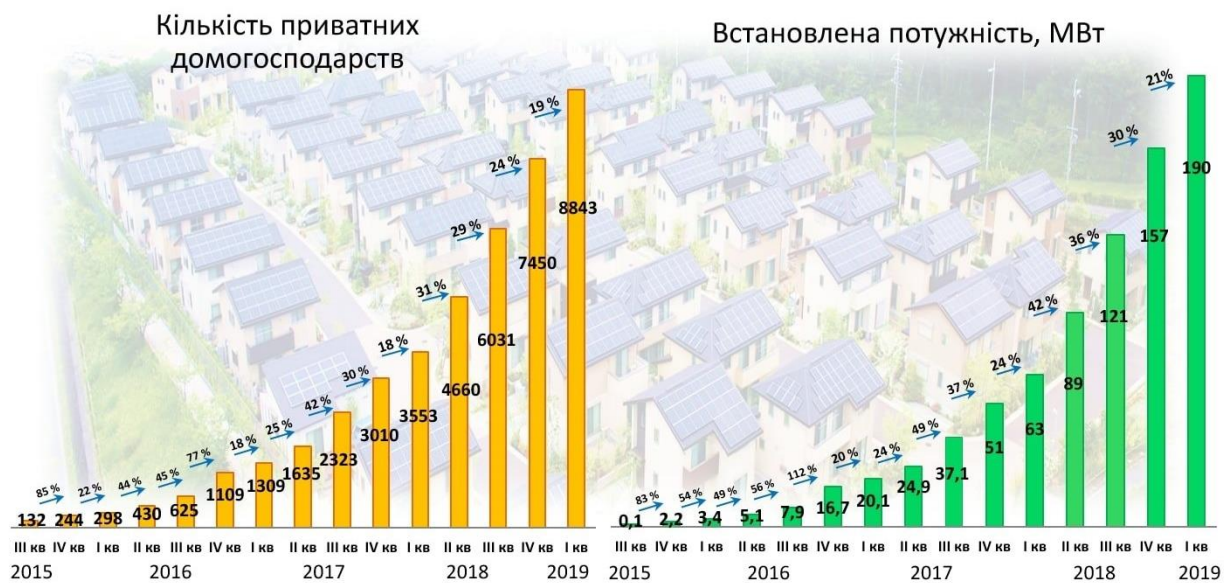
# Показники планової та фактичної потужності об'єктів ВДЕ, травень 2020 р.



Цільові показники встановленої потужності СЕС перевиконано, ВЕС та біомаси - не виконані

					<b>08-48.МКР.104.00.004 ГЧ</b>				
					Показники планової та фактичної потужності об'єктів ВДЕ, травень 2020р.	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Горегляд Д.А.							
Перевірів		Трач І.А.							
Т.контр.						Аркуш 4		Аркушів 5	
Рецензент		Ранський А.П.				ВНТУ, ТЗД-20м			
Н. контр.		Васильківський							
Затвердив		Петрук В.Г.							

# Динаміка кількості сонячних електроустановок приватних домогосподарств



Інвестовано близько **180 млн євро**

В Україні налічується **6,5 млн приватних домогосподарств**

ua

					<b>08-48.МКР.104.00.005 ГЧ</b>								
					Динаміка кількості сонячних електроустановок приватних домогосподарств	Літ.			Маса	Масштаб			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив	Горегляд Д.А.												
Перевірив	Трач І.А.												
Т.контр.						Аркуш 5			Аркушів 5				
Рецензент	Ранський А.П.					ВНТУ, ТЗД-20м							
Н. контр.	Васильківський												
Затвердив	Петрук В.Г.												