

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
Кафедра екології та біомоніторингу

Перспективи використання сонячних електростанцій та їх економічна доцільність (на прикладі Чернівецької області)

Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав:
студент II курсу 603 групи
спеціальності 101 Екологія
Олександр РАВЛЮК
Науковий керівник:
к.б.н., асист. Оксана ЗАРОЧЕНЦЕВА
Науковий консультант:
к.б.н., доц. Аліна ЖУК
Рецензент:

До захисту допущено:
Протокол засідання кафедри № 9
від « 07 » грудня 2023 р.
зав. кафедри _____ проф. Марія ФЕДОРЯК

Чернівці – 2023

АНОТАЦІЯ

Равлюк О.В. Перспективи використання сонячних електростанцій та їх економічна доцільність (на прикладі Чернівецької області). *Кваліфікаційна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти*. Спеціальність 101 Екологія. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, 2023.

Робота присвячена дослідженню використання сонячних електростанцій у Чернівецькій області, з акцентом на їх економічну доцільність. Анкетування виявило зростання популярності цих електростанцій та їх внесок у енергетичну незалежність регіону. Втім, виявлено також проблеми з ефективністю та обслуговуванням. Розрахунки показують, що сонячні панелі потужністю 30 кВт можуть бути економічно вигідними у довгостроковій перспективі з терміном окупності близько 3,5 років.

Ключові слова: сонячні електростанції, Чернівецька область, альтернативні джерела енергії, економічна доцільність, анкетування, довгострокова інвестиція.

ABSTRACT

Ravliuk O.V. Prospects for the use of solar power plants and their economic feasibility (on the example of Chernivtsi region). *Thesis of the second (master's) level of higher education*. Speciality 101 Ecology. Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University. Chernivtsi, 2023.

The paper is devoted to the study of the use of solar power plants in the Chernivtsi region, with a focus on their economic feasibility. The survey revealed the growing popularity of these power plants and their contribution to the region's energy independence. However, it also revealed problems with efficiency and maintenance. Calculations show that 30 kW solar panels can be economically viable in the long term, with a payback period of about 3.5 years.

Keywords: solar power plants, Chernivtsi region, alternative energy sources, economic feasibility, survey, long-term investment.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Олександр РАВЛЮК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	5
1.1. Сонячна енергетика в Україні та світі.....	5
1.2. Види сонячних станцій, їх особливості та конструкція.....	10
1.3. Переваги і недоліки виробництва сонячної електроенергії та вплив на довкілля.....	21
1.4. Законодавство України у сфері сонячної енергетики.....	25
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1. Об'єкт, предмет та матеріали дослідження.....	29
2.2. Фізико-географічна характеристика регіону дослідження.....	29
2.3. Методологія проведення дослідження.....	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	36
3.1. Аналіз поширення сонячних електростанцій на території Чернівецької області та величини генерації ними сонячної енергії.....	36
3.2. Аналіз причини встановлення сонячних панелей, проблемних питань при їх використанні та рекомендацій власників.....	42
3.3. Розрахунок економічної вартості встановлення сонячної електростанції для приватного використання.....	47
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51
ДОДАТКИ.....	56
ДОДАТОК А. Охорона праці та правила роботи за комп'ютером.....	57
ДОДАТОК Б. Сонячні панелі: власний досвід використання: перелік питань для анкетування.....	59

ВСТУП

На сьогоднішній день електроенергія є критично важливим ресурсом, необхідним для прогресу та комфортного життя, і використовується в усіх сферах економіки. Виробництво енергії за допомогою традиційних методів стає все більш небезпечним для довкілля та витратним, особливо у світлі постійного зростання цін на нафту і газ через їх дефіцит. Ці фактори спонукають суспільство переходити на альтернативні джерела енергії, які є більш екологічними та знижують ризик техногенних катастроф.

Відновлювані джерела енергії мають вирішальне значення для обмеження глобального підвищення температури до 1,5°C. Потроєння відновлюваних джерел енергії та подвоєння енергоефективності до 2030 року є найбільш реалістичним, доступним і економічно ефективним способом усунення розриву в енергетичному переході та узгодження з цілями Паризької угоди.

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергії (IRENA) 2022 році спостерігався найбільший щорічний приріст відновлюваної енергії, на яку зараз припадає 40% глобальної встановленої потужності. Однак масштаби та масштаби впровадження відновлюваної енергетики в різних секторах і регіонах є нерівномірними, не досягаючи справедливого та справедливого курсу в 1,5 C (Renewable energy statistics, 2023).

Альтернативна енергетика охоплює виробництво електрики, тепла та механічної енергії з мінімізацією впливу на природу і включає такі джерела, як сонячна, гідро, геотермальна, вітрова енергія та біомаса (Ang et al., 2022; Сотник, 2015; Matthias et al., 2014). Ці методи не лише зменшують викиди забруднюючих речовин, але й знижують залежність від фосильних палив, створюючи нові економічні можливості.

Сонячне світло є потужним джерелом чистої енергії, яке характеризується відсутністю шкідливого радіаційного впливу та викидів CO₂ під час виробництва енергії. Використання сонячних панелей для

прямого перетворення сонячного випромінювання в електроенергію вважається одним із найбільш екологічних способів отримання енергії (Клименко та ін., 2023; Ang et al., 2022).

Розвиток сонячної енергетики в Україні є особливо актуальним, з огляду на обмеженість ресурсів традиційних енергоджерел та вплив на довкілля. Зростаюча потреба у чистій енергії та екологічні виклики стимулюють розширення використання сонячної енергії.

Метою роботи є дослідження перспектив використання сонячних електростанцій та їх економічної ефективності на території Чернівецької області.

Для досягнення мети визначено наступні **завдання**:

1. Провести аналіз поширення сонячних електростанцій на території Чернівецької області та величини генерації ними сонячної енергії на основі даних анкетування.
2. З'ясувати проблемні питання, що виникають при використанні сонячних панелей та рекомендації власників на основі даних анкетування.
3. Розрахувати економічну вартість встановлення сонячних електростанцій для приватного використання та термін їх окупності.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Сонячна енергетика в Україні та світі

Сучасна енергетика сильно покладається на використання невідновлюваних ресурсів, зокрема, вугілля, нафти і газу, які складають більше двох третин енергії у світовому масштабі. Проте, згідно з прогнозами експертів, до 2040 року очікується значна трансформація енергетичного сектору з впровадженням більш екологічно чистих джерел, які не викидають CO₂. Очікується, що близько 60% з майже 10 терават нових генеруючих потужностей, які будуть запуснені в найближчі 25 років, будуть представляти відновлювані джерела (Мисак та ін., 2021). Враховуючи обмеженість викопного палива та його вплив на екологічний стан планети, перехід до відновлюваних джерел є ключовим для забезпечення сталого розвитку глобальної енергетики (Renewable energy statistics, 2023; Ang et al., 2022).

Сонце являє собою не лише нескінченне, але й найбільш екологічно безпечне джерело енергії серед усіх альтернативних варіантів. За даними, кожні 8 хвилин воно випромінює стільки енергії, скільки людство споживає за цілий рік, і щодня надсилає на Землю близько 9,6 мільярда кіловат-годин. Річний показник сонячної інсоляції на квадратний метр поверхні землі коливається від 1000 до 1350 кВт-год, що вказує на величезний потенціал використання сонячної енергії в різних галузях.

Екологічні проблеми та необхідність ефективного використання ресурсів спонукають звернути більшу увагу до альтернативних джерел енергії. Сонячні колектори, що використовуються для систем опалення та гарячого водопостачання, можуть забезпечити до 50-60% економії енергетичних витрат, при цьому не викидаючи шкідливих речовин у навколишнє середовище (Дзядичевіч, 2014).

Країни по всьому світу активно розширюють свої енергетичні ресурси, щоб зміцнити енергетичну незалежність та враховувати енергетичну стійкість у своєму стратегічному плануванні. Енергетична безпека слугує основним мотивом для інновацій у сфері енергетики, наприклад, розробки

технологій, які роблять нові джерела енергії більш доступними або знижують вартість експлуатації існуючих. Науково-технічний потенціал у сфері енергетики надає країнам конкурентні переваги на міжнародному рівні. Для країн, що розвиваються, трансфер технологій є ключовим для переходу до низьковуглецевого розвитку і впровадження чистих технологій у виробництво. Свідком цього є зростаюче використання відновлюваних джерел енергії, яке набуває стратегічного значення для майбутньої глобальної енергетичної системи.

Економічні переваги використання місцевих екологічно чистих ресурсів, таких як сонячна та вітрова енергія, позитивно впливають на місцеву економіку, сприяючи її зростанню, знижуючи залежність від імпортованих енергоносіїв та зменшуючи викиди парникових газів. Це робить їх важливим інструментом у боротьбі із змінами клімату.

У світових економічних лідерів, які представляють різні рівні розвитку, розвиток альтернативної енергетики є пріоритетним напрямом, що отримує суттєве фінансування. Інвестиції у цю сферу зростають щороку на 15,5%, з яких приблизно половина спрямовується саме на розвиток сонячної енергетики, що свідчить про визнання її ключової ролі у структурі майбутніх енергетичних ресурсів.

Порівняння світових країн за ступенем ефективності використання альтернативних джерел енергії показує, що Європа займає лідируючу позицію в цій галузі (Купчак та ін., 2019). Північна Америка розташовується на другому місці, свідчать про свої досягнення у розробці та впровадженні відновлюваних енергетичних технологій. Азія займає третє місце, продемонструвавши значний прогрес і потенціал у цій сфері. Ці регіональні розрізнення можуть відображати різницю в політиці, інвестиціях та технологічних інноваціях, спрямованих на розвиток альтернативної енергетики (Мельник, 2020).

Іспанія очолює список європейських країн за рівнем використання сонячної енергії, з інтенсивністю сонячного випромінювання, що досягає

3-5 кВт·год на квадратний метр на день, що є одними з найвищих показників у Європі (Arán et al., 2008). У Іспанії понад 17% електроенергії генерується завдяки сонячним установкам, частково завдяки законодавству, що стимулює встановлення сонячних панелей у новому будівництві. Німеччина та Нідерланди також займають передові позиції в цій сфері.

Що стосується технологічних інновацій, розробляються прототипи перетворювачів, здатних виробляти електроенергію з сонячного світла не лише вдень, але й вночі, хоча ці технології поки що не знайшли широкого комерційного застосування.

Близько 75% від усієї глобальної встановленої фотоелектричної потужності припадає на Європу, де, за даними EPIA (Doan et al., 2019), сонячні модулі забезпечують електрикою близько 3 мільйонів домогосподарств. Україна, яка стала членом Енергетичного співтовариства в 2011 році, також визначає розвиток альтернативної енергетики як один із ключових напрямків своєї енергетичної політики (Кузьміна, 2014).

В Україні сонячна енергетика є лідером серед відновлюваних джерел енергії за обсягом встановленої потужності. Згідно з даними «Укренерго», станом на жовтень 2021 року потужність сонячної енергетики склала 6194 МВт. Це становить 77,87% від усієї потужності в секторі відновлюваних джерел енергії та 11,05% від загальної встановленої потужності в енергетичному секторі країни (Галузь сонячної енергетики..., 2022).

Україна має низку факторів, які сприяють успішному розвитку сонячної енергетики, серед яких виділяються природні умови. Високий рівень інсоляції в більшості регіонів України навіть перевищує показники, зафіксовані в Німеччині, що є однією з провідних країн у цій галузі.

Річний технічно досяжний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний близько 6 мільйонам тонн нафтового еквіваленту, що може замінити приблизно 5 мільярдів кубометрів природного газу. Сумарна сонячна радіація, яка падає на 1 м² поверхні, варіюється від 1070 кВт·год/м² на півночі до 1400 кВт·год/м² на півдні країни.

Для використання сонячної енергії особливо привабливими є регіони, такі як Вінницька, Волинська, Житомирська, Запорізька, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська, Полтавська, Рівненська, Сумська, Херсонська, Черкаська, та Чернігівська області, що мають високий потенціал для розвитку сонячної енергетики.

У радянські часи, в 1985 році, в Україні була побудована перша промислова сонячна електростанція потужністю 5 мВт неподалік Щолкіно в Криму. За 10 років роботи ця станція виробила 2 мільйони кВт годин електроенергії, але згодом була закрита через високі виробничі витрати.

Розміщення сонячних електростанцій в Україні корелюється з рівнем інсоляції, причому первісно вони частіше зводилися в регіонах із найвищим рівнем сонячного випромінювання, особливо на півдні країни (Чумаченко, 2021). Однак на даний час сонячна енергетика розвивається у всіх регіонах України, привертаючи увагу інвесторів завдяки високим "зеленим" тарифам, які стимулюють розвиток цієї галузі.

Україна має кілька великих сонячних електростанцій, розташованих в різних областях:

- Дніпропетровська область: найбільша сонячна електростанція в цьому регіоні має потужність 290 МВт.
- Одеська область: в цій області загальна потужність всіх сонячних електростанцій складає 240 МВт.
- Вінницька область: сонячні електростанції в Вінницькій області мають загальну потужність 228 МВт.
- Херсонська область: загальна потужність сонячних електростанцій в Херсонській області становить близько 100 МВт.

Наразі в Україні діє понад 10 000 приватних та близько 2000 промислових сонячних електростанцій. Наприклад, в Дніпропетровській області функціонує потужна сонячна електростанція (Рис. 1.1), де 840 тис. сонячних панелей у Покровській СЕС, що знаходиться в Нікопольському

районі, виробляють 240 МВт електроенергії. Це є достатнім для забезпечення електроенергією 200 тис. домогосподарств.



Рис. 1.1. Дніпропетровська сонячна електростанція

У Нікопольському районі, поблизу села Старозаводське, розташована одна з найбільших сонячних електростанцій (СЕС) в Україні. Ця станція була зведена за участі китайської компанії China Machinery Engineering Corporation та української компанії ДТЕК. Вона займає територію близько 400 гектарів, на якій розміщено 75 тисяч сонячних панелей, забезпечуючи станцію потужністю майже 200 МВт.

Ця СЕС здатна виробляти достатньо електроенергії для забезпечення потреб двох невеликих міст, що є важливим кроком у розвитку відновлюваної енергетики в Україні і відображає зростаючий інтерес іноземних та вітчизняних інвесторів до цього сектору.

Зазначені сонячні електростанції визнані одними з найпотужніших в Європі, поступаючись лише сонячній електростанції у Франції за потужністю. Це підкреслює значний прогрес України у сфері сонячної енергетики.

До початку війни в Україні налічувалося близько 10 тисяч домашніх та 2 тисячі промислових сонячних електростанцій. Однак, в результаті бойових дій, деякі з цих станцій зазнали ушкоджень або опинилися на території, яка була окупована. Тим не менш, держава з різних причин не здійснювала повну оплату за електроенергію, яка постачалася до Об'єднаної енергетичної системи країни, що створювало фінансові труднощі. Ця проблема існувала ще до війни і продовжує залишатися актуальною. Середній рівень розрахунків за електроенергію для різних компаній становить трохи більше 50%.

1.2. Види сонячних станцій, їх особливості та конструкція

Сонячні електростанції представляють собою складні інженерні конструкції, призначені для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Вони працюють за допомогою різних технологій, що впливають на їхню конструкцію та ефективність (Гнатов та ін., 2017). Сонячні електростанції поділяються на два основних типи: фотоелектричні та термодинамічні станції

Фотоелектричні (фотовольтаїчні) станції. Вони використовують фотоелектричні модулі для прямого перетворення сонячного світла в електроенергію. Це найпоширеніший тип сонячних електростанцій.

Термодинамічні (або концентраційні) сонячні станції. Вони спочатку перетворюють сонячну радіацію в тепло, а потім використовують це тепло для вироблення електрики, зазвичай через парову турбіну (Олійник, 2018).

Європейський ринок сонячної енергетики характеризується великою різноманітністю, включаючи різні масштаби проектів від малих приватних до великих промислових установок, а також інноваційні технології, які інтегрують сонячні панелі у будівельні конструкції або водні поверхні. Вони поділяються на кілька ключових сегментів, які охарактеризовані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Типи сонячних електростанцій

Типи сонячних електростанцій	Опис
Наземні сонячні електростанції	Розташовані на відкритих земельних ділянках, використовують великі площі для розміщення панелей.
Дахові сонячні електростанції	Розміщені на дахах будівель, ефективно використовують існуючий простір, зменшують витрати на землю.
Фасадні BIPV сонячні електростанції	Інтегровані у зовнішні фасади будівель, поєднують функції зовнішнього покриття і виробництва енергії.
Сонячні навіси і парковки	Конструкції, які використовуються як навіси або для парковок, виробляють енергію та надають тінь.
Плаваючі сонячні електростанції	Встановлені на водоймах, займають невикористовувані водні площі, зменшують випаровування води.
Мобільні (переносні) сонячні електростанції	Легкі та зручні у транспортуванні, можуть використовуватися в різних місцях, забезпечують гнучкість.

Наземні сонячні електростанції. Даний спосіб розміщення комерційних сонячних електростанцій на земельних ділянках є найбільш вигідним і поширеним для забезпечення ефективного будівництва фотогальванічних систем і для максимізації доходу від продажу виробленої сонячною електростанцією електроенергії. У такому розташуванні передбачено встановлення усіх важливих елементів сонячної станції, включаючи сонячні панелі, системи кріплення, інвертори, трансформатори та інше відповідне обладнання, безпосередньо на земельній ділянці (Рис. 1.2).



Рис. 1.2. Наземні сонячні електростанції

Головною перевагою наземного розташування сонячної електростанції є можливість отримати сонячну електростанцію потрібної потужності, що є важливим для будівництва резервних сонячних електростанцій, які повинні повністю компенсувати втрату електропостачання з промислової мережі (Zhang et al., 2013).

Хоча такий підхід може подовжити термін реалізації проекту через необхідність вирішення формальних питань, пов'язаних із земельною ділянкою, він також надає можливість встановлення більшої кількості сонячних батарей, забезпечуючи більшу потужність сонячної електростанції. Терміни окупності інвестицій у наземну сонячну електростанцію середнього розміру становлять приблизно 3,5-4 роки, залежно від різних факторів, таких як ефективність обладнання, рівень інсоляції та розташування панелей (Касинець та ін., 2012).

До складових сонячної електростанції входять:

1. Фотоелектричні панелі (сонячні модулі), які використовуються для конвертації сонячної енергії в електричну.

2. Контролер управління сонячною фотоелектричною системою, який забезпечує управління системою та запобігає перевантаженню чи зворотньому струму вночі.

3. Акумулятор - необхідний для зберігання електроенергії, виробленої сонячними модулями.

4. Інвертор - перетворює прямий електричний струм, що надходить від сонячних батарей, в змінний струм, необхідний для живлення електричних приладів.

5. Електричний лічильник. Реєструє обсяг постачання електроенергії в загальну мережу або відображає витрати при необхідності.

Взаємодія всіх компонентів сонячної електростанції та основний принцип її функціонування зображено на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Схема сонячної електростанції (Гнатів та ін., 2017)

Робота сонячної електростанції відбувається в такому порядку: сонячні промені падають на фотоелектричні модулі, які використовуються для трансформації цих променів в електроенергію. Використовуючи кристалічний кремній або монокристали, як базовий матеріал, сонячні модулі

перетворюють сонячні промені з високою ефективністю. Важливо відзначити, що монокристали мають значно довший термін служби, а їхній виробничий відсоток вищий, пропорційно тривалості служби. Кількість виробленої електроенергії сонячними модулями залежить від їхньої ефективності, розміру та рівня сонячного випромінювання в конкретному регіоні (Денисюк та ін., 2023).

Після процесу трансформації електроенергія надходить до підключеного акумулятора.

Далі в процесі відбувається подача електроенергії до кінцевих споживачів, а також встановлюється з'єднання внутрішнього ланцюга сонячної електростанції з зовнішньою електричною мережею для видачі надлишкової електроенергії (Іванчук, 2016).

Найефективнішим напрямком для установки сонячних панелей є південь, оскільки таке розташування забезпечує максимальний прийом сонячного світла порівняно з іншими напрямками. Також важливе значення має кут падіння сонячних променів. Лецишин зі співавторами вказує, що розміщення сонячних панелей під кутом від 35 до 45 градусів дозволяє досягти оптимального рівня вироблення енергії (Рис. 1.4).



Рис. 1.4. Рівень генерації, % (Лецишин, та ін, 2018)

Сонячні електростанції можуть бути класифіковані на два типи - мережеві та автономні. **Мережеві СЕС** (Рис. 1.5) є більш потужними, оскільки підключені до зовнішньої електричної мережі. Значна частина електроенергії, яку вони виробляють, передається у мережу через відповідний лічильник, при цьому величина навантаження для самого споживача є невеликою.

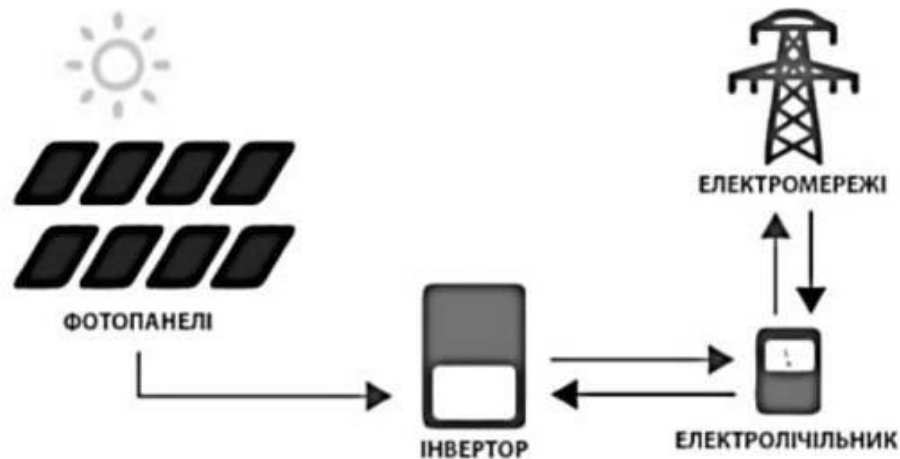


Рис. 1.5. Мережева СЕС

Система сонячної енергії, що підключена до мережі, прямо інтегрована з будинком та звичайною електромережею. Ці системи надають власникам будинків можливість отримувати електроенергію як від внутрішньої системи, так і від централізованої мережі (Веремійчук та ін., 2020). У разі потреби легко переключатися між системою житла та мережею.

Основною перевагою такої системи є можливість збалансувати виробничі потреби системи та домашнє споживання електроенергії. Коли домашня система генерує більше електроенергії, ніж будинок використовує, надлишок може бути проданий на комунальному ринку. У випадку, коли система не генерує достатньо енергії, будинок може споживати електроенергію з комунальної мережі (Герега та ін., 2017).

Такі енергетичні системи є найбільш доступним типом сонячних електростанцій для житлових будівель завдяки мінімальній кількості необхідних компонентів.

Автономні СЕС призначені головним чином для задоволення власних потреб у електроенергії. Вони розраховані на меншу потужність, яка визначається списком власних електричних приймачів. Хоча ці системи також підключені до зовнішньої електричної мережі, вони передають надлишок виробленої електроенергії в мережу за допомогою окремого лічильника (Рис.1.6).

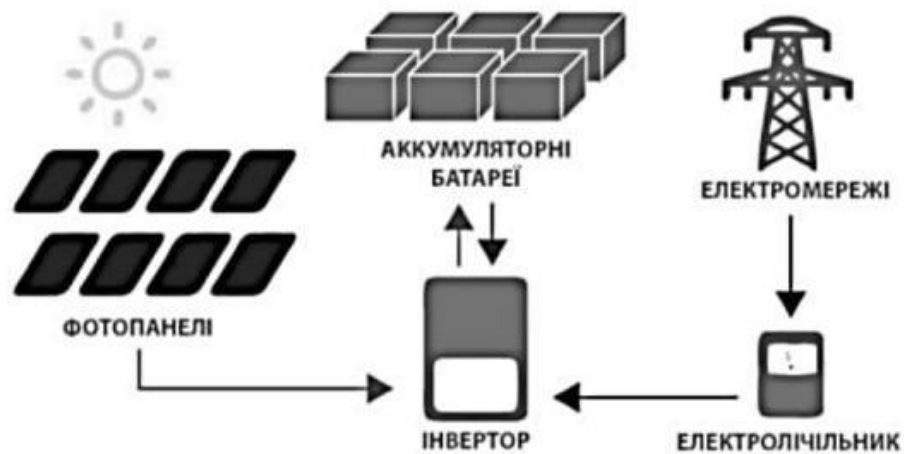


Рис. 1.6. Автономна СЕС

Автономна сонячна електростанція є повністю незалежною від традиційної електромережі. Без підключення до мережі комунального електропостачання, резервні батареї стають обов'язковим елементом для вирівнювання періодів надмірного виробництва та пікового попиту.

Щоб захиститися від нестачі електроенергії, якщо сонячна система недостатньо виробляє електроенергію, а батареї розряджені, у систему зазвичай включають електричний генератор. Генератор використовується як додаткове джерело енергії під час тривалого періоду перевиробництва або в несподівані моменти підвищеного попиту.

Дахові сонячні електростанції (Рис. 1.7) розташовуються на плоских, скатних і інших типах дахів (Ates et al., 2021). Перед встановленням панелей виконують розрахунки технічних можливостей для монтажу опорних конструкцій, визначають параметри оптимальних кутів для розміщення сонячних панелей та узгоджують показники проектно-кошторисної та технічної документації з відповідними органами енергонагляду та контролю.



Рис. 1.7. Дахові сонячні електростанції

У пояснювальній записці, яка є частиною проектної документації, враховано абсолютні показники електропостачання та споживання, розрахунок максимальних навантажень на електричні розетки, порядок встановлення приладів обліку електричної енергії, яку генерують сонячні батареї, контур заземлення та інші захисні пристрої. Додатково в записці зазначаються дані про оцінку можливого впливу встановленої сонячної електростанції на природне середовище, такі як водойми, об'єкти флори та фауни.

Фасадні BIPV сонячні електростанції. Системи BIPV (Building Integrated Photovoltaics, Рис. 1.8) – це сонячні електростанції, що тісно інтегровані в будівлі та споруди (Shirazi et al., 2019). Окрім генерації електроенергії, такі системи виконують також конструктивні функції у

будівлі, доповнюючи або повністю замінюючи традиційні будівельні матеріали, такі як фасадні та покрівельні конструкції. Протягом найближчих років рішення BIPV будуть активно розвиватися, перевершуючи інші види сонячних електростанцій.



Рис. 1.8. Фасадні BIPV сонячні електростанції

Сучасні системи BIPV надають будівлям додаткову цінність не лише через безкоштовне виробництво енергії, але і завдяки багатofункціональним властивостям, що властиві розумному дизайну. Застосування фотоелектричного активного скління як конструктивного матеріалу у будівлях дозволяє забезпечити тепло- та звукоізоляцію, а також контроль за освітленням. Це дозволяє фільтрувати УФ/ІЧ спектр та обирати оптимальний природний видимий компонент для якісного внутрішнього освітлення.

Фотоелектричне BIPV скління структурно не відрізняється від інших видів скління, і тому воно інтегрується в огорожувальну конструкцію (наприклад, навісну стіну, фасад або світлове вікно) так само, як будь-який інший будівельний матеріал.

Сонячні навіси і парковки для автомобілів є однією з популярних застосовуваних областей сонячних батарей (Рис. 1.9). Такі сонячні навіси все частіше поєднуються із зарядними станціями для електромобілів, розширюючи функціональність парковок. Електроенергію, яку генерують ці сонячні парковки, можна використовувати для передачі в мережу, власного споживання або зберігання в акумуляторних батареях для подальшого використання в зручний час.

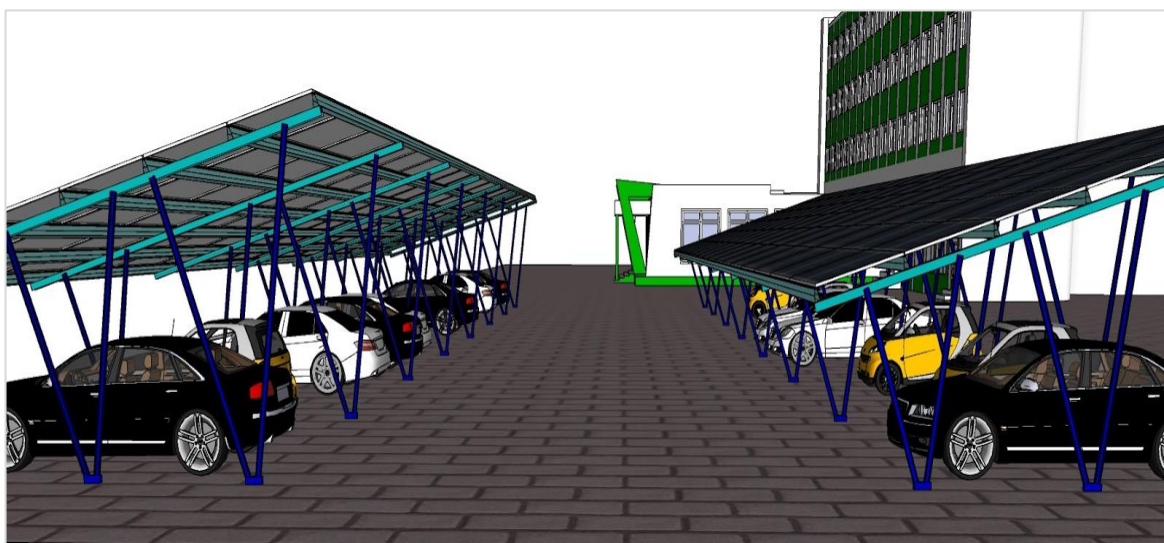


Рис. 1.9. Сонячні навіси і парковки

Сонячні батареї можуть також встановлюватися на дахах станцій технічного обслуговування та автозаправних станцій, як і поруч з ними на наземних конструкціях, або у вигляді різноманітних сонячних навісів, включаючи ті, що слугують як криті парковки для автомобілів. Окрім отримання екологічно чистої та ефективної електроенергії, сонячні навіси забезпечують захист від негоди, надають комфортне затінення та додають естетики до міського середовища.

Плаваючі сонячні електростанції (Рис. 1.10) стають все більш популярним рішенням, особливо в країнах з великою щільністю населення та обмеженими можливостями конкуруючого використання землі.



Рис. 1.10. Плаваючі сонячні електростанції

Плаваючі сонячні електростанції сприяють ефективному використанню землі, оскільки їх встановлення на воді дозволяє зберегти земельні ресурси для інших цілей (Wagh et al., 2017). Крім того, плаваючі сонячні електростанції забезпечують високу енергетичну продуктивність завдяки природному охолоджувальному ефекту води, що допомагає зменшити підвищення температури сонячних модулів. Такий підхід також сприяє збереженню водних ресурсів, оскільки плаваюча фотоелектрична система блокує сонячне світло і зменшує випаровування води в резервуарі.

Мобільні (переносні) сонячні електростанції. Портативний акумуляторний блок сонячної електростанції здатний заряджатися як від зовнішньої мережі, так і від сонячної панелі у ясну сонячну погоду (McCulley, 2015). Можна підключати свої гаджети та електроприлади до виведених на зовнішньому корпусі роз'ємів і живити їх за необхідністю. Коли акумулятор розряджається, його слід знову заряджати через мережу або сонячну панель для подальшого використання. Портативну сонячну панель (Рис. 1.11) можна порівняти із великим павербанком, який крім живлення гаджетів, також подає енергію для 12 В та 220 В.



Рис. 1.11. Переносні сонячні електростанції

Таким чином, в залежності від місця розташування, різні типи сонячних станцій надають різноманітні технічні можливості та переваги, що допомагають максимізувати ефективність використання сонячної енергії. Цей факт підкреслює адаптивний потенціал сонячної енергетики як відновлювального ресурсу, здатного відповідати на різноманітні потреби та умови, що в свою чергу сприяє зростанню її вжитку та популярності по всьому світу.

1.3. Переваги і недоліки виробництва сонячної електроенергії та вплив на довкілля

Основним елементом сонячних батарей є фотоелементи і представляють собою напівпровідники, здатні перетворювати сонячне випромінювання в електричну енергію (Фреїк, 2012). У більшості сонячних панелей в якості основного матеріалу для фотоелементів використовується економічно вигідний кремній, що становить близько 80% ринкової частки. Інші моделі використовують плівки на основі органічних речовин, рідкісних хімічних елементів та їхніх сполук (Головко, 2021). Для виготовлення цих

сонячних батарей використовують кадмій, галій, германій та миш'як, які можуть бути потенційно небезпечними для здоров'я.

Негативний вплив сонячних батарей на навколишнє середовище залежить від різноманітності токсичних елементів та технологічних процесів їх виробництва та утилізації. Тому особливо важливо уникати викидів канцерогенних хімічних елементів на заводах, де виготовляють фотоелементи, для запобігання забрудненню навколишнього повітря та ґрунту, що може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям для всіх живих організмів.

Сонячні панелі повинні бути утилізовані через обладнання для відходів, підприємствами яким дозволено переробляти фотогальванічні відходи. Сонячні панелі і модулі часто містять невелику кількість екологічно токсичних металів і елементів (наприклад, свинець, селен, кадмій), які, якщо не ретельно утилізувати, можуть створювати екологічну небезпеку. Переробка може відновлювати до 90% фотогальванічного скла, а також до 95% напівпровідникового матеріалу, необхідного для подальшого виробництва (Сілакова та ін., 2018).

Виробництво електроенергії за допомогою сонячних панелей сприяє зменшенню забруднення повітря порівняно з тепловими електростанціями і скороченню викидів парникових газів. В експлуатаційний період сонячної електростанції немає негативного впливу на хімічний склад атмосферного повітря (Сафранов, 2002). У сприятливих погодних умовах можуть виникати коронні розряди, але вони несприятливо не впливають на хімічний склад атмосферного повітря, за винятком обмеженого утворення озону (O_3) навколо проводів.

Генерація та передача електроенергії з сонячних електростанцій не потребує використання водних ресурсів, що сприяє збереженню існуючих гідрологічних та гідробіологічних режимів поверхневих та підземних вод. Все запроектоване устаткування (фотоелектричні панелі, інвертори, силові щити, трансформаторні підстанції) не призводять до забруднення атмосфери,

земельних та водних ресурсів, до зміни ландшафту, флори і фауни, а також не здійснюють впливу на соціальне та техногенне середовище.

Джерелами забруднення атмосфери на період будівництва сонячної електростанції будуть будівельні машини та транспортні засоби, що працюють на ділянці будівництва, земляні (Tsoutsos et al., 2005), фарбувальні і зварювальні роботи. Відповідно до проекту організації будівництва при проведенні будівельних робіт будуть задіяні будівельні машини та транспортні засоби, що працюють на дизельному паливі і бензині - екскаватори, бульдозери, крани і т.д. Завезення будівельних конструкцій, матеріалів та інших вантажів буде здійснюватися вантажними дизельними автомобілями. При роботі транспортних засобів і механізмів в атмосферне повітря виділяються продукти спалювання дизпалива і бензину: оксид вуглецю, вуглеводні, діоксид азоту, сажа, діоксид сірки.

При розвантаженні піску і щебеню в атмосферу виділяється пил неорганічний, що містить двоокис кремнію (SiO_2) 20-70%. Від зварювальних робіт в атмосферу виділяються залізо (II, III) оксиди (в перерахунку на залізо), марганець та його сполуки, фтористі газоподібні сполуки, азот (IV) оксид, вуглець оксид, фториди неорганічні погано розчинні, пил неорганічний: 20-70% двоокису кремнію.

Основними видами впливу при безаварійній діяльності на тваринний світ будуть: фактори занепокоєння (шум, світло, рух будівельної техніки і автомашин, фізична присутність об'єктів); викиди забруднюючих речовин в атмосферу.

Основними джерелами електромагнітних полів (ЕМП) на ФЕС, що проектується, є силові трансформатори, розподільчі установки трансформаторних підстанцій і кабельні лінії електропередачі генерованої потужності. Відповідно до ДСН 239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» гранично допустимі рівні у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови не перевищують 5 кВ/м. Відповідно до ДСанПіН 3.3.6.096-2002 «Державні

санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» рівні напруженості магнітного поля частотою 50 Гц (або магнітна індукція) при постійному впливі не перевищують 1,4 кА/м (1,75 мТл) протягом робочого дня (8 год). При цьому, відповідно до СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008 тимчасові гранично допустимі рівні магнітного поля, що створюється підземними кабельними лініями змінного струму промислової частоти (у разі прокладання одножильними кабелями) у населеній місцевості, поза зоною житлової забудови не перевищують 20 мкТл.

При дотриманні всіх правил будівництва та експлуатації об'єкта, істотного негативного впливу на тваринний і рослинний світ прилеглих до ділянки територій не буде.

Сонячні електростанції відзначаються низьким впливом на навколишнє середовище, і це пояснюється наступними позитивними аспектами:

1. Сонячні батареї є механічно надійними завдяки відсутності рухомих частин і малій ймовірності виходу з ладу.
2. Вони мають тривалий термін служби, який становить 25 років і більше, що підтверджується практикою довготривалого використання.
3. Не залежить від технічних проблем з електропостачанням. Сонячні панелі можуть функціонувати незалежно від технічних проблем з електропостачанням.
4. Не потребують палива, що забезпечує незалежність від цін на паливо та його транспортування.
5. Операції сонячних панелей є абсолютно безшумними, відмінною якістю порівняно з вітровими системами.
6. Енергія, згенеровану сонячними панелями, є ефективно безкоштовною після того, як вони повністю окупили початкові інвестиції (Tsoutsos et al., 2005).

Недоліки використання сонячної енергії включають:

1. Фотоеlementи, які використовуються у виробництві сонячних батарей, часто містять токсичні речовини.

2. Відносно низька виробнича потужність: 1 м² сонячної батареї в середньому виробляє менше 120 Вт корисної потужності, що є недостатньою для багатьох споживачів.
3. Висока вартість на сонячні батареї та тривалий термін окупності.
4. Залежність від кліматичних умов: взимку та в умовах похмурої і туманної погоди ефективність сонячних панелей знижується (Брич та ін., 2016).

Отже, спосіб прямого перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію за допомогою сонячних батарей вважається найбільш перспективним методом отримання електроенергії. Генерація електроенергії за допомогою сонячних панелей не лише уникає забруднення повітря, але й має менший вплив на екологію у порівнянні з електропостачанням від теплових електростанцій, що дозволяє зменшити викиди парникових газів.

1.4. Законодавство України у сфері сонячної енергетики

Прийнятий 1 липня 1994 року, Закон України «Про енергозбереження» став одним із ключових законодавчих документів, що встановлює рамки для регуляції відносин у сфері енергетики. Закон запровадив комплексні правила щодо ефективного використання та збереження енергії, що охоплюють правові, економічні, соціальні та екологічні аспекти для бізнесу та громадян України. Він визначає енергозбереження як процес, що має на меті раціональне використання та економне споживання енергетичних ресурсів, як первинних, так і перероблених.

У жовтні 1997 року Україна прийняла Закон «Про електроенергетику», який став основоположним документом для розвитку та регулювання галузі електроенергетики в країні. Цей закон встановлює ключові правові, економічні та організаційні принципи для всієї галузі, регулюючи процеси виробництва, передачі, розподілу, постачання і споживання електроенергії. Він також зосереджує увагу на питаннях енергетичної безпеки країни, сприянні конкуренції, а також на захисті прав споживачів та працівників

електроенергетичної галузі. Закон ввів поняття «зеленого тарифу» і визначив важливість розвитку екологічно чистої енергетики.

В рамках сприяння розвитку сонячної енергетики та енергозбереження в Україні, уряд прийняв ряд ключових програм. Комплексна державна програма енергозбереження була затверджена 5 лютого 1997 року, а програма підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної енергетики, була прийнята 31 грудня того ж року. Остання з цих програм визначила ключові напрямки використання сонячної енергії, насамперед через фотоелектричне перетворення. Додатково, уряд України прийняв законодавчі зміни для стимулювання розвитку сонячної енергетики, включаючи закони про заходи з енергозбереження від 16 березня 2007 року та про встановлення "зеленого" тарифу від 25 вересня 2008 року. Ці закони передбачають «зелений» тариф для бізнесу та приватних домогосподарств, що виробляють електроенергію із сонячної енергії, що сприяє залученню інвестицій у цю галузь.

У контексті постійного вдосконалення системи «зелених» тарифів в Україні були зроблені ключові кроки, зокрема через внесення змін у Закон «Про електроенергетику» та розробку додаткових нормативно-правових актів. Особливо важливим став закон від 20 листопада 2012 року, який спрямований на стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел, і який покращив існуючу систему "зелених" тарифів.

У 2015 році були уточнені права побутових користувачів щодо встановлення в приватних господарствах обладнання для генерації енергії з альтернативних джерел, включаючи сонячну енергетику, з обмеженням встановленої потужності до 30 кВт.

У 2017 році був прийнятий новий Закон «Про ринок електричної енергії», який замінив попередній закон «Про електроенергетику». Відповідно до нового законодавства, була введена можливість укладати довгострокові договори на закупівлю електроенергії, виробленої з сонячної енергії, за «зеленим» тарифом до 2030 року, а також було скасовано вимогу

про 50% використання обладнання, виробленого в Україні, для будівництва сонячних електростанцій. Ці зміни мали на меті подальше стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні.

Крім того, у жовтні 2021 року було прийнято Закон України «Про енергетичну ефективність», який визначає правові, економічні та організаційні засади відносин, пов'язаних із забезпеченням енергетичної ефективності в сфері виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії. Цей Закон є важливим кроком для розвитку альтернативної енергетики, зокрема сонячної, в Україні.

Метою розробки ОВНС є екологічне обґрунтування доцільності виконання будівництва фотоелектричної наземної сонячної електростанції, методів її реалізації, визначення шляхів і способів нормалізації стану навколишнього середовища та забезпечення вимог екологічної безпеки, оцінка ефективності технічних рішень і заходів з ліквідації (зниження) можливих очікуваних негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я людей.

Розробка ОВНС виконана відповідно до вимог ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд» і ДБН А.2.2-3- 2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво».

Підставою для розробки ОВНС на електростанції є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», Закон України «Про охорону атмосферного повітря», Закон України «Про охорону земель».

Згідно чинного законодавства в Україні функціонує «зелений» тариф, який сприяє використанню альтернативних джерел енергії, зокрема, сонячної енергії. Організації та громадяни, які генерують електроенергію з відновлюваних джерел, можуть продавати цю енергію за підвищеними цінами через «зелений» тариф.

Деталі щодо умов отримання та розміру «зеленого» тарифу регулюються чинним законодавством. Зазвичай власники сонячних батарей, що встановлені на житлових будинках, мають можливість отримувати компенсацію за надлишок електроенергії, яку вони виробляють і подають в електричну мережу.

Електроенергія, яка генерується за допомогою установок у приватних домогосподарствах, що перетворюють сонячне випромінювання на електрику, зазвичай обмежується установками, потужність яких не перевищує 30 кВт. Ці дані відображають історію тарифів на електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел енергії, за різні періоди в Україні:

З 1 квітня 2013 року по 31 грудня 2014 року тариф становив 1406,11 копійок за кВт·год (без ПДВ).

З 1 січня 2015 року по 30 червня 2015 року тариф знижувався до 1264,65 копійок за кВт·год (без ПДВ).

З 1 липня 2015 року по 31 грудня 2015 року тариф скоротився до 785,39 копійок за кВт·год (без ПДВ).

З 1 січня 2016 року по 31 грудня 2016 року тариф був 745,28 копійок за кВт·год (без ПДВ).

З 1 січня 2017 року по 31 грудня 2019 року тариф додатково знизився до 709,39 копійок за кВт·год (без ПДВ).

З 1 січня 2020 року по 31 грудня 2023 року тариф встановлено на рівні 637,60 копійок за кВт·год (без ПДВ).

Отже, зазначені цифри показують зниження тарифів на відновлювану енергію в Україні протягом минулих років. Однак, обставини швидко змінюються, як у глобальному масштабі, так і на рівні нашої країни. Спільні зусилля та колаборація між різними сферами суспільства, а також міжнародними програмами, що прагнуть досягти світлого майбутнього, є позитивним сигналом та ключем до досягнення успіху.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт, предмет та матеріали дослідження

Об'єктом дослідження є сонячні електростанції для приватного використання в контексті енергетики Чернівецької області.

Предмет дослідження – інфраструктурні особливості сонячних електростанцій на території Чернівецької області, їх розповсюдження, потенціал використання та економічна ефективність.

Матеріалами для дослідження є результати анонімного опитування власників та користувачів сонячних панелей, а також дані отримані при консультаціях зі спеціалістами «ДімТек», ТОВ «С-Електро Тех».

«ДімТек» – компанія, яка спеціалізується на створенні сонячних електростанцій, при цьому використовують обладнання від провідних світових виробників, таких як: «HUAWEI», «JASOLAR», «RISEN», «SOLAREEDGE», «TRIENERGIA», «LONGI». Це забезпечує високий рівень ефективності та надійності сонячних станцій, які пропонує компанія своїм клієнтам.

«С-Електро Тех» пропонує професійні електромонтажні послуги, починаючи від простої заміни розеток і закінчуючи складними електромонтажними роботами. Компанія також відома як надійний постачальник якісної електротехнічної продукції та кабельно-провідникових матеріалів.

2.2. Фізико-географічна характеристика регіону дослідження

Дослідження проводились на теренах Чернівецької області, яка займає південно-західну частину України та є однією з найменших областей країни з площею 8100 км². Ця область має кордони з Румунією на півдні та Молдовою на сході, і є сусідкою Івано-Франківської області на заході і північному заході, Тернопільської та Хмельницької областей на півночі, а також Вінницької області на сході. Загальна кількість населення області становить понад 900 тис. людей. У Вижницькому районі проживає близько 91 тис. людей, у Дністровському районі - 158 тис., а в найбільшому Чернівецькому районі - 656 тис. жителів. (Статистичний щорічник..., 2021)

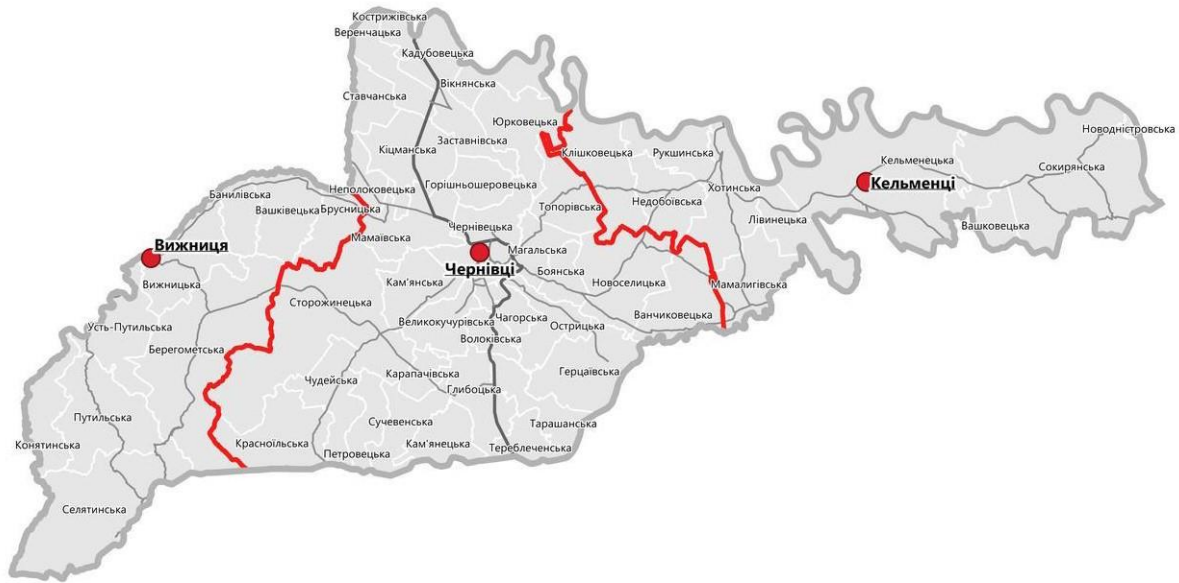


Рис. 2.1. Адміністративне районування Чернівецької області

Чернівецька область має різноманітний рельєф, який поділяється на три основні частини: рівнинну, передгірну і гірську (Врублевська та ін., 2012).

Північна частина Чернівецької області розташовується на Подільській та Хотинській височинах з горою Берда як найвищою точкою, досягаючи 515 м. Характерний ландшафт цієї місцевості складається з хвилястих лісистих та горбистих рівнин, розрізаних глибокими річковими долинами, ярами і балками. В західній частині області присутні карстові форми рельєфу, зокрема, Заставнівська карстова рівнина.

На півдні Чернівецької області, на теренах південніше річки Прут, розташована хвиляста рівнина, яка поступово переходить у передгірну височину із висотами до 500 м. Тут можна спостерігати терасовані долини річок, які утворюють окремі горбисті ділянки.

Приблизно чверть території області займають Покутсько-Буковинські Карпати. Центральну частину цих гір формує Путильсько-Верховинське низькогір'я, а внутрішні райони відрізняються середньогір'ям із масивними хребтами та карстовими рельєфами (Черлінка, 2017).

Рослинний світ Чернівецької області багато в чому складається з лісових масивів. Територія області переважно покрита широколистяними та

мішаними широколистяно-хвойними лісами. Зі зміною рельєфу від заходу до сходу спостерігається варіативність рослинності: в Карпатах переважають темнохвойні ліси з домішками ялиці, папороті, маренки і європейського бука, в той час як лісова рослинність центральної частини характеризується буковими лісами з домішками граба, явора, а також зубниці, квасениці, папороті, маренки та волосистоосокових рослин. На сході області зустрічаються широколистяні та мішані ліси, де дубові, грабово-дубові та грабові ліси волосистоосокові є характерними.

Окрім лісової рослинності, Чернівецька область також має значну кількість агрофітоценозів, які займають території, де раніше переважали букові, дубові, дубово-грабові та світлі дубові ліси (Національний атлас України, 2008).

Середньорічна вологість становить 77%. Середньорічна кількість опадів 653 мм. Найбільша їх кількість припадає на теплу пору року (IV-IX). Середньорічна температура повітря складає 8.1°C. Найхолодніший місяць січень має середню місячну температуру -4.1°C. Абсолютна мінімальна температура -32°C. Найспекотніший місяць липень має середньомісячну температуру +19.1°C (Киналь та ін., 2020). Абсолютна максимальна температура +38.0°C. Тривалість періоду з середньодобовою мінусовою температурою становить 92 днів.

Клімат в Чернівецькій області характеризується помірно-континентальними особливостями, з м'якою та вологою погодою. В гірських районах області зима триваліша і супроводжується значними сніговими опадами, тоді як літній період відзначається вологістю та прохолодою. Середні температури взимку можуть опускатися до -6° до -10°C, особливо у січні, а літні температури в липні зазвичай становлять від +13° до +16°C. Річна кількість опадів зростає у напрямку від рівнин до гірських районів, коливаючись від 500-600 мм на рівнині до 800-1200 мм в горах (Регіональна доповідь..., 2022; Статистичний щорічник..., 2021).

За інформацією метеорологічних станцій, Чернівецька область характеризується високим рівнем сонячної активності. Середньорічний показник сонячного випромінювання варіюється від 1776 до 2031 годин, причому найбільша кількість сонячного світла спостерігається в межах 2176 до 2287 годин на рік. Сонячна активність досягає піку у період з травня по серпень, у той час як грудень відрізняється найменшою кількістю сонячного світла, що пов'язано з короткими днями і частими хмарними погодними умовами.

Максимальні добові показники сумарної сонячної радіації спостерігаються у червні, досягаючи 28,26 МДж/м², в той час як найнижчі значення - у грудні, коли вони становлять 4,88 МДж/м². Загалом, перша половина року більш насичена сонячним світлом порівняно з другою, причому загальна річна кількість сонячної радіації складає близько 6064 МДж/м² (Величко, 2018). На рис. 2.2 зображена кількість сонячних днів в 2023 р. у м. Чернівці взимку (А) та влітку (Б),

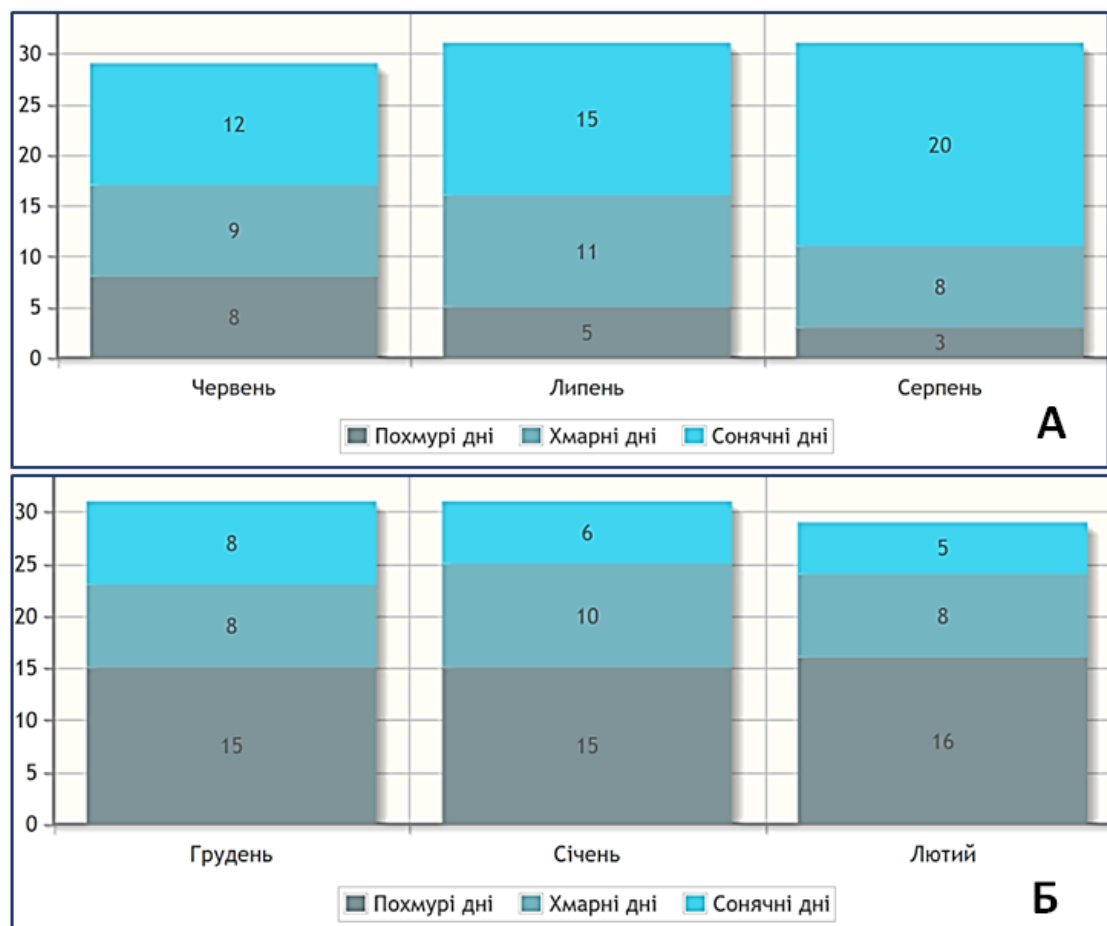


Рис. 2.2. Кількість сонячних днів влітку (А) та взимку (Б) на території м. Чернівці у 2023 р.

Отже, враховуючи географічне положення Чернівецької області, її кліматичний та температурний режими, а також показники сумарної сонячної радіації протягом року, встановлення сонячних електростанцій є актуальним та раціональним рішенням як з боку екологічної складової, так і з економічного боку.

2.3. Методологія проведення дослідження

Система анонімного опитування споживачів була розроблена за допомогою Google Forms, цифрового інструменту від Google, який був запущений у 2008 році, на два роки пізніше після введення в експлуатацію Google Sheets. Цей онлайн-сервіс, що надається безкоштовно, призначений для збору даних через опитування, форми зворотного зв'язку та тестування. Google Forms дозволяють використовувати широкий спектр типів запитань, починаючи від простих, де вибирається один або декілька варіантів відповідей, до текстових і числових полів, а також більш складних шкал і сіток.

Google Forms надає можливість використовувати різноманітні типи запитань для створення анкет, опитувань, або форм зворотного зв'язку. Ось деякі типи запитань, які доступні в Google Forms:

- Вибір з однією відповіддю. Користувач обирає лише один варіант відповіді із запропонованих.
- Вибір з декількома відповідями. Користувач може обрати декілька варіантів відповіді із списку.
- Текстове поле. Користувач може ввести текстову відповідь.
- Числове поле. Користувач вводить числову відповідь.
- Шкала. Користувач оцінює щось за допомогою числової шкали.
- Сітка. Комбінація вибору з декількома відповідями та числових полів.

- Додаткові відомості. Дозволяє користувачеві додати файли, наприклад, фотографії чи документи.

Використання Google Forms дозволяє з легкістю створювати різноманітні й інтерактивні анкети, поєднуючи різні типи запитань для отримання багатогранних відповідей від респондентів. І.А. Гурняк висвітлює ряд переваг цього інструменту, зокрема його безкоштовність, високий рівень розробки і часті оновлення. Вона також акцентує на зручності використання, оскільки для проведення опитувань не потрібно відправляти файли – достатньо просто поділитися посиланням. Google Forms характеризуються доступністю та адаптивністю, дозволяючи користувачам працювати з формами як на комп'ютерах, так і на мобільних пристроях, при цьому забезпечуючи спільний доступ для команди. Результати опитувань легко аналізуються завдяки автоматичному формуванню таблиць і можливості візуалізації даних у вигляді діаграм та графіків (Гурняк, 2018).

Опрацювання початкових даних та аналіз результатів анкетування здійснювалися за допомогою персонального ноутбука як у комп'ютерному класі, так і віддалено, дотримуючись правил роботи та техніки безпеки (ДОДАТОК А).

Побудова карти. Для створення структурної карти користувачів сонячних панелей у Чернівецькій області було використано онлайн-сервіс «Мої карти» на Google maps з наступним алгоритмом:

1. Збір інформації про місця розташування користувачів сонячних панелей за допомогою анкетування.
2. Використання онлайн-сервісу для створення базової карти, яка відображатиме Чернівецьку область.
3. Нанесення на карту ліній, які позначають межі досліджуваної області, та її поділ на райони.
4. Розміщення точок на карті в місцях, де знаходяться користувачі відповідно до зібраних даних.

5. Застосування різних символів або кольорів для кращої візуалізації різних типів користувачів або щільності встановлених сонячних панелей.

6. Перевірка точності розміщення точок, меж районів, коригування даних.

7. Аналіз розподілу користувачів сонячних панелей та публікація готової карти для зацікавлених сторін, або використання в подальших дослідженнях.

Цей алгоритм дозволяє створити детальну та інформативну карту, яка відображатиме розподіл користувачів сонячних панелей по районах і допоможе в оцінці потенціалу сонячної енергетики в регіоні.

Фінансові розрахунки. Фінансові розрахунки окупності встановлення та використання сонячних панелей базуються на концепції часу повернення інвестицій (Payback Period) та внутрішньої норми доходності (Internal Rate of Return, IRR). Ці показники допомагають оцінити ефективність інвестицій у сонячні панелі.

Час повернення інвестицій (Payback Period) визначається як час, необхідний для того, щоб накопичені економії від виробленої електроенергії покрили первісну вартість інвестиції у сонячні панелі. Формула для розрахунку (Суходуб та ін., 2022):

$$PP = \frac{IC}{NP}$$

PP (Payback Period) – час повернення інвестицій = термін окупності;

IC (Investment Costs) – інвестиційні витрати на придбання та встановлення сонячних панелей;

NP (Net Profit) – чистий дохід, який обчислюється як загальна кількість електроенергії, яку система сонячних панелей виробляє за один рік (кВт·год.) помножена на ставку «зеленого» тарифу (у 2023 р. = 0,16 €).

Внутрішня норма доходності (IRR) вимірює відсоткову ставку, при якій нинішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиції дорівнює первісній вартості інвестиції. Розрахунок IRR зазвичай складніший та вимагає використання фінансових калькуляторів або програмного

забезпечення, оскільки він включає розрахунок дисконтованих грошових потоків.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Аналіз поширення сонячних електростанцій на території

Чернівецької області та величини генерації ними сонячної енергії

Анонімне анкетування проводилося у жовтні-листопаді 2023 р. серед користувачів сонячних панелей та станцій, які проживають на території Чернівецької області. В опитуванні взяв участь 91 респондент, найбільше представників Чернівецького району – 42, що становить 46,1% від усіх опитаних, 27 осіб – мешканці Вижицького району, 22 опитуваних представляють Дністровський район (Рис. 3.1).

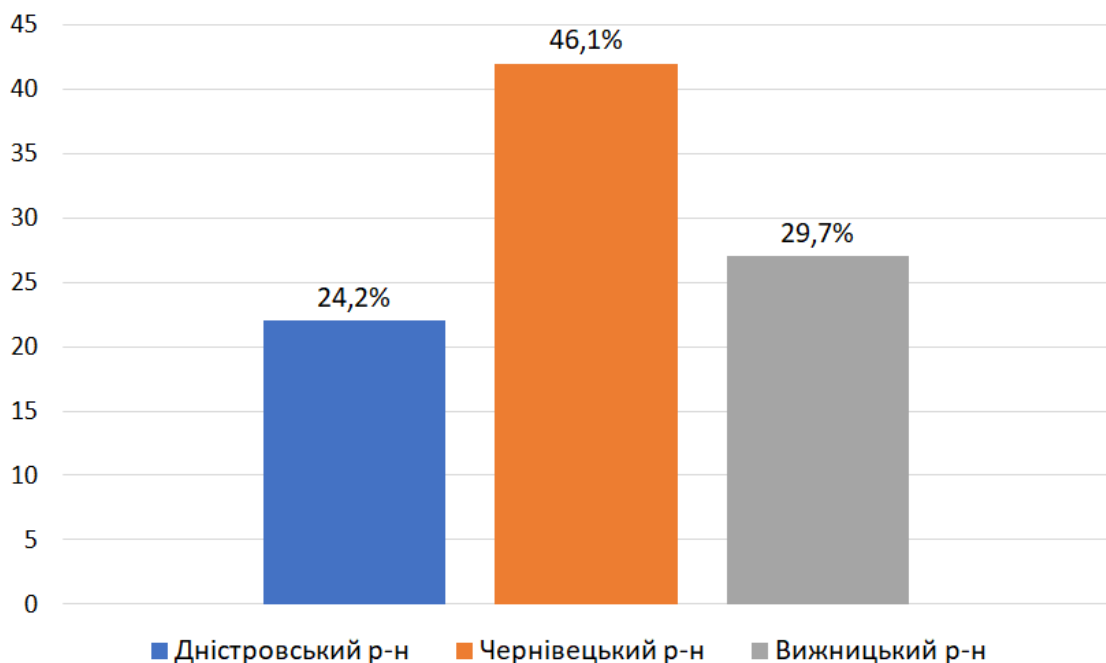


Рис. 3.1. Відсоткове співвідношення респондентів, що взяли участь в опитуванні за адміністративними районами Чернівецької області

Всього в анкетуванні взяли участь представники 56 населених пунктів: 24 з Чернівецького району (Чернівці, Буда, Лужани, Шипинці, Мамаївці, Драчинці, Неполоківці, Кіцмань, Рідківці, Біла, Юрківці, Дубівці, Глиниця, Заставна, Топорівці, Бояни, Магала, Тарашани, Чагор, Глибока, Красноільськ, Герца, Годилів, Ставчани), 18 з Вижицького району (Вашківці, Коритне, Слобода-Банилів, Замостя, Банилів, Іспас, Путила,

Зеленів, Селятин, Берегомет, Бережонка, Долішній Шепіт, Виженка, Вали, Лопушна, Черешенька, Мигове, Багна) та 14 з Дністровського району (Клішківці, Кельменці, Хотин, Новодністровськ, Сокиряни, Бабин, Білоусівка, Ломачинці, Волошкове, Олексіївка, Зелена, Шебутинці, Білівці, Ярівка). На основі отриманих даних нами було побудовано карту (Рис. 3.2.). Позначки на карті представляють індивідуальні домогосподарства, комерційні підприємства, які використовують сонячну енергію. За їх розміщенням можна підсумувати, що в даній географічній області сонячні панелі використовуються досить активно.

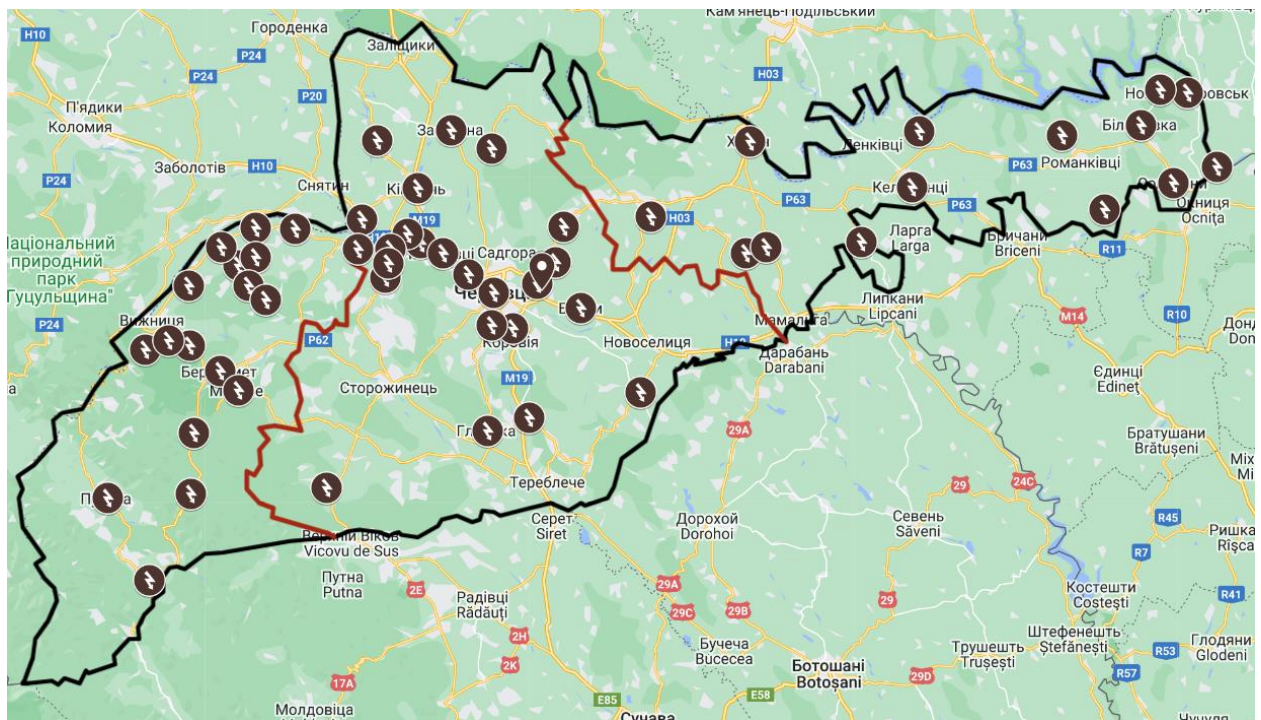


Рис. 3.2. Карта користувачів сонячних панелей в Чернівецькій області, за результатами анкетування (побудовано за допомогою сервісу «Мої карти» на Google maps)

Щодо місця розміщення сонячні станції більшість користувачів проінформували про те, що вони встановлені неподалік будинку: 54,9% – на прибудинковій ділянці; 19,8% – на даху будинку. 25,3% респондентів розмістили батареї подалі від будинку, тобто, четвертина споживачів залучає додаткові території для розміщення панелей (Рис. 3.3.).



Рис. 3.3. Місце розташування сонячних панелей

Вибір місця для встановлення залежить від індивідуальних умов, зокрема від розміру території, наявності тіней, естетичних переваг та енергетичних потреб (Ates, 2021).

Кількість встановлених сонячних елементів для однієї станції варіює серед користувачів: 29,7 % респондентів встановили від 41 до 60 панелей, 24,2 % мають 21-40 панелей, у 20,9 % опитаних встановлено від 1 до 20 панелей. Ще 23 особи вказали що встановили сонячні електростанції з більшою кількістю сонячних елементів, зокрема 15,4 % респондентів – 61-120 панелей та 9,9 % від загальної кількості анкетованих – понад 120 панелей (Рис. 3.4).

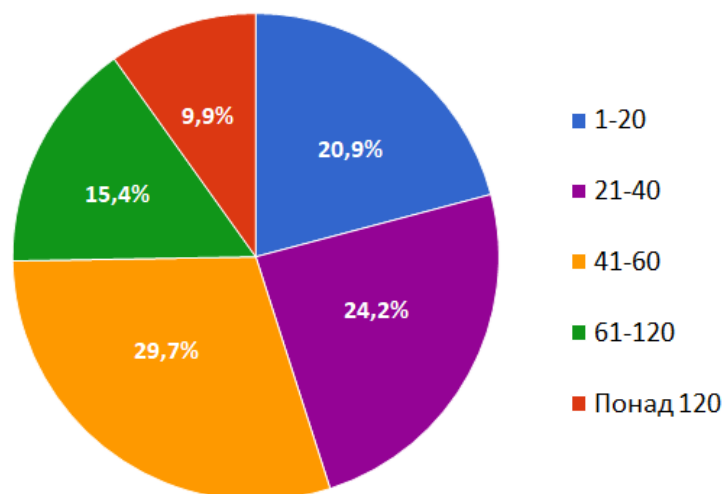


Рис. 3.4. Відсоткове співвідношення кількості встановлених сонячних панелей на одного респондента

Кількість сонячних панелей разом із іншими факторами, такими як місце розташування, кут падіння сонячних променів впливає на вихідну потужність. Найбільш популярним варіантом серед користувачів, що взяли участь в опитуванні є сонячні станції середньої потужності з генерацією 100-300 кВт/д – 40,7% (Рис. 3.5), що, ймовірно, є достатнім для домогосподарств або невеликих комерційних об'єктів. Станції великої потужності (300-500 кВт) – у 9,9 % опитаних. Сонячні станції з потужністю понад 500 кВт за даними анкетування не виявлені, що може бути пов'язано з більшими витратами на їх встановлення та обслуговування, а також обмеження в законодавстві України для приватних домогосподарств, а вказані потужності забезпечують потреби великих промислових підприємств або енергогенеруючих компаній.

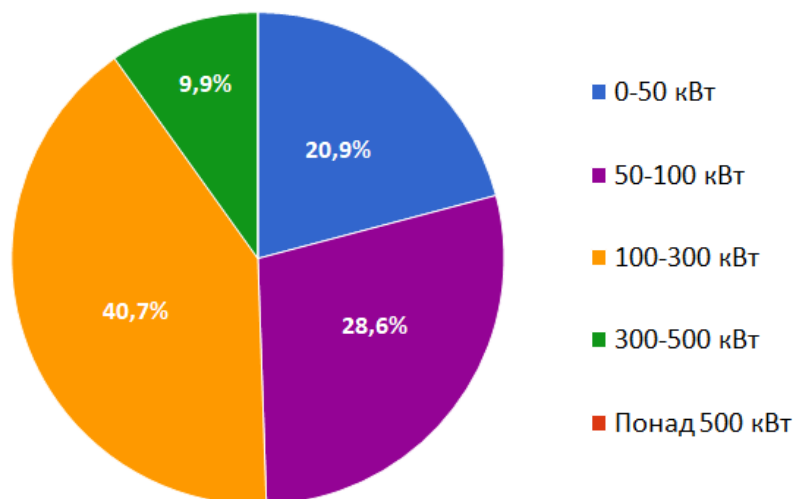


Рис. 3.5. Обсяг електроенергії, яку генерує сонячна станція за літню добу

На рис. 3.6 показано розподіл відповідей громадян на питання, чи покриває електроенергія, що генерується їхніми сонячними станціями, їх потреби. 40,7 % респондентів відповіли, що сонячна станція покриває їхні власні потреби в електроенергії, 39,6 % вказали, що сонячна станція покриває потреби з надлишком, і вони отримують дохід, продаючи надлишок енергії, 12,1 % зазначили, що сонячна станція покриває їх потреби лише частково, а для 7,7 % опитуваних енергії, що генерується не достатньо для покриття їхніх власних потреб в електроенергії.

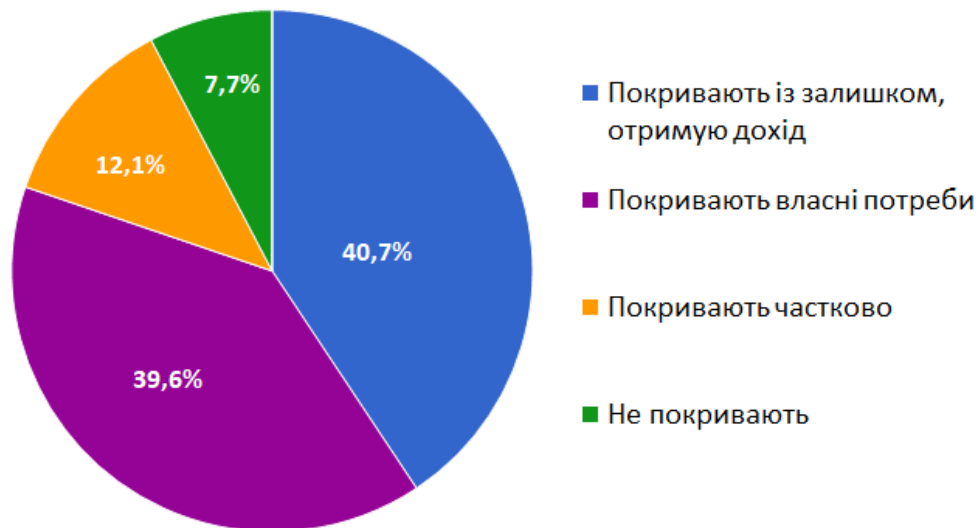


Рис. 3.6. Ефективність сонячних панелей

Майже половина користувачів, які взяли участь в опитуванні вказали, що їх сонячні станції не генерують значного надлишку електроенергії, 36,3 % ефективно використовують її, зокрема за допомогою електроакумуючих пристроїв, тоді як 14,3 % зазначили що надлишок енергія не використовується або втрачається (Рис. 3.7.).



Рис. 3.7. Використання споживачами надлишкової електроенергії

Кругова діаграма (Рис. 3.8.) відображає розподіл користувачів сонячних станцій за часом, протягом якого у них встановлені ці станції:

- 13,2% користувачів встановили сонячні станції менше ніж 1 рік тому.
- 31,9% користувачів використовують сонячні станції від 1 до 2 років.

- 40,7% користувачів мають станції, які працюють від 2 до 5 років.
- 14,3% користувачів встановили свої станції понад 5 років тому.

З цих даних можна зробити висновок, що більшість користувачів встановили сонячні станції відносно недавно, протягом останніх років, що може свідчити про зростаючу популярність сонячної енергії. Менша частина користувачів (14,3%) має досвід використання сонячних станцій більше двох років, з яких найменша група користується ними понад 5 років, що може вказувати на більш раннє рішення користуватись даними технологіями.

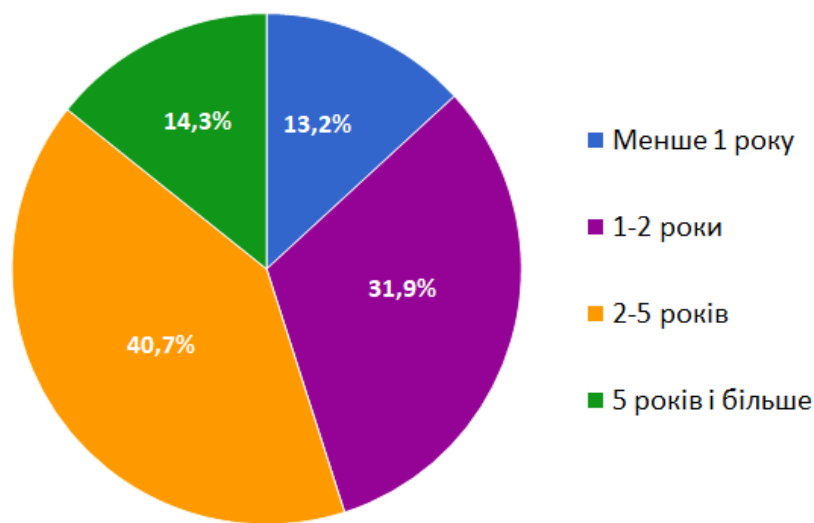


Рис. 3.8. Термін користування сонячними панелями

Таким чином, сонячні електростанції є популярними в Чернівецькій області, найчастіше встановлюються на прибудинковій ділянці та даху будинку (71,5 % користувачів), встановлені в основному від 1 до 5 років тому. Найбільше користувачів встановили до 60 сонячних елементів (74,8 %) які генерують до 300 кВт / добу (90,2% респондентів). 92,3% опитаних частково або повністю покривають власні потреби в електроенергії, 40,7% отримують дохід.

3.2. Аналіз причин встановлення сонячних панелей, проблемних питань при їх використанні та рекомендацій власників

Другий блок питань при анкетуванні власників та користувачів сонячних панелей стосувався з'ясування причин встановлення сонячних електростанцій, виявлення проблемних питань при експлуатації, а також рекомендацій від власників.

Згідно даних анкетування переважна більшість, а саме 48,4% плануючи встановлення сонячних електростанцій мали на меті отримання пасивного доходу в довгостроковій перспективі (Рис. 3.9). 27,5 % респондентів встановили сонячні панелі з метою економії коштів на оплату електроенергії. Для досягнення автономності та незалежності від державного електропостачання встановили сонячні електростанції 16,5% респондентів, ще для 7,7 % опитаних мотивацією для встановлення сонячних електростанцій було зменшення впливу на навколишнє середовище.

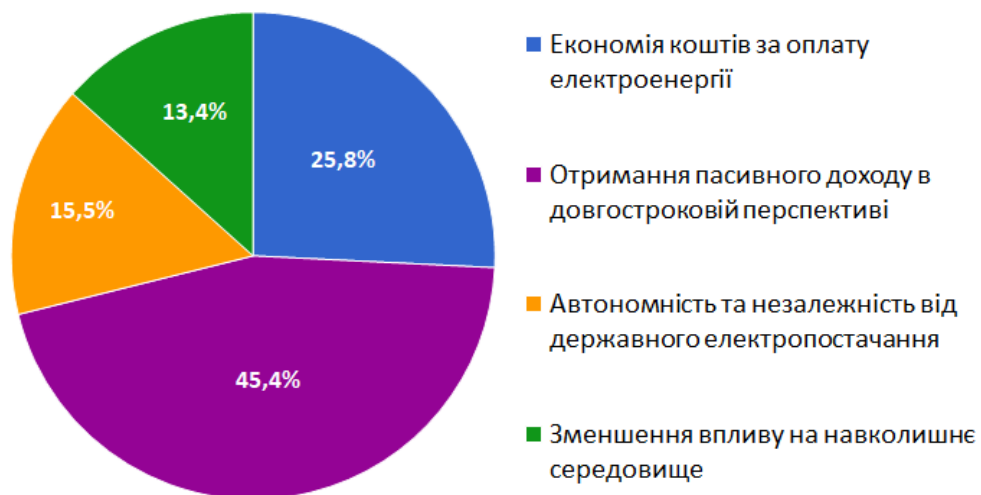


Рис. 3.9. Мотивація респондентів для встановлення сонячних панелей

Дані опитування свідчать, що основною мотивацією для встановлення сонячних панелей є економічна вигода. Більшість людей шукають способи зменшити свої рахунки за електроенергію, а також заробити на продажі надлишку енергії. Також значущою є потреба в самодостатності та екологічні переваги, але ці причини є вторинними у порівнянні з економічними факторами.

Аналізуючи відгуки респондентів про досвід використання сонячних панелей (дозволено обрати кілька відповідей), 61,5 % користувачів вказали що вартість встановлення системи була вищою за очікувану, 39,6 % анкетованих зазначили про необхідність технічного обслуговування батарей, очищення від снігу та бруду, в т.ч. 1 респондент зазначив про вихід із ладу акумулятора. 19,8 % опитаних вважають недоліком недостатню економічну ефективність та низьку рентабельність, що може бути пов'язано з великими початковими інвестиціями чи малим доходом від експлуатації системи. Серед відповідей також є поодинокі випадки незадоволення співпрацею з ЧОЕК, зокрема, недотримання умов контрактів, що може свідчити про невиконання обіцянок з боку постачальників чи підрядників, а також проблеми з передачею енергії, які призводять до її втрат, вказуючи на неефективність системи розподілу енергії.

Не дивлячись на високу вартість встановлення сонячних станцій та окремі недоліки більшість опитаних позитивно висловилися щодо запитання «Чи рекомендували б Ви іншим людям встановити сонячні панелі?» – 61,4 % із загальної кількості, 21,4 % можливо порадили б, однак 17,1 % респондентів відповіла заперечно (Рис. 3.10).

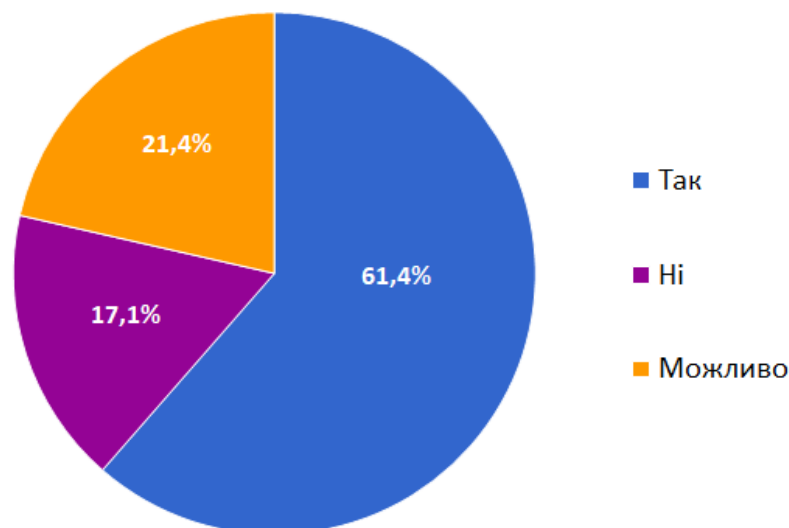


Рис. 3.10. Рекомендації встановлення сонячних станцій іншим людям

Щодо використання різних ініціатив та програм підтримки, які можуть використовуватися власниками при встановленні сонячних електростанцій найбільша група респондентів скористалися програмою спонсорства, яка передбачає фінансування чи підтримку від третіх сторін згідно із формальним договором – 36,3 % (Рис. 3.11.). Дещо менший сегмент (19,8 %) залучає ініціативи на державному рівні, які можуть включати субсидії, податкові кредити або інші стимули від уряду для підтримки відновлюваної енергетики. 11,0 % опитаних використовують послуги незалежного страхування, які можуть забезпечувати фінансовий захист інвестицій у випадку пошкодження або інших ризиків, пов'язаних із експлуатацією сонячних панелей. 33,0 % респондентів вказали, що не використовують жодних з перелічених програм чи ініціатив.



Рис. 3.11. Використання програм чи ініціатив для отримання підтримки

Таким чином різноманітність підходів до фінансування і підтримки встановлення сонячних енергетичних систем серед учасників опитування можуть вказувати на потенційні напрямки для подальшого вивчення щодо залучення споживачів до використання відновлюваної енергії.

При аналізі даних анкетування щодо досвіду з обслуговування та ремонту сонячних панелей 51,6 % респондентів вирішують дані питання

через звернення до спеціалізованих сервісів (Рис. 3.12), близько чверті респондентів вирішували проблеми самостійно, без необхідності звернення до сервісних центрів, ще 24,2 % користувалися гарантійним обслуговуванням, яке пропонують організації з продажу та установки панелей. Зокрема, «ДімТек» пропонує 5-річне безкоштовне гарантійне обслуговування та технічну підтримку, також ринок послуг в даному секторі пропонує віддалену діагностику та виїзд спеціалістів на об'єкт. Ці дані вказують на надійність сонячних панелей та ефективність та широкий спектр доступних послуг підтримки.



Рис. 3.12. Методи вирішення питань обслуговування і ремонту сонячних панелей

Респондентам було запропоновано відповісти й на питання з відкритими відповідями. Відповіді щодо переваг використання сонячних панелей були проаналізовані та узагальнені у три ключові напрями.

1) Економічна вигода – можливість довгострокового зменшення витрат на електроенергію, з огляду на їх здатність виробляти електрику без необхідності постійної оплати після покриття початкових витрат на установку.

2) Автономність – зменшення залежності від місцевих постачальників енергії та зведення до мінімуму перебоїв у електропостачанні, викликаному мережевими збоями.

3) Екологічність – сонячна енергія є відновлюваним джерелом енергії, тому використання сонячних панелей сприяє збереженню навколишнього середовища, зменшуючи потребу в спалюванні викопного палива для вироблення електроенергії, що, в свою чергу, веде до зниження викидів парникових газів і сприяє сталому розвитку.

Також власники сонячних електростанцій могли залишити певні поради щодо встановлення сонячних панелей. Аналіз результатів виокремив такі важливі ключові моменти: правильне проектування та вибір території; ефективне використання бюджету, включаючи пошук потенційних податкових пільг або державних субсидій; знання законодавства у сфері сонячної енергетики задля уникнення правових труднощів та забезпечення відповідності всім вимогам; залучення кваліфікованих фахівців для проектування та монтажу системи, що забезпечить надійність та продуктивність системи сонячних панелей. Ці поради допомагають споживачам зробити обґрунтоване рішення і забезпечити, щоб вкладення в сонячні панелі було ефективним та відповідало очікуванням щодо енергетичної незалежності та економії.

3.3. Розрахунок економічної вартості встановлення сонячної електростанції для приватного використання

В процесі роботи було вироблено алгоритм та послідовність дій для потенційних майбутніх власників щодо монтажу сонячних електростанцій та їх подальшого підключення за програмою «зеленого» тарифу. Процес встановлення **сонячної станції** включає ряд етапів, що формують хронологію проекту.

1. Початковий етап передбачає підписання договору з компанією, що надає послуги зі встановлення сонячних панелей та оцінка фахівцями

компанії території, де будуть встановлюватись панелі, вибір оптимальної локації та кута нахилу для максимальної ефективності.

2. Придбання необхідних матеріалів та обладнання для монтажу системи.

3. Здійснення додаткових робіт для доставки обладнання на місце встановлення.

4. Виготовлення металоконструкцій та монтаж на них сонячних панелей під необхідним кутом.

5. Реалізація заходів по заземленню для забезпечення безпеки системи.

6. Встановлення інвертора, блоку захисту та протяжка електричних кабелів.

7. Подача документів на підключення «зеленого» тарифу (Рис. 3.13).



Рис. 3.13. Алгоритм оформлення «зеленого» тарифу

8. Встановлення регіональною енергетичною компанією лічильника та підключення до загальної мережі.

9. Під'єднання інвертора до лічильника компанією, що надавала послуги зі встановлення сонячних панелей.

10. Контроль герметичності всіх з'єднань та введення системи в експлуатацію.

На основі розмов із власниками сонячних панелей та консультацій з головним інженером компанії «С-Електро Тех», розраховано орієнтовну вартість монтажу сонячної станції потужністю 30 кВт, яка складає близько 832 440 грн. (21 000 дол. США, в тому числі: сонячні панелі – 10 800 дол., конструкції – 2 500 дол., кабелі та захисні системи – 1 000 дол., інвертор – 2 700 дол., транспортування обладнання – 2 000 дол., підключення до електромережі – 1 000 дол. та інші витрати – 1 000 дол. За даними SmartEco вартість таких робіт коливається від 19 000 до 23 000 дол. (<https://smarteco.biz.ua/solution/green>), на сайті SunServis вказується дещо вища вартість – від 21 000 до 24 000 дол. (<https://sunservis.com.ua/ua/>). Отримана нами вартість встановлення знаходиться в межах, які пропонують клієнтам інші компанії.

Розрахунки проводились за курсом НБУ станом на 01.12.2023: 1 \$ = 36,66 грн., 1 € = 39,64 грн. За умовами договору вартість 1 кВт по «зеленому» тарифу становить 0,16 € (станом на 2023 рік). Кількість згенерованої енергії – середньодобова в межах окремої пори року.

Літо: $210 \text{ кВт} \times 90 \text{ діб} \times 0,16 \text{ €} = 3024 \text{ €}$

Зима: $45 \text{ кВт} \times 90 \text{ діб} \times 0,16 \text{ €} = 648 \text{ €}$

Весна: $120 \text{ кВт} \times 90 \text{ діб} \times 0,16 \text{ €} = 1728 \text{ €}$

Осінь: $100 \text{ кВт} \times 90 \text{ діб} \times 0,16 \text{ €} = 1440 \text{ €}$

Разом: 6840 € (250 754 грн)

Термін окупності панелей $832\,440 : 250\,754 = 3,5$ роки –.

На основі проведеного розрахунку можна зробити висновок, що інвестиція в сонячні панелі є економічно вигідною, з огляду на те, що середній термін окупності становить приблизно 3,5 роки. Розглядаючи вартість згенерованої електроенергії за різні пори року, найвищі показники припадають на літній період (3024 євро), а найнижчі – на зимовий (648 євро). Весняний і осінній періоди також дають суттєвий внесок у загальну економічну ефективність системи, приносячи відповідно 1728 та 1440 євро. Загальна сума згенерованої енергії за рік складає 6840 євро (що дорівнює 250 754 грн.).

ВИСНОВКИ

1. Сонячні електростанції є популярними в Чернівецькій області, найчастіше встановлюються на прибудинковій ділянці та даху будинку (71,5 % користувачів), введені в експлуатацію переважно від 1 до 5 років тому. Найбільше користувачів встановили до 60 сонячних елементів (74,8 %) які генерують до 300 кВт/добу (90,2% респондентів). 92,3% опитаних частково або повністю покривають власні потреби в електроенергії, 40,7% отримують дохід.

2. За даними анкетування з'ясовано, що основною причиною встановлення сонячних електростанцій є отримання пасивного доходу в довгостроковій перспективі. Виявлено проблемні питання: високі витрати на встановлення, недостатня економічна ефективність, потреба в частому технічному обслуговуванні, енергетичні втрати при передачі. Власники рекомендують ретельно планувати процес встановлення та звертати увагу на якість обладнання та кваліфікацію фахівців.

3. Встановлено, що вартість встановлення та введення в експлуатацію сонячної електростанції потужністю 30 кВт становить 21 000 дол., середній термін окупності складає близько 3,5 років, що вказує на економічно вигідне інвестиційне рішення для приватних власників у довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання: підруч. / Клименко В. В., Солдатенко В. П., Плешков С. П., Скрипник О. В., Саченко А.І.; за ред. д.т.н, проф. Клименка В.В. Кропивницький: ПП Ексклюзив-Систем, 2023. 212 с.
2. Брич В.Я., Гевко Б.Р. Проблеми застосування сонячної енергії в сфері житлово-комунального господарства. *Інноваційна економіка*, 2016. № 1-2. С. 152-157.
3. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолук О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів [Електронний ресурс]. Київ: Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36475>
4. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навчальний посібник. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 182 с.
5. Галузь сонячної енергетики в Україні. *Українська енергетична біржа*: веб-сайт. URL: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/> (дата звернення: 18.11.2023)
6. Герєга С., Коваль В.П., Філюк Я.О. Збільшення ефективності використання сонячних панелей. *Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування»*. 2017. С. 48-51.
7. Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Череватий В.О., Ульянець О.А. Сонячна енергія—основні види та типи сонячних електростанцій. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. 2017. Вип. 12. С. 12-21.
8. Головка А.В. Аналіз сонячних панелей. *Збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 24-25 листопада, 2021)*. Тернопіль, 2021. С. 22-23.

9. Гурняк І.А. Використання Google Forms і Microsoft Forms в процесі навчання. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 2. С. 40-45.
10. Денисюк С., Стржелецький Р., Богойко І., Стржелецька Н. Аналіз особливостей ефективного впровадження сонячних електростанцій в локальних системах енергозабезпечення. *Енергетика: економіка, технології, екологія: науковий журнал*. 2023. № 2 (72). С. 7-25. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2023.279536>
11. Дзядикевич Ю.В., Гевко Р.Б., Буряк М.В., Розум Р.І. Енергетичний менеджмент. Тернопіль: Економічна думка, 2014. 335 с.
12. Економіка енергетики: підручник / за ред.: Л. Г. Мельник, І.М. Сотник. Суми: Університетська книга, 2015. 378 с.
13. Зелений тариф для домогосподарств. *SmartEco* : веб-сайт. URL: <https://smarteco.biz.ua/solution/green/> (Дата звернення: 01.12.2023)
14. Іванчук В.Ю. Підвищення енергетичної ефективності фотоелектричних станцій за допомогою поворотних механізмів. *Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики*. 2016. С. 323-325.
15. Іващенко Т.С. Дослідження модифікацій для сонячних електростанцій. *Енергетика. Екологія. Людина*. Зб. наукових праць ІЕЕ, КПП імені Ігоря Сікорського. Київ: ІЕЕ, 2020. С. 99-104. URL: <https://en.iee.kpi.ua/files/2020/dopovidi2020.pdf>
16. Касинець М.Є., Возняк О.Т., Шаповал С.П. Підвищення ефективності використання теплових сонячних панелей. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2012. Вип. 16. С. 90-93.
17. Киналь О., Ванзурак А., Козак Г., Семенчук Л. Тенденції кліматичних змін у Чернівцях на початку ХХІ століття (2000-2010 рр.). *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2011. С. 107-111.
18. Кузьміна М.М. Розвиток сонячної енергетики в Україні. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2014. Вип. 29 (1). С. 183–186.

19. Купчак В.Р., Павлова О.М., Павлов К.В., Лагодієнко В.В. Формування та регулювання регіональних енергетичних систем: теорія, методологія та практика. Луцьк: Волиньполіграф, 2019. 346 с.
20. Лещишин Ю.З., Паламарчук А.О. Комп'ютерна система визначення ефективності розміщення сонячних панелей на будинку. *Зб. тез доп. VII Міжнар. наук.-тех. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*. Тернопіль: ТНТУ, 2018. Т. 2. С. 142.
21. Мисак Й.С., Возняк О.Т., Дацько О.С., Шаповал С.П. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.
22. Національний атлас України. 2008. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/default.html> (дата звернення 16.11.2023)
23. Олійник Ю. С. Використання сонячних батарей у сучасних умовах. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. 2018. Том 29 (68), №2. С. 220-224.
24. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернівецькій області у 2021 році. Чернівці, 2022. 163 с. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-SHernivetska-ODA-2021.pdf> (Дата звернення: 23.11.2023)
25. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 226 с.
26. Сілакова Т.Т., Руденко Н.М. Аналіз технологій утилізації відходів виробництва сонячних батарей. *Механіка гіроскопічних систем*. 2018. Вип. 36. С. 61-69.
27. Сонячні батареї (панелі) і комплектуючі сонячних електростанцій. *SunService*: веб-сайт. URL: <https://sunservis.com.ua/ua/>
28. Статистичний щорічник Чернівецької області за 2020 рік / за ред. Сарчинської Т. Чернівці, 2021. 460 с.

29. Суходуб І.О., Дешко В.І., Яценко О.І. Прикладні задачі енергозбереження. Моделювання сонячної електростанції для забезпечення енергоспоживання будівлі [Електронний ресурс]. 2022. 57 с.

30. Фреїк Д.М., Чобанюк В.М., Галушак М.Я.О., Криницький О.С., Матеїк Г.Д. Фотоелектричні перетворювачі сонячного випромінювання. Досягнення, сучасний стан, тенденції розвитку (Огляд). *Фізика і хімія твердого тіла*. 2012. Вип. 13, № 1. С. 720-730..

31. Черлінка В.Р. Морфометричні параметри рельєфу як базис для предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 2017. С. 5-16.

32. Чумаченко І.С. Еволюція законодавства про сонячну енергетику в Україні. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2021. № 11. С. 353-359.

33. Ang T.-Z., Salem M., Kamarol M., Das H. S., Nazari M.A., Prabakaran N. A comprehensive study of renewable energy sources: Classifications, challenges and suggestions. *Energy Strategy Reviews*. 2022. Vol. 43.100939. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100939>

34. Arán C.J., Estrella A.E., Dols F.A., Ridao A.R. The electricity production capacity of photovoltaic power plants and the selection of solar energy sites in Andalusia (Spain). *Renewable Energy*. 2008. Vol. 33, Is. 4. P. 545-552. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.041>

35. Ates A.M., Singh, H. Rooftop solar Photovoltaic (PV) plant–One year measured performance and simulations. *Journal of King Saud University-Science*, 33(3), 2021. P. 362.

36. Doan L., Eckhouse B., Cannon C., Recht H. Bloomberg New Energy Finance: UN Environment. 2019. URL: <https://about.bnef.com>.

37. Matthias H., Dimkova D., Hamacher T. Integration of wind and solar power in Europe: Assessment of flexibility requirements. *Energy*. 2014. Vol. 69. Is. C. P. 236-246.

38. McCulley J. K. Portable solar power: Mobile elemental power plant II. *2015 IEEE Conference on Technologies for Sustainability*. Ogden, UT, USA, 2015. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/SusTech.2015.7314313> .
39. Melnyk L., Derykolenko O., Mazin Yu., Matsenko O., Piven V. Modern Trends in the Development of Renewable Energy: the Experience of the EU and Leading Countries of the World. *Mechanism of an economic regulation*. 2020. № 3. P. 117-133.
40. Renewable energy statistics 2023. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi, 2023. URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>
41. Shirazi A.M., Zomorodian Z.S., Tahsildoost M. Techno-economic BIPV evaluation method in urban areas. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 143, Is. C. P. 1235-1246. DOI: [10.1016/j.renene.2019.05.105](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.105)
42. Shraman N.L. Solar Panel Installation Guide and User's Manual: Solar Electrical Energy Memory Book: Smaran Shakti. 2004. P. 125-127.
43. Sujay P.D., Wagh M.M., Shinde N.N. A review on floating solar photovoltaic power plants. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 2017. Vol. 6 (8) P. 789-794.
44. Tsoutsos T., Frantzeskaki N., Gekas V. Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*. 2005. Vol. 33, Is. 3. P. 289-296.
45. Zhang H.L., Baeyens J., Degève J., Cacères G. Concentrated solar power plants: Review and design methodology. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013. Vol. 22? Is. C. P. 466-481. DOI: [10.1016/j.rser.2013.01.032](https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.032)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.**Охорона праці та правила роботи за комп'ютером**

Вимоги до улаштування та експлуатування комп'ютерних класів визначають Правила безпеки під час навчання в кабінетах інформатики навчальних закладів систем загальної середньої освіти (затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 16.03.2004 № 81; НПАОП 80.0-1.12-04; далі — Правила № 81), ДСанПіН 5.5.6-167-2010 «Державні санітарні норми і правила влаштування, утримання, обладнання та організації роботи закладів, які надають послуги з комп'ютерної ігрової діяльності дітям» (затверджені наказом МОЗ від 15.12.2009 № 947) (Охорона праці..., 2020).

Загальні вимоги пожежної безпеки під час експлуатації комп'ютерної техніки визначають Правила пожежної безпеки в Україні (затверджені наказом МВС від 30.12.2014 № 1417), комп'ютерних класів — пункт 3 розділу VIII Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України (затверджені наказом МОН від 15.08.2016 № 974) (Охорона праці..., 2020).

Комп'ютерний клас обладнаний різноманітною електронною технікою, яка живиться від електричної мережі з напругою змінного струму 220 В. Це потребує дотримання додаткових правил безпеки під час роботи в ньому.

Суворо забороняється:

- торкатися до проводів живлення і заземлення;
- торкатися екрана монітора і його задньої стінки, а також задніх стінок комп'ютера і кабелів;
- вмикати і вимикати комп'ютер без дозволу завідувача лабораторії;
- класти книги, зошити на клавіатуру, мишу або монітор;
- працювати з мокрими руками або в мокрому одязі.

Працюючи за комп'ютером, рекомендовано дотримуватися правил тривалості роботи, правильної постави, розміру шрифтів та зображень, вимог до приміщення тощо.

У робочому приміщенні, де встановлені комп'ютери, щодня потрібно виконувати вологе прибирання та провітрювати щогодини. Перед початком

роботи необхідно перевірити відсутність зовнішніх пошкоджень комп'ютерного обладнання, при використанні портативних носіїв (флешки, жорсткі диски) акуратно вставляйте і виймайте їх з USB-порта.

Під час роботи за персональним комп'ютером слідкуйте за поставою: ноги повинні твердо стояти на підлозі чи на спеціальній підставці, стегна розташовані під прямим кутом до тулуба, а гомілки – під прямим кутом до стегон. Сидіти необхідно прямо або злегка нахилившись вперед, пальці рук – знаходитися на рівні зап'ясть або трохи нижче – у такому положенні вони найбільш рухливі, плечі мають бути розслаблені та вільно опущені, що сприяє розслабленню рук.

Відстань від очей до екрану монітора – не менше 55-60 см, центр екрану має знаходитися на рівні очей чи трохи нижче. При роботі з текстом рекомендується, щоб колір шрифту був темним, а колір фону – світлим (ідеальний варіант – чорний шрифт на білому фоні). якщо шрифт занадто дрібний, то потрібно збільшити масштаб документу (наприклад, до 150% чи більше). При наборі текстів з паперів чи книг рекомендується помістити джерело якомога ближче до монітору. Це дозволить уникнути частих рухів головою та очима.

Після кожної години роботи рекомендується робити десятихвилинну перерву, яку зручно суміщати з провітрюванням, безперервна робота за комп'ютером для дорослої людини не повинна перевищувати двох годин. Якщо є можливість, міняйте вид діяльності, якою займаєтеся протягом дня. Якщо з'явилося відчуття втоми, напруження, сонливості, тяжкості в очах, потрібно припинити роботу та хоча б трохи відпочити. У процесі роботи рекомендується періодично (приблизно раз на 20-30 хвилин) переводити погляд з екрану на найбільш віддалений предмет у кімнаті, а ще краще – на віддалений об'єкт за вікном. Задля попередження «синдрому сухого ока» необхідно моргати кожні 3-5 секунд. Рекомендується хоча б раз на день виконувати гімнастику для очей. Одним із способів підтримки здоров'я при роботі з комп'ютером є проект «RelaxEyes – турбота про здоров'я біля комп'ютера» .

ДОДАТОК Б.**Сонячні панелі: власний досвід використання: перелік питань для
анкетування**

1. Чи користуєтесь Ви сонячними панелями?

- Так
- Ні
- Користуються знайомі/родичі

2. Адміністративний район, в якому Ви проживаєте (де знаходяться сонячні панелі)? *Якщо панелі розміщені в іншій області - вкажіть область та район у варіанті "Інше"*

- Вижницький
- Чернівецький
- Дністровський
- Інше

3. Вкажіть населений пункт.

4. Де розташовані Ваші сонячні панелі?

- На даху будинку
- На прибудинковій ділянці
- На приватній території далі від будинку

5. Вкажіть кількість встановлених сонячних панелей (шт.)

- 1 - 20
- 21-40
- 41-80
- 81-120
- понад 120

6. Який обсяг електроенергії генерує Ваша сонячна станція за літню добу?

- 0 - 50 кВт
- 50 - 100 кВт
- 100 – 300 кВт
- 300 – 500 кВт
- Інше

7. Чи покриваються Ваші потреби встановленими сонячними станціями впродовж року?

- Покривають із надлишком, отримую дохід
- Покривають власні потреби
- Покривають частково
- Не покривають

8. Якою була Ваша мотивація встановити сонячні панелі?

- Економія коштів за оплату електроенергії
- Отримання пасивного доходу в довгостроковій перспективі
- Автономність та незалежність від державного електропостачання
- Зменшення впливу на навколишнє середовище
- Інше

9. Скільки часу Ви вже використовуєте сонячні панелі?

- Менше 1 року
- 1-2 роки
- 2-5 років
- 5 років і більше

10. Які недоліки Ви помітили за час використання сонячних панелей?

- Недостатня економічна ефективність
- Дороговартісне встановлення
- Технічне обслуговування батарей, очищення від бруду і пилу
- Енергетичні втрати під час передачі
- Інше

11. Як Ви використовуєте надлишкову електроенергію, яку генерують ваші панелі?

- У мене немає значного надлишку електроенергії
- Не використовую, ця електроенергія втрачається
- Використовую електроакumuлюючі прилади
- Інше

12. Чи рекомендували б Ви іншим людям встановити сонячні панелі?

- Так
- Ні
- Можливо

13. Які програми або ініціативи для власників сонячних панелей Ви використовуєте або розглядаєте для отримання підтримки?

- Програма спонсорства, укладена по договору встановлення станції
- Ініціатива державного рівня
- Використання послуг незалежного страхування
- Не користуюсь
- Інше

14. Як Ви вирішуєте питання обслуговування і ремонту сонячних панелей?

- Звертаюсь до спеціалізованих сервісів
- Вирішую проблему власноруч
- Користуюсь гарантійним обслуговуванням
- Інше

15. Які переваги Ви бачите у використанні сонячних панелей для споживачів і для навколишнього середовища?

16. Які поради Ви б надали тим, хто розглядає встановлення сонячних панелей?