

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Технології сонячної енергетики та їх вплив на довкілля

Завідувач кафедри Пляцук Л.Д. _____
(підпис)

Керівник роботи Черниш Є.Ю. _____
(підпис)

Консультант
з охорони праці Васькін Р.А. _____
(підпис)

Виконавець
студент групи ТС-71-8 Черниш Д.В. _____
(підпис)

Суми 2021

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної екології
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____
“ ____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Чернишу Дмитру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Група ТС-71-8

1. Тема випускної роботи:
Технології сонячної енергетики та їх вплив на довкілля
2. Вихідні дані: аналітичні звіти Огляду енергетичного сектору України (ОЕСР), статистичні дані Державної служби статистики України, вітчизняні та зарубіжні патентні бази, дані із наукометричної бази даних Scopus.
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:
 1. Конструкція фотоелектричного елемента
 2. Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні
 3. Блок-схему чинників впливу сонячної енергетики на екосистемні компоненти
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2, 3	4, 5	6, 7	8	9
1	Написання вступу, розділу 1	+	+	+			
2	Оброблення результатів дослідження, написання розділів 2			+	+		
3	Написання розділу 3					+	
4	Оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання 30 березня 2021 р.

Керівник _____
(підпис)

доцент Черниш Є.Ю.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, трьох розділів, висновку, переліку джерел посилання, який містить 20 посилань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 45 сторінок, у тому числі 11 рисунків, список використаних джерел 3 сторінок.

Мета роботи – теоретичне дослідження напрямів реалізації екологічно безпечних технологічних рішень розвитку сонячної енергетики.

Для досягнення зазначеної мети було постановлено та вирішено такі завдання:

- огляд проблематики зміни клімату та впровадження зелених джерел енергії та відповідної нормативної документації;
- огляд напрямів розвитку сонячної енергетики для декарбонізації промисловості;
- аналіз екологічних аспектів реалізації проєктів із впровадження сонячної енергетики;
- огляд способів генерації сонячної енергії та технічних аспектів;
- аналіз досвіду реалізації проєктів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики.

Об'єкт дослідження – зміна клімату та наслідки для довкілля.

Предмет дослідження – технології реалізації сонячної енергетики як один із напрямів протидії зміні клімату.

У кваліфікаційній роботі надана характеристика зміни клімату та наслідки для довкілля. Визначено основні технології реалізації сонячної енергетики як один із напрямів протидії зміні клімату. Проведено розрахунки, що до рентабельності використання сонячної енергії та її впровадження. Та надано рекомендації щодо плану реалізації проєктів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ (ВДЕ), ЗЕЛЕНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ФОТОЕФЕКТ, СОНЯЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ (СЕ)

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
Розділ 1. Проблематика зміни клімату та впровадження зелених джерел енергії.....	7
1.1 Антропогенні джерела забруднення атмосфери.....	8
1.2 Вплив продуктів згоряння традиційного палива на стан атмосфери.....	11
1.3 Зелені інновації: як технології допоможуть впоратися зі зміною клімату.....	14
1.3.1 Галузь відновлюваної енергетики по всьому світу.....	16
Розділ 2. Екологоорієнтований підхід до реалізації проєктів із впровадження сонячної енергетики на місцях.....	22
2.1 Способи генерації сонячної енергії та технічні аспекти.....	22
2.2 Огляд етапів реалізації проєктів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики.....	27
2.3 Екологічні аспекти реалізації проєктів із впровадження сонячної енергетики.....	32
Розділ 3. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	37
Висновки.....	41
Список використаної літератури.....	43

Подп. и дата	
Инв.№'дубл.	
Взаим.инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№'подл.	

ТС 18510269					
	<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>
	Розроб.	Черниш ДВ			
	Перев.	Черниш ЕВ			
	Н.Контр.	Васькін РА			
	Затв.	Пляцук ЛД			
Технології сонячної енергетики та їх вплив на довкілля					
		<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
			4	45	
СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-71-8					

ВСТУП

В умовах постійного погіршення екологічної ситуації на планеті людство змушене шукати альтернативні джерела енергії. Все більше країн схилиються до вибору на їхню користь. Авжеж, переробити енергетичну інфраструктуру – важка справа, але необхідно розглядати цей процес як вклад в майбутнє всієї Землі. На сьогодні велика частина енергії виробляється шляхом спалювання нафти і газу, а також завдяки роботі атомних електростанцій. Всі ці джерела являються потенційно небезпечними для навколишнього середовища. Тому потрібною стає альтернативна енергетика, що дозволяє отримувати енергію більш екологічним способом, яка мінімально шкодить навколишньому середовищу.

Метою цієї роботи є теоретичне дослідження напрямів реалізації екологічно безпечних технологічних рішень розвитку сонячної енергетики, для виконання роботи були поставлені такі завдання:

- огляд проблематики зміни клімату та впровадження зелених джерел енергії та відповідної нормативної документації;
- огляд напрямів розвитку сонячної енергетики для декарбонізації промисловості;
- аналіз екологічних аспектів реалізації проєктів із впровадження сонячної енергетики;
- огляд способів генерації сонячної енергії та технічних аспектів;
- аналіз досвіду реалізації проєктів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики.

Об'єкт дослідження – вплив енергетики на довкілля.

Предмет дослідження – екологічно безпечні технології реалізації сонячної енергетики як один із напрямів протидії зміні клімату.

Методи дослідження. У роботі були використані системний підхід із

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТС 18510269

Арк.

5

застосуванням наукометричних баз даних, зокрема БД Scopus. Також було застосовано спеціальне програмне забезпечення візуалізації VOSviewer та здійснено розрахунок основних параметрів фотоелектричного елементу.

Апробація: онлайн семінар «Відновлювані джерела енергії для декарбонізації: сонячна енергетика» (25 березня 2021 р.), де було розглянуто питання створення суспільного запиту на здійснення «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року у світлі Європейського зеленого курсу шляхом підвищення обізнаності національних та місцевих органів влади, відповідних зацікавлених сторін та широкої громадськості про необхідність та переваги переходу України до принципів «зеленої» енергетики. Організовував онлайн-семінар ГО «Агентство з відновлюваної енергетики» в рамках виконання проєкту «Сприяння переходу України до «зеленої» енергетики», за підтримки Європейського Союзу та Міжнародного Фонду «Відродження» в межах грантового компоненту проєкту EU4USociety.

Инв.№подл.	Подп. и дата					ТС 18510269	Арк.
	Инв.№дубл.						6
	Взаим.инв.№						
	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМАТИКА ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Світова енергетика в останні десять років, показала головні тенденції, що потребують сильної уваги, без їх врахування неможливе процвітання цієї галузі та всього світового економічного життя. Головними є:

— зміцнення взаємозалежності між транзитерами, виробниками та покупцями разом з загостренням конкуруючих обличь за обмеження енергоресурсів і пов'язуючи з тим ризику в політиці, в цьому числі також транзитні;

— швидке збільшення споживання енергії навіть швидше, ніж зріст пропозицій енергії, яка сприяє підвищенню цін на енергоносії.

Зараз питання в тому, чи зламається тенденція випереджуючого збільшення споживання енергії, якщо знизиться енергоємність сучасної економіки, в першу чергу у розвинутих країнах.

Ми бачимо таку ситуацію в сучасній світовій енергетиці: загострення протиріч між головними лідерами ринку. Гарні взаємовідносини між транзитерами, виробництвами та користувачами енергоресурсів, які склалися в останні роки ХХ сторіччя – залишаються у минулому. Погіршуються механізми, які регулюють світовий енергетичний ринок, загострюється конкуренція між користувачами, що підпитується Китаєм та Індією – наміцнішими країнами, що є на ринку.

У цей час, головні користувачі енергоресурсів – країни Азії, що швидко розвиваються та високо розвинуті країни, основна частина запасів світу углеводородів зосереджена у групі країн, що розвиваються чи мають перехідну економіку. Такі чималі користувачі, як США, Євросоюз, Китай зосереджують економічні і політичні ресурси для експансії на ті ж самі ринки, що загострює конкуренцію.

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						7

Інтенсивний розвиток енергетики, промисловості і транспорту неминуче викликає зростання споживання вуглеводневого палива, що, в свою чергу, збільшує кількість продуктів його згоряння, що викидаються в атмосферу.

За даними багаторічного моніторингу, кількість викидів в атмосферу екологічно шкідливих хімічних сполук, речовин і елементів продуктів згоряння палива подвоюється кожні 12–14 років, в зв'язку з чим проблема забруднення атмосфери продуктами згоряння палива відноситься до однієї з глобальних проблем сучасності.

1.1 Антропогенні джерела забруднення атмосфери

Забруднення атмосфери виникає через недосконалість конструкції обладнання, систем двигунів і установок, порушення правил експлуатації, низької технічної культури і екологічної безграмотності обслуговуючого персоналу, а іноді і в результаті аварій або надзвичайних ситуацій[2].

Токсичність викидаємих в навколишнє повітряне середовище димових викидів, відпрацьованих і вихлопних газів залежить, головним чином, від якості, сорту і виду палива, що спалюється вуглеводневого палива, умов організації процесу його згоряння, технічного стану теплових двигунів і паливоспалюючих установок.

Наприклад, застосування низькосортних палив, з одного боку, сприяє зменшенню поточних експлуатаційних витрат на придбання палива, а з іншого – підвищує кількість викидів в атмосферу екологічно небезпечних забруднювачів.

Інтенсивність забруднення атмосфери шкідливими газами визначається концентрацією і чисельністю джерел забруднення на одиниці площі; типом, потужністю і режимом використання паливоспалюючих установок і теплових двигунів; конструкцією і станом їх паливних систем, станом і рівнем експлуатації технічних засобів; наявністю систем і пристроїв, якісно і кількісно знижують шкідливі викиди в атмосферу, і іншими факторами.

Підп. і дата	
Инв. № з'їдл.	
Взаим. инв. №	
Підп. і дата	
Инв. № годл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						8

Відомо, що поряд з природними джерелами забруднення повітряного басейну існують антропогенні (штучні). Антропогенними джерелами забруднення атмосфери димовими газами – продуктами згоряння є практично всі теплові двигуни і установки, що спалюють вуглеводневе паливо. Умовно штучні джерела забруднення прийнято класифікувати по:

- ступеня рухливості (стаціонарні та пересувні);
- інтенсивності викидів (потужний, середній, слабкий);
- масштабами викидів (великий, середній, малий);
- ступеня концентрації на площі (точковий, площинний, об'ємний);
- часу шкідливого впливу (короткочасний, систематичний, постійний);
- агрегатному стані викидів (газоподібні, рідкі, тверді).

Дослідження димових газів паливоспалюючих установок показують, що в їх складі основними забруднювачами атмосферного повітря є оксиди вуглецю (до 50%), оксиди сірки (до 20 відсотків), оксиди азоту (до 6–8%), вуглеводні (до 5–20%), сажа, оксиди і похідні мінеральних включень і домішок вуглеводневого палива.

У свою чергу, вихлопні і відпрацьовані гази теплових двигунів викидають в повітряний басейн більше 70 відсотків оксидів вуглецю та вуглеводнів (бензоли, формальдегіди, бенз (а) пірен), близько 55 % оксидів азоту, до 5,5 відсотка води, а також сажу (важкі метали), гар, кіптява і т.д.[2]

Разом з викидами, вихлопними і відпрацьованими газами в атмосферу скидається у вигляді гарячих газів і нагрітої води близько 60–80 відсотків всієї отриманої при спалюванні вуглеводневого палива теплоти, що призводить і до теплового забруднення атмосфери.

Димові гази установок і двигунів містять десятки тисяч хімічних речовин, сполук і елементів, більше двохсот з яких є високотоксичними і отруйними.

Найбільший екологічний збиток атмосфері і навколишньому природному середовищу в цілому наносять такі речовини, як оксиди азоту та вуглецю,

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						9

альдегіди, формальдегіди, бенз (а) пірен та інші ароматичні сполуки, які відносяться до отруйних речовин.

Крім того, при роботі будь-якої установки і двигуна викидається близько 1,0–2,0 відсотка споживаного палива, яке осідає на поверхнях (землі, води, дерев і т.п.) у вигляді незгорілих вуглеводнів, сажі, пилу і золи.

Димові гази мають неприємний запах і мають шкідливий, а часом смертельне вплив на організм людини, флору і фауну. Газове і теплове забруднення повітряного басейну сприяє утворенню кислотних дощів, задимлення атмосфери, змінює характер хмарності, що призводить до посилення парникового ефекту.

Гази енергетичних установок забруднюють повітря і територію (акваторію) в районах їх розташування. Значні викиди шкідливих компонентів в атмосферу відбуваються при запуску, прогріванні і зміні режимів роботи установок і двигунів.

Найбільшу небезпеку для людини і живих організмів представляють компоненти, що викликають ракові захворювання, це канцерогенні речовини, представлені в димових і вихлопних газах поліциклічними ароматичними вуглеводнями (C_xH_y).

До числа володіючою більшою канцерогенною активністю, в першу чергу, слід віднести 3,4 бенз (а) пірен ($C_{20}H_{12}$), який утворюється при порушенні організації процесу горіння. Найбільший вихід канцерогенних речовин, зокрема 3,4 бенз (а) пірену, спостерігається на нестационарних і перехідних режимах.

Результати експертних оцінок показують, що основними джерелами забруднення повітряного басейну є автомобільний, повітряний, морський, річковий і залізничний транспорт (на нього припадає в середньому понад 50 відсотків шкідливих газових викидів); енергетичні та промислові об'єкти (викидають в атмосферу в середньому близько 40 % забруднювачів) та інші джерела (до 10 % викидів)[2].

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						10

З огляду на постійне збільшення сумарної кількості транспортних засобів, об'єктів енергетики та промисловості, їх негативний вплив на екологічний стан міст і промислових регіонів в цілому стає все більш відчутним і неухильно зростає.

За кількістю шкідливих викидів в атмосферу сьогодні лідирують економічно розвинені і інтенсивно розвиваючі країни, такі, як Сполучені Штати Америки, держави Західної та Північно-Західної Європи, Китай і Індія, на частку яких припадає до 85–90 % світових сумарних викидів, що забруднюють атмосферу Землі.

1.2 Вплив продуктів згоряння традиційного палива на стан атмосфери

Тверде паливо (наприклад, вугілля) додає в зону горіння домішки, які можуть включати алюміній, титан, барій, фосфор, миш'як, сурму, кадмій, ртуть, селен, олово, нікель і інші елементи. Хімічні елементи, що поставляються в зону горіння паливом, прийнято називати «паливними».

Паливні елементи перетворюються в хімічні похідні вже при температурах 600–700 ° С на початковому етапі горіння.

Крім того, для нагріву повітря, що не бере участі в процесах горіння, додатково витрачається вуглеводневе паливо, що призводить до збільшення виходу небезпечних «паливних» складових в викидаються в атмосферу продуктах згоряння.

Очевидно, що все знаходяться в паливі речовини, сполуки, елементи, що надійшли в зону горіння в складі повітря і палива, пройшовши певні перетворення в умовах високих температур, не зникають безслідно.

Велика (до 98 % їх частина осідає на поверхнях нагріву, а менша (близько 2 %), – проходячи транзитом зону горіння, викидається в повітряний басейн в складі димових газів.

Підп. і дата
Инв. № докл.
Взаим. инв. №
Підп. і дата
Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						11

Трьохатомні газоподібні сполуки, що містяться в продуктах згорання, відносять до парникових газів, оскільки в умовах високих температур вони мають довгохвильове випромінювання.

Механізм утворення екологічно небезпечних забруднювачів атмосфери – продуктів згорання вуглеводневого палива, що включає механізми одночасно протікають фізико-хімічних, кінетичних, теплодінамічних, теплообмінних та інших процесів, досить складний і недостатньо вивчений. Однак на сьогоднішній день встановлено, що екологічно небезпечні забруднювачі атмосферного повітря, що містяться в продуктах згорання вуглеводневого палива, утворюються за трьома основними механізмами: температурному, кисневого, комбінованого.

Температурний механізм утворення шкідливих викидів ґрунтується на різниці локальних температур згорання палива за обсягом горіння, що становить до 800–1000 ° С. Так, в ядрі факела спостерігається максимальна температура горіння, а в його периферійних зонах – мінімальні температури. Значна різниця місцевих температур згорання палива за обсягом горіння викликана численними причинами, основними з яких є:

1. нерівномірність концентрацій палива і окислювача за обсягом топки (камери згорання);
2. наявність в зоні горіння паливних крапель (часток) різного розміру;
3. несумірність факела і обсягу горіння;
4. постійне охолодження периферійних зон факела подається на горіння атмосферним повітрям;
5. різна структура і теплота згорання беруть участь в горінні паливних вуглеводнів;
6. різна швидкість протікання фізико-хімічних, теплодінамічних, кінетичних, теплообмінних процесів і реакцій в локальних зонах обсягу горіння;
7. змінні властивості палива, що спалюється (структура, склад, якісні і кількісні показники вуглеводнів).

Підп. і дата	
Инв. № з'їдл.	
Взаим инв. №	
Підп. і дата	
Инв. № годл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

12

Крім того, чим більше різниця температур в обсязі горіння, тим вище і швидше йдуть, вихлопні і відпрацьовані гази (продукти згорання палива) піднімаються вгору, викликаючи кислотні дощі і створюючи умови посилення парникового ефекту в атмосфері.

За температурним механізмом утворюються в основному оксиди азоту, азотовмісні сполуки і азот.

Сутність кисневого механізму утворення газових забруднювачів полягає у відсутності, нестачі, надлишку окислювача (кисню повітря) і його нерівномірному змішуванні з паливом в локальних зонах горіння. Дійсно, максимальна кількість повітря подається в кореневу частину факела, а в периферійних зонах обсягу горіння повітря (окислювач) практично відсутня. В результаті чого в початковій зоні обсягу горіння інтенсивно проходять окислювально-відновні реакції, а в периферійних зонах – при нестачі або відсутності окислювача йде термічна деструкція (розкладання, розпад) органічних сполук під дією високих температур, так званий піроліз. Крім того, недолік або відсутність окислювача викликає хімічний і механічний недожог палива. Вкрай нерівномірний розподіл повітря за обсягом горіння призводить до поганого змішання палива і повітря, до хімічного недопалювання, до зменшення сумарної площі контакту пального і окислювача, до зміни умов протікання локальних фізико-хімічних, теплодинамічних, кінетичних, теплообмінних процесів і реакцій. Спалювання палива при надлишку окислювача сприяє утворенню продуктів повного згорання, в той час як при малих кількостях повітря - до викиду продуктів неповного згорання, а при відсутності кисню – до виходу продуктів піролізу[2].

Слід зазначити, що в реакціях окислення і відновлення бере участь тільки атомарний кисень, повітря ж поставляє в зону горіння виключно молекулярний кисень. Частина молекулярного кисню розкладається і бере участь в реакціях, а решті молекулярний кисень проходить обсяг горіння транзитом, і в газовому тракті вступає в реакцію з хімічно активними елементами димових газів. Так,

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вдубл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						13

при спалюванні рідкого палива у вихідних котелень газах котлів частка молекулярного кисню становить до 10–12 %, а в вихлопних газах теплових двигунів – до 19–21 %.

За кисневого механізму утворюються поліциклічні ароматичні вуглеводні (C_xH_y), оксиди сірки (SO_2 , SO_3), оксиди домішок палива, сірководень (H_2S), вільна сірка (S_2), вільні радикали сірки (SO , S , SH), сажа (C) і кіптява.

Комбінований механізм утворення небезпечних викидів є поєднанням температурного і кисневого механізмів.

Як правило, в реальних умовах жоден з вищевказаних механізмів утворення шкідливих забруднювачів атмосферного повітря в чистому вигляді не спостерігається. Розглянуті механізми реалізуються одночасно з переважанням того чи іншого механізму в різних місцевих зонах обсягу горіння. Сьогодні при використанні існуючих технологій підготовки повітря і палива до спалювання оптимізація процесу горіння досягла своєї межі, що, в свою чергу, унеможлиблює зміну механізмів утворення небезпечних викидів, а отже, подальше зниження забруднення повітряного басейну.

1.3 Зелені інновації: як технології допоможуть впоратися зі зміною клімату

За кілька десятиліть «зелена» енергетика з дорогої, неефективної і нестабільної іграшки перетворилася на повноцінну галузь, здатну конкурувати на цьому ринку з нафтовими і вугільними електростанціями. Весною 2019 року аналітики REN21 (центр з проблем відновлюваної енергетики під егідою Програми ООН з навколишнього середовища) відзначили, що собівартість енергії від нових сонячних установок досягає зараз в середньому \$ 85 за 1 МВт · год, тоді як для електростанцій на викопному паливі показник досягає від \$ 49 до \$ 174 за 1 МВт · год в різних країнах.

Вартість установки і обслуговування сонячної батареї за останні десять років впала на 80%. Без впровадження інноваційних технологій досягти цього

Инд. № годл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						14

було б просто неможливо, пише журнал TIME в редакційній колонці «Які нам потрібні інновації, якщо ми збираємося пережити зміну клімату».

Прогрес останніх років в «зеленій» енергетиці, запевняють автори колонки, був би неможливий без поєднання винахідливості вчених, щедрого фінансування розробок і політичної волі. TIME виділяє два основні напрями того, куди далі можуть піти інновації в енергетичній галузі для досягнення стійкого, екологічно безпечного розвитку світової економіки[3].

1) Удосконалення сонячних і вітрових установок

В одних тільки США технологічні інновації дозволили цим двом видам «зеленої» енергетики подвоїти свою частку в обсязі всього генерується в країні електрики з 9% в 2008 році до 17% в 2018-м. Вже зараз ми бачимо поступове впровадження в галузі нових технологій, які в найближчі роки забезпечать їй подальше зростання.

Наприклад, у випадку з вітряками, мова йде про застосування штучного інтелекту і про більш точний прогноз погоди і напрямку вітру. Для сонячних батарей розробляються технології, що дозволяють отримувати набагато більше енергії з кожного квадратного сантиметра панелі.

2) Розвиток електромереж

Можна скільки завгодно мріяти про повний перехід на енергію сонця і вітру, але в похмурі безвітряні дні користі від неї буде небагато. Якщо, звичайно, не мати потужної накопичувальної системи і високорозвиненою електромережі, споруда Енергоміст (потужних силових кабелів) між регіональними мережами. Існує безліч інноваційних методів того, як поліпшити процес накопичення енергії. І це не тільки вдосконалення літійноінних акумуляторів, з'єднаних з вітряками і батареями. У 2018 році швейцарський стартап Enegy Vault представив систему довготривалого зберігання енергії у вигляді 200-метрової цегляної вежі з автоматичними кранами на вершині. Піднімаючи цеглини, збираючи при цьому вежу, крани забирають «зайву» енергію з електромережі, а розбираючи вежу і «кидаючи» блоки на землю,

Підп. і дата	
Инв.№зубл.	
Взаим.инв.№	
Підп. і дата	
Инв.№подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

15

вивільняють кінетичну енергію, яка перетворюється в електрику і йде назад в мережу. У 2019 Energy Vault залучив \$ 110 млн інвестицій від концерну SoftBank.

1.3.1 Галузь відновлюваної енергетики по всьому світу

За підсумками 2018 року в галузі відновлюваної енергетики по всьому світу були зайняті майже 11 млн осіб. Найбільше робочих місць (близько 3,6 млн) створено в сегменті сонячної енергетики, друге місце з 2 млн співробітників ділять біоенергетика (використовує біологічне паливо з рослинної або тваринної сировини) і гідроенергетика. Найбільшим же роботодавцем з усіх країн є Китай з 4 млн співробітників, слідом з 1,1 млн зайнятих йде Бразилія.

Як за кількістю працівників галузі, так і по потужності електростанцій відновлювальна енергетика переживає зараз стабільний помірне зростання, пишуть аналітики REN21 в огляді «Статус глобальної галузі відновлюваної енергетики – 2019». За весь 2018 рік сукупна потужність установок поновлюваної енергетики збільшилася на 181 ГВт, або на 8 % – до 2,4 тис. ГВт. Половина приросту припала на сонячну енергетику. А у 2019 та 2020 роках розглянемо на рис. 1.1

Инва. № годл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инва. № годл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

16

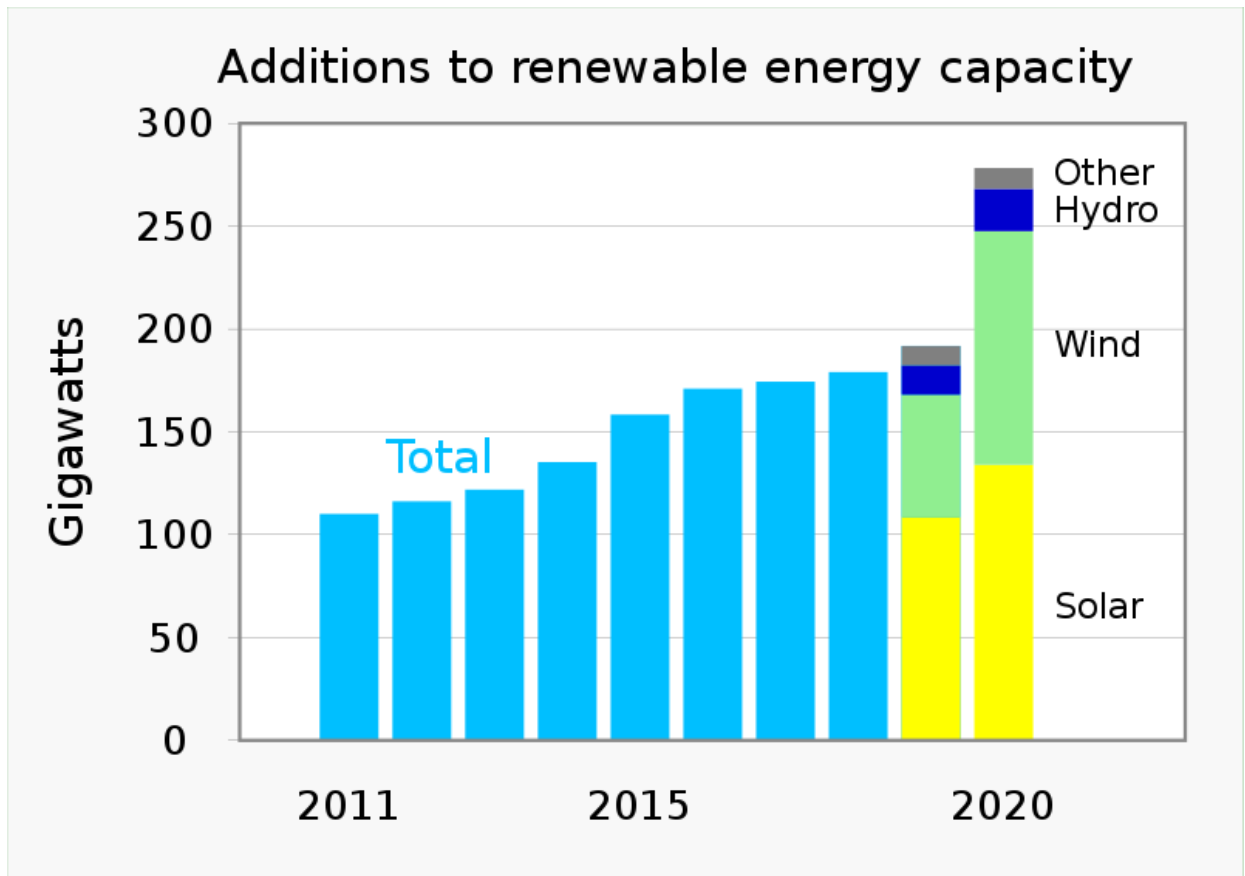


Рисунок 1.1 – Графік збільшення потужності відновлюваної енергетики в 2020 році більш ніж на 45% у порівнянні з 2019 року, у тому числі зростання світової потужності вітру на 90% (зелений колір) та розширення нових сонячних фотоелектричних установок (жовтий) на 23%.

REN21 – аналітичний центр, що займається проблемами відновлюваної енергетики під егідою Програми ООН з навколишнього середовища. Організація існує вже 15 років, щорічно публікуючи звіт про стан галузі. У документі аналітики REN21 виділили десять основних тенденцій на світовому ринку відновлюваної енергетики[4].

1) Закріплення провідної ролі

За 15 років «зелена» енергетика по всьому світу перетворилася в мейнстрімовий, магістральний шлях розвитку галузі. До кінця 2018 року 26% світового електрики відбувалося з поновлюваних джерел, а темпи зростання

Підп. і дата	
Инв.№зубл.	
Взаим.инв.№	
Підп. і дата	
Инв.№подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

потужності таких електростанцій перевищують такі у АЕС і станцій на викопному паливі вже четвертий рік поспіль.

2) Зростання ефективності витрат

З кожним роком «зелена» енергетика, яка раніше була дорогою і безглуздою, стає все більш конкурентоспроможною. Наприклад, вартість модуля сонячної батареї з 2010 року впала на 90%, що зробило в багатьох країнах світу сонячні електростанції більш рентабельними, ніж нафтові і вугільні.

У 2018 році середньозважені витрати на вироблення енергії новими сонячними установками склали \$ 85 за 1 МВт · год. Це на 13% нижче за показник 2017 року. Для електростанцій на викопному паливі показник становить від \$ 49 до \$ 174 за 1 МВт · год в різних країнах. Це призводить до того, що в деяких місцях навіть вигідніше поставити сонячну батарею або вітрову установку, ніж продовжувати підтримувати роботу електростанції на газі.

3) Розширення держпрограм

Майже у всіх країнах (точніше, в 162) на урядовому рівні так чи інакше позначені цілі і завдання з розвитку відновлюваної енергетики. Все це – частина єдиного процесу: здешевлення «зеленої» енергії робить її більш доступною, а значить, більш поширеною, що вже вимагає державного регулювання. У 2018 року кількість країн, які ввели або оголосили про намір ввести подібні правила, продовжило рости. Але єдина поки країна, яка чітко націлена перейти на 100% енергії з відновлюваних джерел, – це Данія.

4) Країни, що розвиваються як новий ринок

Розподілені системи енергопостачання продовжують відігравати важливу роль в підключенні віддалених і бідних районів до електрики. На невеликі автономні сонячні батареї як джерело електроенергії покладаються 5% населення Африки і 2% жителів Азії. Завдяки розвитку таких систем за 2017 рік 122 млн осіб вперше отримали доступ до електрики, але через брак інвестицій темпи проникнення електроенергетики в 2018 році знизилися.

Підп. і дата	
Інв. № з'їздл.	
Взаим. инв. №	
Підп. і дата	
Інв. № годл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

18

5) Регіональні ініціативи

Крім державних програм окремі провінції в різних країнах самі стають двигунами «зеленої» енергетики, вводячи регіональні програми підтримки. Нерідко трапляється, що саме місцева влада ставлять перед собою більш амбітні завдання, ніж уряд країни. Наприклад, у вересні 2018 року на саміті в Сан-Франциско близько 4 тис. Бізнесменів, глав міст і провінцій з усього світу закликали свої уряди активніше боротися зі зміною клімату. Подібне тиск знизу буде лише наростати.

Крім того, в червні 2018 року цікавий експеримент з переходом на «зелену» енергетику провели в КНР. Більш ніж на тиждень, з 20 по 28 червня, всі будинки і підприємства в провінції Цинхай були тимчасово переведені на енергію води, вітру і сонця. Правда, варто відзначити, що це малонаселена і гориста провінція з 6 млн жителів, що для Китаю порівняно мало.

Всього до кінця 2018 року біля ста міст по всьому світу на 70% і більше поклалися на енергію з поновлюваних джерел. Крім муніципальних властей «ініціатива знизу» має й інший вимір - зростання числа так званих просьюмер, тобто споживачів - виробників енергії. Це компанії і люди, що покладаються на власні джерела електрики, наприклад автономні сонячні батареї.

б) Роль приватного сектора

Закупівельна та інвестиційна діяльність компаній робить їх ключовими гравцями ринку відновлюваної енергетики. Ще п'ять років тому великі компанії з усього світу створили RE100 – свого роду клуб, члени якого зобов'язуються в перспективі повністю перейти на енергію з поновлюваних джерел. До початку 2018 року в програмі брало участь 130 компаній, до початку 2019 року – вже 175.

З іншого боку, тиск з боку суспільства і акціонерів змушують навіть учасників ринку традиційної енергетики інвестувати в нові технології. Багато операторів електростанцій відмовляються від використання вугілля, і тренд цей в 2018 році продовжилося.

Підп. і дата
Инв.№вудл.
Взаим.инв.№
Підп. і дата
Инв.№подл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

19

7) Зниження інвестицій

У 2018 року загальносвітовий обсяг вкладень в «зелену» енергетику склав \$ 289 млрд, що на 11% нижче, ніж в 2017 році. Аналітики REN21 вважають, що пов'язано це не з будь-яким кризою або втратою інтересу, а саме з дешевизною продукту. З кожним роком можна ставити вітряки та батареї більшої потужності за менші гроші.

Драйвером зниження інвестицій став Китай, який залишається поки світовим лідером за обсягом вкладень (на нього в 2018 році довелося 32% всіх інвестицій галузі). У деяких країнах, що розвиваються ставлення таких інвестицій до обсягу ВВП вийшло на рівень країн Заходу: наприклад, в Марокко, Джибуті та Палау.

8) Важливість непрямих чинників підтримки

Багато тенденції в політиці і бізнесі, безпосередньо не пов'язані з «зеленою» енергетикою, вносять свій вклад в її розвиток. Наприклад, це програми по впровадженню електромобілів, заборона на двигуни внутрішнього згоряння, нові технології в системі опалення. Саміт в Сан-Франциско, про який говорилося вище, також відноситься до подібних факторів, оскільки спочатку він скликався для обговорення зміни клімату, але його резолюції в кінцевому підсумку мають вплив на ринок відновлюваної енергетики.

9) Недостатність поточних заходів

Нинішніх темпів розвитку сектора відновлюваної енергетики поки недостатньо, щоб в потрібний термін виконати багато з міжнародних угод і зобов'язань в галузі екології. Наприклад, це програма ООН SDG7 по збільшенню енергоефективності та доступності електрики до 2030 року. Потрібно докласти більше зусиль, щоб не відстати від графіка.

10) Зростання попиту на енергію

У 2018 року загальносвітовий попит на енергію збільшився на 2,3%, що стало максимальним показником за десять років. Причиною автори доповіді REN21 називають впевнене зростання світової економіки (на 3,7% за рік), а

Підп. і дата
Инв.№зубл.
Взаим.инв.№
Підп. і дата
Инв.№подл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

20

також спекотне літо і холодну зиму в деяких районах планети, що потребувало додаткових витрат енергії на охолодження і опалення відповідно.

Зростання використання енергії з відновлюваних джерел випереджає попит на енергію в цілому, правда, трохи. З 2006 по 2016 рік в середньому ця частка росла на 0,8% в рік. Є шанс переломити тенденцію, враховуючи, що з 2015 року обсяг нововведених потужностей «зеленої» енергетики стабільно перевищує обсяг нових потужностей традиційних джерел.

Ще один фактор, який не можна не враховувати: видобувна галузь, будучи основним конкурентом «зеленої» енергетики, привертає поки у багато разів більше інвестицій. У 2016–2018 роках вкладення в неї досягли \$ 1,9 трлн. Крім того, прийнятні ціни на викопне паливо для вироблення енергії ще довго будуть підтримувати попит на нього на шкоду розвитку відновлюваної енергетики.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инв. №зубл.	Подп. и дата						Арк.
					ТС 18510269					21
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 2 ЕКОЛОГОЗООРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА МІСЦЯХ

2.1 Способи генерації сонячної енергії та технічні аспекти

Електрика та інші види енергії можуть бути отримані безпосередньо від сонця, навіть у хмарну погоду. Сонячна енергія може генеруватися двома основними способами:

Фотогальванічні (PV) або сонячні елементи – це напівпровідникові пристрої, які перетворюють сонячне світло безпосередньо в електрику. Сучасні сонячні елементи, ймовірно, являють собою зображення, яке дізнається більшість людей – вони розміщені на панелях, встановлених на полях, в будинках і в калькуляторах. Сьогодні сонячні фотоелектричні системи є однією з найбільш швидкозростаючих технологій використання поновлюваних джерел енергії і готові зіграти важливу роль в майбутньому глобальному виробництві електроенергії. Сонячні фотоелектричні установки можна комбінувати для забезпечення електроенергією в промислових масштабах або розташовувати в невеликих змінах для міні-мереж або для особистого використання. Використання сонячної фотоелектричної енергії для харчування міні-мереж є ефективним способом забезпечення доступу до електроенергії людям, які не живуть поблизу ліній електропередач. Вартість виробництва сонячних панелей різко впала за останнє десятиліття, зробивши їх не тільки доступними, а й часто найдешевшими видами електроенергії. Термін служби сонячних батарей становить близько 30 років, в залежності від типу матеріалу, що використовується у виробництві [5].

Системи концентрованої сонячної енергії (CSP), використовують дзеркала для концентрації сонячних променів. Ці промені нагрівають рідину, яка створює пар для приводу турбіни і вироблення електроенергії. Технологія CSP

Підп. і дата	
Инв.№'вудл.	
Взаим.инв.№	
Підп. і дата	
Инв.№'подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

22

використовується для вироблення електроенергії на великих електростанціях. Такі електростанції зазвичай мають поле дзеркал, яке перенаправляє промені на високу тонку вежу. Одним з основних переваг CSP електростанції перед сонячною фотоелектричною станцією є те, що вона може бути доповняється ємностями з розплавленими солями, в яких може зберігатися тепло, що дозволяє генерувати електрику після заходу сонця.

Детально розглянемо фотоелектричний ефект:

Фотоелектричний ефект (фотоефект) був відкритий французьким вченим А.Е. Беккерелем в 1839 році і заснований на здатності струмопровідних матеріалів випускати електрони під дією електромагнітного випромінювання, в тому числі і світла. Три основних закони фотоефекту можна сформулювати наступним чином[6]:

1) Сила фотоструму прямо пропорційна щільності електромагнітного випромінювання.

2) Максимальна кінетична енергія вириваються світлом електронів лінійно зростає з частотою електромагнітного випромінювання і не залежить від його інтенсивності.

3) Для кожної речовини при певному стані його поверхні існує гранична частота електромагнітного випромінювання, нижче якої фотоефект не спостерігається. Ця частота і відповідна довжина хвилі називаються червоною кордоном фотоефекту.

Фотоефект проявляється в фотоелектричній системі, безпосередньо перетворюючої сонячну енергію в електрику. Для роботи фотоелектричної системи необхідний денне світло. Фотоелектричні системи не повинні обов'язково перебувати під прямими сонячними променями, так що навіть в похмурі дні фотоелектричні панелі можуть виробляти невелику кількість енергії.

Найпростіша конструкція фотоелектричного або сонячного елемента (СЕ) – приладу для перетворення енергії сонячного випромінювання - на основі монокристалічного кремнію показана на рис. 2.1.

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						23

На малій глибині від поверхні кремнієвої пластини р-типу сформований р-n-перехід з тонким металевим контактом; на тильну сторону пластини завдано суцільний металевий контакт.

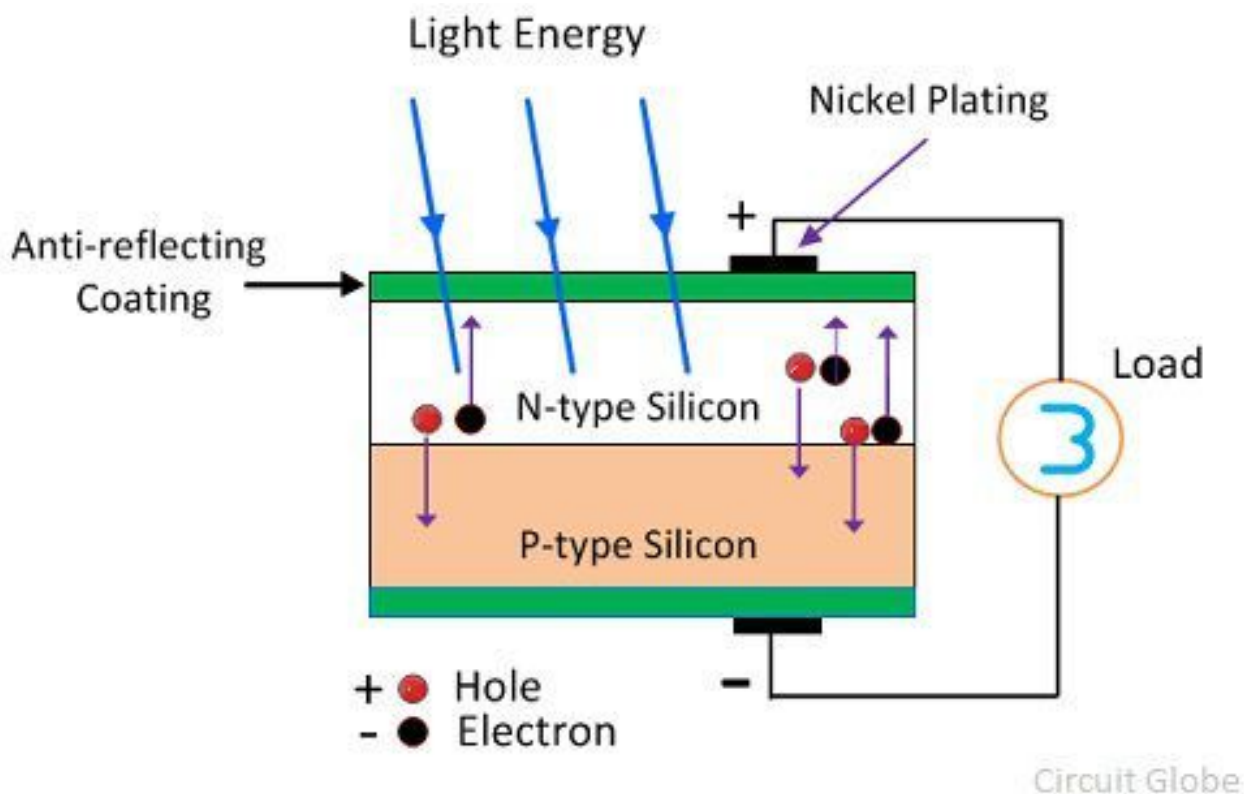


Рисунок 2.1– Конструкція фотоелектричного елемента

Нехай р-n-перехід розташований поблизу від освітлюваної поверхні напівпровідника. При використанні сонячного елемента в якості джерела електроенергії до його висновків повинно бути приєднано опір навантаження R_n . Розглянемо спочатку два крайніх випадки: $R_n = 0$ (режим короткого замикання) і $R_n = \infty$ (режим холостого ходу). Зонні діаграми для цих режимів зображені на рис. 2.2 а, б [6].

У першому випадку зонна діаграма освітленого р-n-переходу не відрізняється від зонної діаграми при термодинамічній рівновазі (без освітлення і без прикладеної напруги зсуву), оскільки зовнішнє закорочування забезпечує нульову різниця потенціалів між n- і р-областями. Однак через р-n-перехід і зовнішній провідник тече струм, викликаний фотогенерація

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Ивв.№зубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТС 18510269

Арк.

24

електронно-доручених пар в р-області. Фотоелектрони, що утворилися в безпосередній близькості від області об'ємного заряду, захоплюються електричним полем р-п-переходу і потрапляють в п-область.

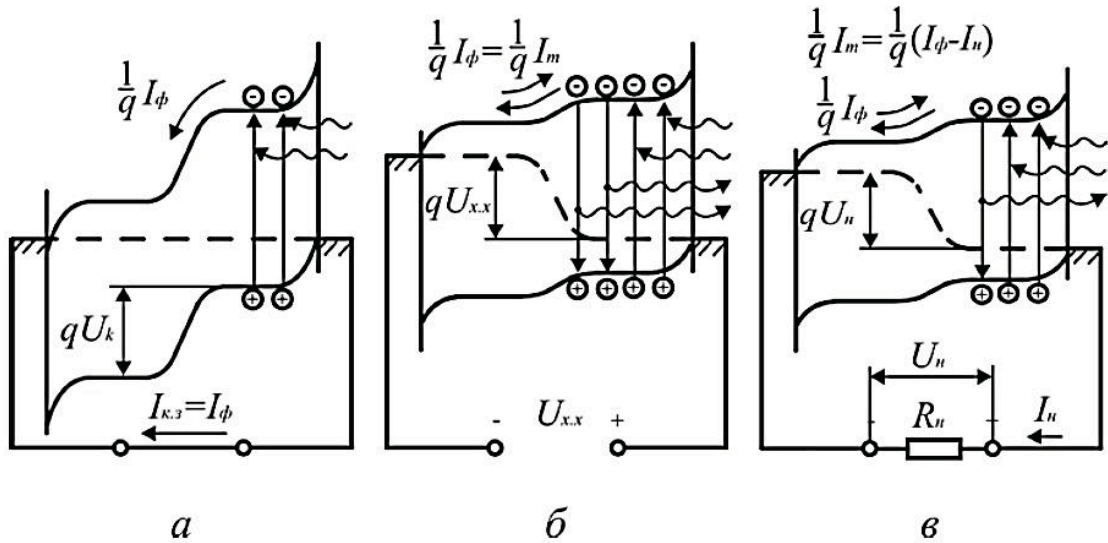


Рисунок 2.2 – Зонні енергетичні діаграми р-п-переходу при освітленні в різних режимах: а – короткого замикання; б – холостого ходу; в – включення на опір навантаження

Решта електрони дифундують до р-п-переходу, намагаючись заповнити їх спад, і в підсумку також потрапляють в п-область. В п-області виникає спрямований рух електронів до заднього металевого контакту, перетікання в зовнішній ланцюг і в контакт з р-областю. На кордоні контакту з р-областю відбувається рекомбінація підійшли сюди електронів з фотогенерованих дірками.

При розімкненому зовнішньому ланцюзі р-п-переходу (рис. 2.2 б) фотоелектрони, потрапляючи в п-область, накопичуються в ній і заряджають її негативно. Що залишилися в р-області надлишкові дірки заряджають р-область позитивно. Виникає таким чином різниця потенціалів є напругою холостого ходу (U_{xx}), полярність якого відповідає прямому зсуву р-п-переходу.

Потік генерованих світлом носіїв утворює фототок (I_{ϕ}). Величина його дорівнює числу фотогенерованих носіїв, які пройшли через р-п-перехід в одиницю часу. При нульових внутрішніх омических втрати в сонячному

Підп. і дата
Инв. № докл.
Взаим. инв. №
Підп. і дата
Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

елементі режим короткого замикання (рис. 2.2 а) еквівалентний нульового напрузі зміщення р-п-переходу, тому струм короткого замикання ($I_{кз}$) дорівнює фотострумів (I_{ϕ}). У режимі холостого ходу (рис. 2.2 б) фототок врівноважується «темновим» струмом (I_T) - прямим струмом через р-п-перехід, що виникають при напрузі зсуву ($U_{хх}$). «Темновой» ток супроводжується рекомбінацією неосновних носіїв струму (в даному випадку електронів в р-області). При рекомбінаціях потенційна енергія електронно-дироч-них пар виділяється або випромінюванням фотонів з $h\nu \approx E_g$, або витрачається на нагрівання кристалічної решітки (рис. 2.2 б). Таким чином, режим холостого ходу сонячного елемента еквівалентний режиму роботи світлодіодів, а також випрямних діодів в пропускну напрямку.

Якщо до р-п-переходу підключити варійоване опір навантаження (рис. 2.2 в), то напрям струму в ній завжди збігається з напрямком фотоструму (I_{ϕ}), а сам струм навантаження (I_H) дорівнює результуючому току через р-п-перехід. Навантажувальну вольтамперних характеристику (ВАХ) освітленого р-п-переходу (рис. 2.3) можна записати як [6]:

$$U_H = \left(\frac{kT}{q} \right) \ln \left(\frac{I_{\phi} - I_H}{I_0} + 1 \right), \quad (1.1)$$

де U_H - напруга на навантаженні, що дорівнює напрузі на р-п-переході, В; I_H - струм навантаження, А; I_0 - струм насичення, А; I_{ϕ} - фотострум, А; k - постійна Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К; T - абсолютна температура, К; q - величина заряду електрона.

Максимальна потужність відбирається в тому випадку, коли сонячний елемент знаходиться в режимі, зазначеному точкою а на рис. 2.3

Підп. и дата
Инв. № дубл.
Взаим. инв. №
Підп. и дата
Инв. № годл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						26

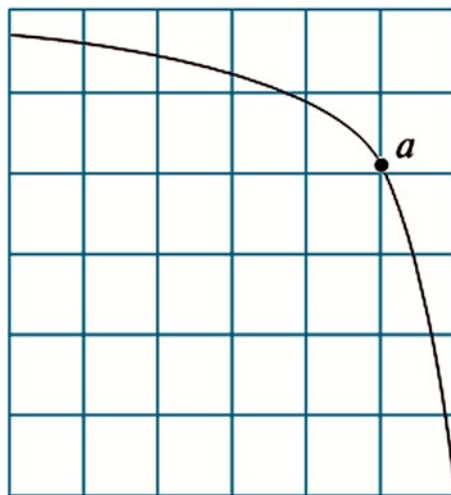


Рисунок 2.3 – Вольт-амперна характеристика сонячного елемента

Максимальна потужність, що знімається з одиниці площі сонячного елемента, обчислюється за формулою [6]:

$$P_{\max} = U_{\text{тмм}} \cdot I_{\text{тмм}} = FF \cdot I_{\text{кз}} \cdot U_{\text{хх}}, \quad (1.2)$$

де $U_{\text{тмм}}$ – напруга в точці максимальної потужності (точка a , рис. 2.3), В; $I_{\text{тмм}}$ – струм в точці максимальної потужності (точка a , рис. 2.1.3), А; FF – коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики; $I_{\text{кз}}$ – струм короткого замикання, А; $U_{\text{хх}}$ – напруга холостого ходу, В.

2.2 Огляд етапів реалізації проєктів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики

Україна робить все для розвитку в використанні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та альтернативних видів палива у рамках своєї більш обширної стратегії щодо зменшення необхідності в традиційних викопних видах палив. Рахуючи, виявилось, що наша країна має потенціал, для того щоб до 2030 року підняти споживання відновлюваної енергії в десять раз, а також на 15% зменшити використання природного газу.

Варто зауважити, що географічне положення та клімат України зручні для будівництва СЕС та розвитку сонячної енергетики. Навіть північні області

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Подп. и дата
Инва.№зудл.	Подп. и дата
Инва.№зудл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

27

України мають великий потенціал для розвитку цієї галузі, який не поступається багатом європейським регіонам.

Зараз, розвиток сонячної енергетики, в нашій країні, знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років назад. Але ми маємо одну з самих привабливих інвестиційних структур в Європі для розвитку цієї галузі. Авжеж, тут були створені зручні умови: пільговий тариф, наявність земельних ділянок та ресурсів, підтримка від держави та цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті чого, зацікавленість до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, та, за оцінками уряду, до 2022 року обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягне 18 мільярдів доларів США[8].

Та хоч сектор ВДЕ ще малий, якщо рівняти з іншими типами генерації в Україні, але в той же час показує постійне зростання, роблячи нашу країну лідером цієї галузі. З 2014-го та аж до кінця 2017 року обсяг ВДЕ зріс з 967 до 1375 МВт, і до кінця 1-го кварталу 2018 року – до 1534 МВт (рис. 2.4). Який вид ВДЕ переважає в тій чи іншій області та як розподіляються відновлювані джерела енергії за регіонами можна побачити на рис. 2.5.

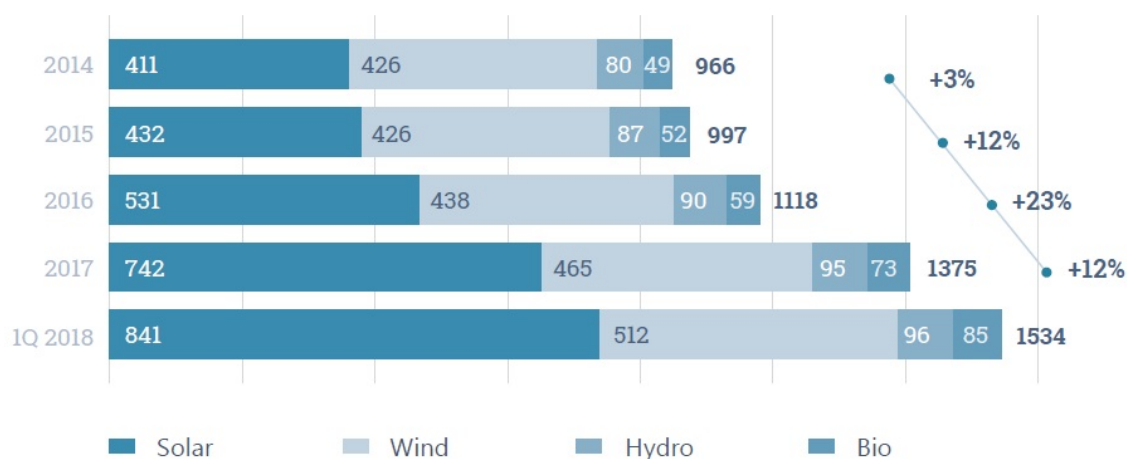


Рисунок 2.4 – Зростання ВДЕ за 2014 – I квартал 2018 рр. Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

Подп. и дата
Инв. № докл.
Взаим. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

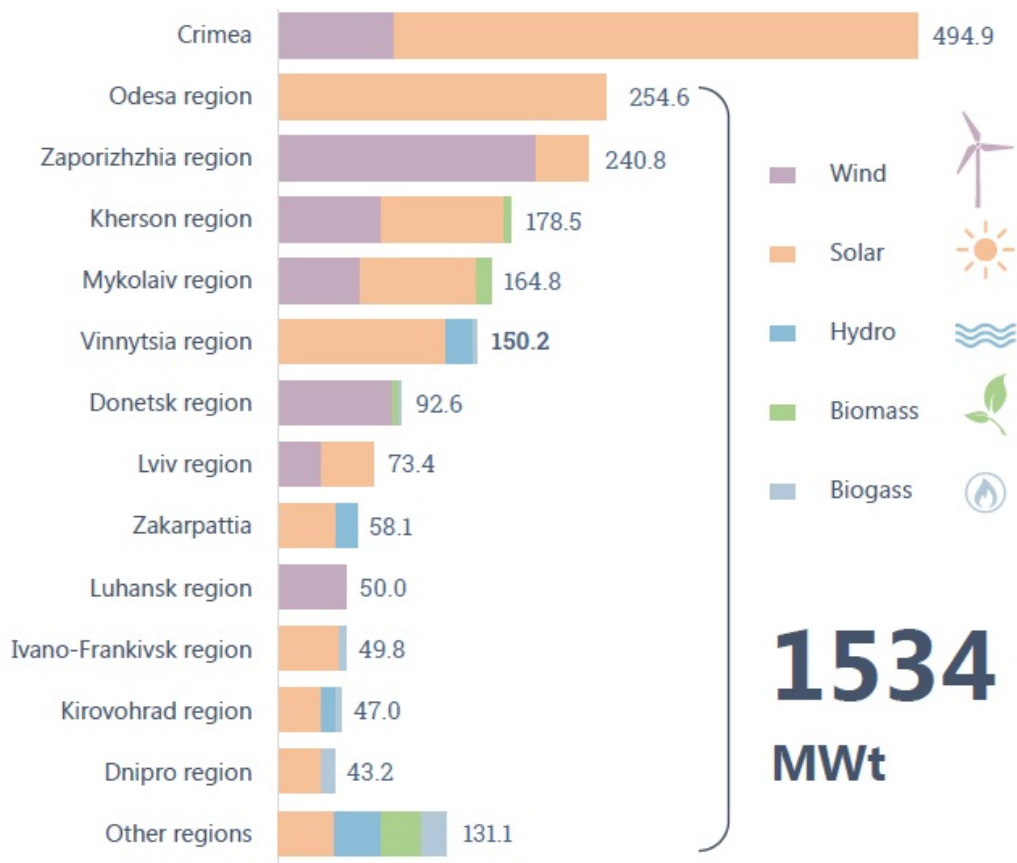


Рисунок 2.5 – Виробництво ВДЕ по регіонах станом на I квартал 2018 року. Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

Оскільки в Україні сонячна енергія – є популярним ВДЕ, можна побачити, що регіональний розподіл встановлених об’єктів ВДЕ корелює з рівнем інсоляції. Велика увага приділяється регіонам із найвищою сонячною активністю, це можна побачити на карті нижче (рис. 2.6):

Підп. і дата									
Инів.№зубл.									
Взаим.инв.№									
Підп. і дата									
Инів.№подл.									
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269				Арк.
									29

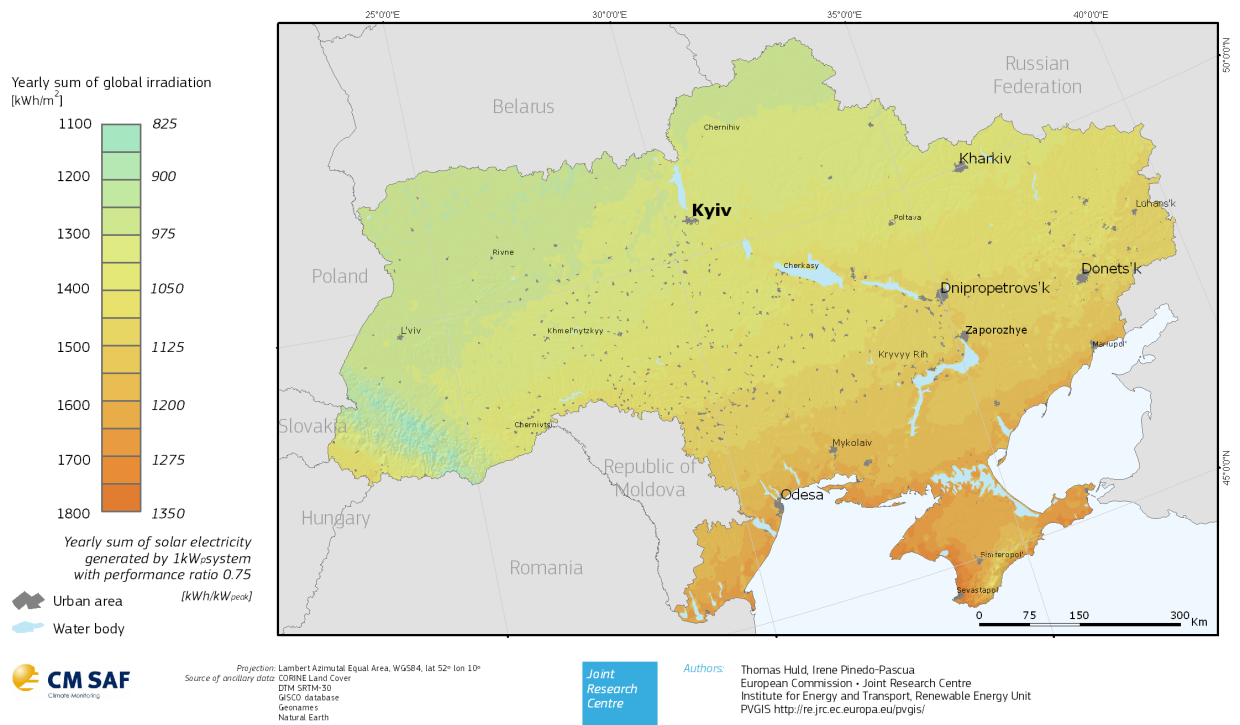


Рисунок 2.6 – Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні.
 Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

Люди, які планують інвестувати в сонячну електростанцію завжди задають питання про продуктивність сонячних батарей. Кількість електроенергії, яку виготовляють за допомогою сонячного модуля, також залежить від географічного розташування сонячної електростанції. Адже при інших рівних умовах кількість виготовленої електроенергії буде так само пропорційна кількості енергії сонячних випромінювань, що досягає поверхні землі в місці розміщення електростанції [8].

Сонячна енергія являється одним з екологічно сталих ресурсів для виготовлення електроенергії, що використовує фотоелектричні (PV) системи — сонячних електростанцій. Сонячне випромінювання є основними вихідними даними, що використовуються в процесі планування. Фотоелектрична географічна інформаційна система (PVGIS) Інституту енергетики і транспорту (ІЕТ) Об'єднаного дослідницького інституту (JRS) при Європейській комісії (ЕС) розробила базу даних про сонячні радіації. Модель оцінює

Підп. і дата									
Инів.№зубл.									
Взаим.инв.№									
Підп. і дата									
Инів.№подл.									
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269				Арк.
									30

дифузні, променеві та відбиті складові випромінювання за умов ясної погоди і для реальних умов глобальної освітленості на нахилених або горизонтальних поверхнях.

Підсумком проведеного моделювання є частково публіковані карти сонячного електричного потенціалу, якими можуть користуватись всі бажаючі. PVGIS публікує цю інформацію детально. Вище ми можемо побачити візуалізацію більш актуальних даних по сонячному потенціалу в нашій країні та країнах Європи. Інформація була оновлена 21 вересня 2020 року. На даній карті показаний розподіл глобального сонячного опромінення та сонячний електричний потенціал на території України для випадку орієнтації сонячних модулів на південь при оптимальному куті нахилу по відношенню до поверхні землі (максимально перпендикулярний кут падіння сонячних променів на поверхню сонячної батареї). Для порівняння пропонуємо вашій увазі також карту сонячного потенціалу для Європи (рис. 2.7):

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №	Инв. №зубл.	Подп. и дата						Арк.
										31
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269					

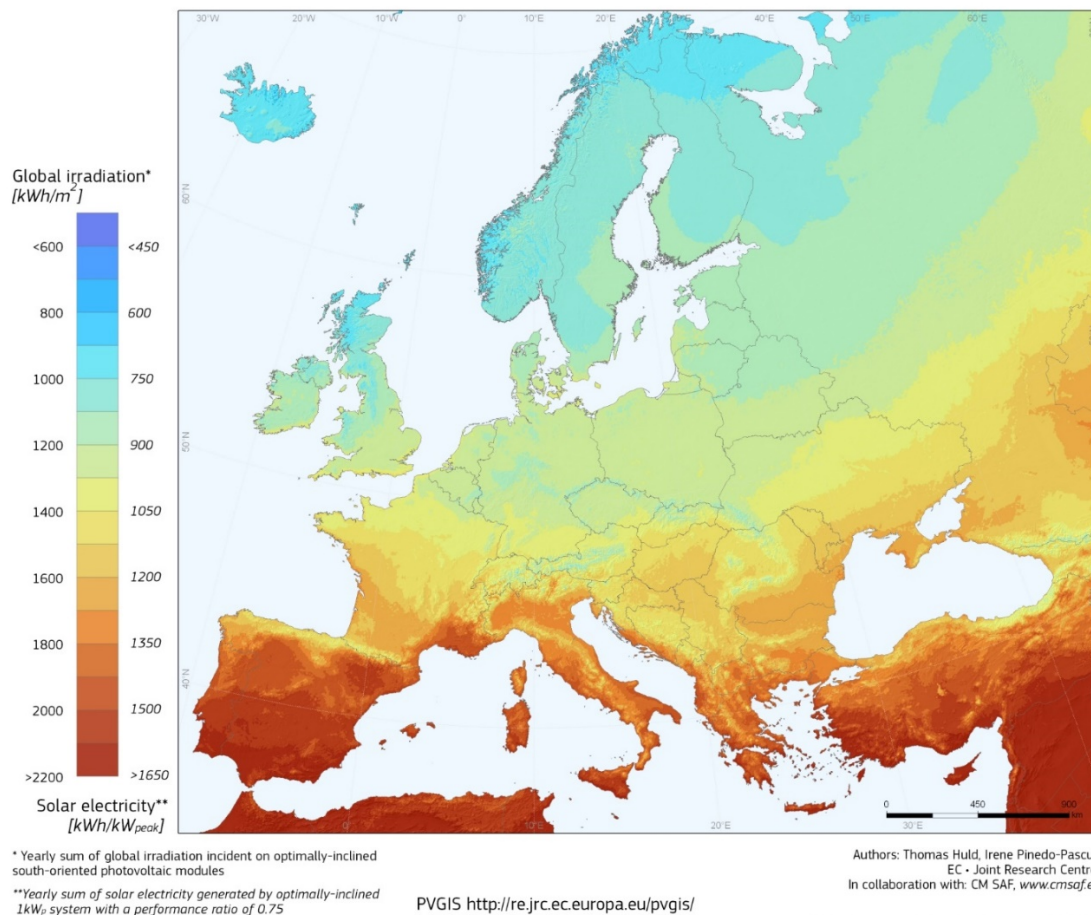


Рисунок 2.7 – Карта сонячного потенціалу для Європи

Згідно з прогнозами, до 2022 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.

– транспортні можливості. Всі знають та навіть бачили на дорогах мегаполісів нашої країни чимало сучасних електромобілів, але мало хто знає, що в європейських країнах фотоелементи розміщуються на дахах потягів і забезпечують їх електроенергією під час роботи. У перспективі цю технологію можна застосовувати і на водних та повітряних суднах.

Підп. і дата
Инв.№ докл.
Взаим инв.№
Підп. і дата
Инв.№ подл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТС 18510269

Арк.

32

– термальна енергетика – спосіб перетворення енергії сонця за допомогою нагрівання води в ємностях із матеріалів, які добре проводять тепло.

Загалом, сонячна енергетика буде нарощувати потужності в Україні, тому що:

- є зацікавленість зарубіжних інвесторів;
- у країні багато регіонів, де обладнання для СЕС працює максимально ефективно;
- після разового вкладення коштів гарантовано тривале отримання прибутку.

2.3 Екологічні аспекти реалізації проєктів із впровадження сонячної енергетики

Сонячна енергія, не створює викидів, які шкідливі для здоров'я людини і навколишнього середовища. Проте, сонячні електростанції також створюють реальні екологічні проблеми, включаючи деградацію середовища існування і шкоду для дикої природи [9].

Були оглядово проаналізовані публікації із БД Scopus, що стосуються сонячної енергетики [10-13], перетворення сонячної енергії [14-16], пристроїв для перетворення даного виду енергії та інше [17-19].

Сформовано за даними БД Scopus з використанням програмного забезпечення VOSviewer кластери за предметом дослідження (рис. 2.8):

1) кластер (червоний) охоплює екологічну проблематику споживання сонячної енергетики, ефективність застосування сонячних панелей;

2) кластер (зелений) охоплює вивчення регіону, можливості використання великих площ землі під електростанції. Розглядаються проблеми роботи електростанцій, а саме те, що електростанція не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. Також вивчається склад атмосфери, динаміка зміни концентрацій ЗР в атмосфері;

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						33

3) кластер (блакитний) розглядає саме спостереження за Сонцем, за подіями, що відбуваються на ньому: це і спалахи, і сонячний вітер, і потоки енергії. Також розглядається кошторис сонячної енергетики, а саме висока ціна сонячних фотоелементів.

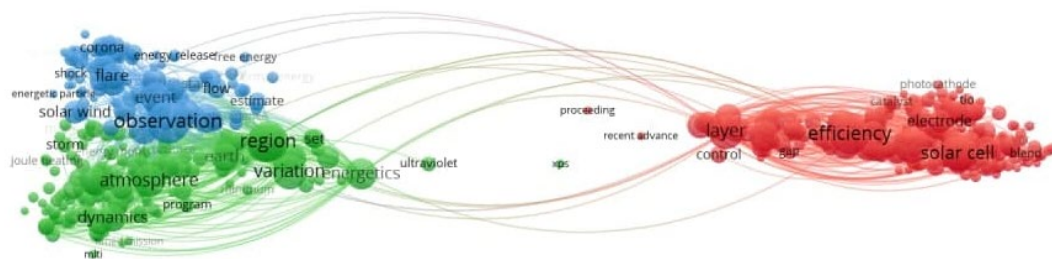


Рисунок 2.8 – Загальна мережева візуалізація: 3 кластерів, 338 links, 113830 total link strength (з використанням БД Scopus)

Рис. 2.9 показує частоту зустрічальності термінів у публікаціях. Відображені дані свідчать про високий рівень інтересу до теми сонячної енергетики та її впливу на довкілля вже починаючи з 2009–2012 рр.

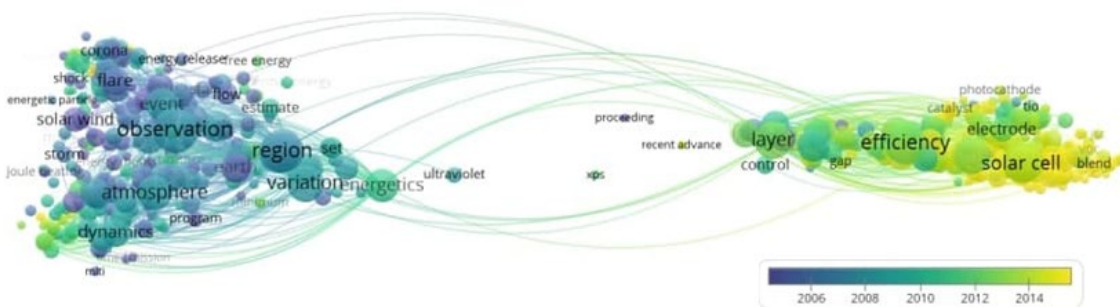


Рисунок 2.9 – Накладна візуалізація, де одиниця виміру є час з моменту публікації (з використанням БД Scopus)

На рисунку сформовано блок-схему чинників впливу сонячної енергетики на екосистемні компоненти. Розглянемо декілька аспектів детальніше.

Попн. и дата
Инв.№вудл.
Взаим инв.№
Попн. и дата
Инв.№подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						34

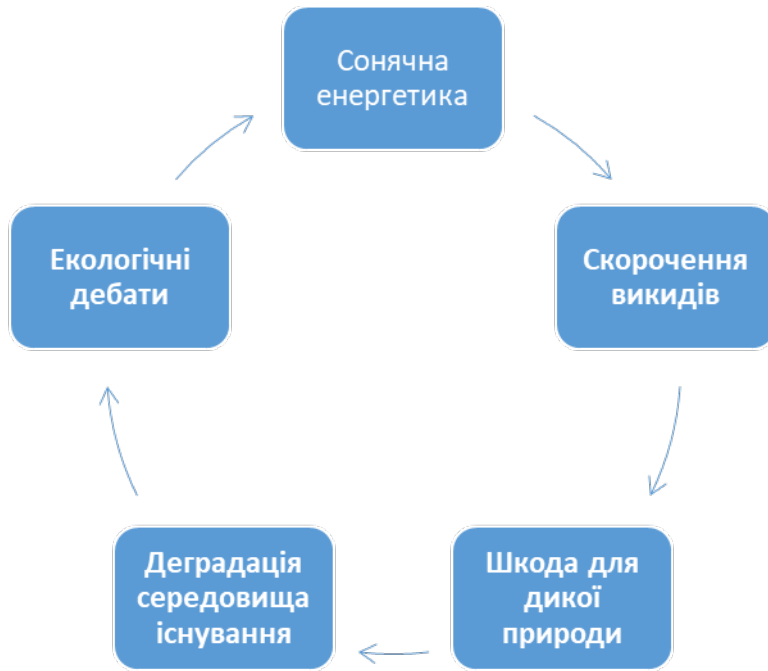


Рисунок 2.10 - Чинники впливу сонячної енергетики на екосистемні компоненти

Скорочення викидів. Майже 70 відсотків електроенергії в США припадало на викопні види палива, такі як вугілля, природний газ і нафту з 2010 року. Спалювання цих речовин призводить до викидів хімічних речовин в атмосферу, включаючи парникові гази, які впливають на зміну клімату, і токсичні хімічні речовини, такі як ртуть і миш'як. Навпаки, сонячна енергія практично нічого не виділяє, так як вона не використовує хімічне паливо. Оскільки електрику від сонячних електростанцій витісняє енергію з вугільних електростанцій, вони скорочують загальний викид хімічної продукції в навколишнє середовище.

Шкода для дикої природи. Для забезпечення значної кількості електричної енергії сонячні електростанції вимагають великих ділянок землі. Деякі місця, такі як штат Каліфорнія, мають пустелі з великою кількістю простору і сонячного світла, але ці райони також є природними місцями проживання, які підтримують дику природу. Наприклад, екологічні доповіді недооцінили число черепах пустелі, які будуть переміщені Сонячної генеруючої системою Іванапа в пустелі Мохаве в Каліфорнії. Ця ж сонячна електростанція також перебувала під

Підп. і дата	
Инв.№вудл.	
Взаим.инв.№	
Підп. і дата	
Инв.№подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510269

Арк.

35

пильним наглядом, коли на її території повідомлялося про зростання числа смертей птахів. Їхні крила були розплавлені або спалені теплом від дзеркал сонячної ферми.

Деградація середовища існування. Вплив, яке сонячні електростанції надають на окремі види, може торкнутися в кінцевому рахунку все екосистеми. Наприклад, такі тварини, як риє сови в пустелі Мохаве в Каліфорнії, покладаються на нори, вириті пустельними черепахами для притулку. Коли сонячні електростанції наносять шкоду або усувають види в певному середовищі проживання, вони також усувають цінні екосистемні чинники, які вони забезпечують для довкілля. Навколишнє середовище стає менш придатною для рослин і дикої природи, адаптованих до її конкретних умов.

Екологічні дебати. Протиріччя навколо проектів сонячних електростанцій викликало поділ серед екологів. Розвиток відновлюваних джерел енергії та скорочення викидів парникових газів є важливими цілями для багатьох прихильників захисту навколишнього середовища, але також необхідно дотримуватися принципу збереження довкілля та видової різноманітності. Ці позиції пропонують обґрунтовані екологічні аргументи як на захист сонячних енергетичних станцій, так і проти них. Не може бути ідеальною відповіді на цю проблему, але важливо визнати обидві думки в дискусії, щоб знайти розумні рішення.

Инва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Инва.№вудл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						36

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Обслуговування фотоелектричної станції проходить за допомогою моніторингу – системи збору даних, яка представляє собою програмний засіб для відстеження змін в роботі енергетичної системи.

Моніторинг включає в себе кілька важливих параметрів оцінки життєдіяльності сонячної фотоелектростанції [20]:

1) Фотоелектричні модулі: Неефективні і несправні фотоелектричні модулі можуть стати причиною цілого ряду проблем, які впливають на продуктивність всієї системи. Якщо під час введення сонячної станції в експлуатацію навіть один модуль виявився несправний, загальна генеруюча потужність масиву буде істотно скорочена. З цього, при початковій інсталяції системи необхідно обов'язково перевіряти кожен модуль на працездатність.

2) Кріплення: Ослаблені або відсутні кріпильні деталі, неправильно встановлене обладнання і корозія можуть привести до механічного пошкодження окремих сонячних модулів або всієї системи.

3) Інвертори: Це основний силовий компонент кожної фотоелектричної станції, який має властивість накопичувати пил і страждати від перегріву. Інвертори перетворюють постійний струм, що виробляється фотоелектричними елементами, в змінний, який використовується в електромережі. Більшість інверторів, які розраховані на установку на відкритому повітрі, були розроблені, щоб витримувати всі види кліматичного впливу. Однак, необхідно регулярно перевіряти їх на предмет наявності пошкоджень і перегріву. Крім того, не варто забувати про регулярному чищенні фільтрів на інверторах, що дозволить уникнути перегріву. Це стосується всіх типів інверторів, в тому числі і зовнішньої установки, призначених навіть для найсуворіших кліматичних умов експлуатації.

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.	Подп. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						37

4) Електроізоляційні трубки: При пошкодженні електроізоляційних трубок знаходяться в них дроти виявляються уразливі до механічних пошкоджень. В кінцевому підсумку це може призвести до дуже дорогого і трудомісткого ремонту. Витрати на усунення несправностей, прокладку нових проводів і перевірку стиків навряд чи припадуть до душі власнику системи. Це саме ті "дрібниці", які суттєво впливають на втрати при генерації і експлуатації сонячної електростанції, а отже, на повернення інвестицій.

5) Заземлення: Замикання на землю є важливим елементом безпеки будь-якої електричної системи. Неякісне заземлення, відсутність ізоляції або недостатньо міцні контакти можуть викликати простої системи, зниження продуктивності або механічне пошкодження.

б) Ландшафтна планування: Розташування системи, її доступність для обслуговування і ремонту, відсутність затінення сонячних панелей від з'являючих перешкод сонячного світла – все це впливає на оптимізацію роботи сонячної фотоелектричної станції. Збереження доступу до ключових елементів системи, запобігання затінення і усунення ерозії є критично важливими елементами при оптимізації її роботи і профілактичне обслуговування.

Необхідно постійно підтримувати чистоту сонячних батарей і інших елементів системи, а також оперативно позбуватися від сміття. Подібні профілактичні роботи повинні проводитися, як мінімум, два рази на рік, але їх періодичність може бути і вище – в залежності від умов навколишнього середовища і вимог клієнта. Якщо сонячна станція знаходиться не в пустелі, не можна забувати і про видалення великих рослин, які є причиною затінення фотоелектричних панелей. При цьому потрібна максимальна обережність: робота з масивним механічними пристроями чревата ушкодженням сонячних батарей.

Працездатність системи характеризується показником, який відомий під назвою рейтинг безвідмовної роботи. Системи з найвищим рейтингом безвідмовної роботи будуть генерувати більше сонячної енергії і, отже, давати більш високу віддачу від інвестицій. Але для досягнення високого рейтингу необхідно

Инва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Инва.№вудл.	Подп. и дата
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						38

безперервне та якісне технічне обслуговування сонячних батарей і фотоелектричної станції в цілому.

Панелі сонячних батарей створені, щоб витримати деякі найекстремальніші умови нашої планети. Типова гарантія на сонячні батареї становить 25 років, що свідчить про те, що сонячні панелі призначені витримувати будь-яку погоду – жару, холод, дощ, сонце, вітер та град. Поверхня сонячних панелей виконана із загартованого скла, що робить панелі міцними. Якщо ви постукаєте по поверхні сонячної панелі, це звучить так, ніби ви стукаєте у вхідні двері, а не у вікно. Це добре свідчить про довговічність сонячних панелей.

Панелі сонячних батарей потенційно можуть протистояти сильним підйомним силам, оскільки вони кріпляться кріпленням до ферм даху, або до наземної конструкції з металу. Якщо вітри були достатньо сильними, щоб видалити сонячні панелі зі своєї основи, швидше за все, у домі буде більше шкоди, ніж просто пошкодження сонячних панелей.

Під час урагану цілком нормально турбуватися про дощ та повені. Але сонячні панелі є водонепроникними і, як результат, зазвичай можуть продовжувати виробляти енергію, коли йде дощ.

Сонячні панелі перетворюють як пряме, так і непряме сонячне світло в енергію. Хоча вони ефективніші, коли вони отримують прямі сонячні промені, вони все одно можуть виробляти до 25 % своєї оптимальної потужності в похмурі або дощові дні.

Дощ насправді корисний для сонячних панелей. Для них незвично працювати ефективніше після шторму, оскільки вода змиває пил, бруд, пилок та інші повітряно-краплинні частинки, які з часом можуть накопичуватися на сонячних панелях.

Більшість сонячних панелей сертифіковані для протистояння граду. Коли шкода від граду все ж відбувається, це, як правило, спричиняється

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Ивв.№'вудл.

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						39

ВИСНОВОК

У дипломній роботі детально розглянуті напрями реалізації екологічно безпечних технологічних рішень розвитку сонячної енергетики.

Оглянуто проблематику зміни клімату та впровадження зелених джерел енергії та відповідної нормативної документації, напрями розвитку сонячної енергетики для декарбонізації промисловості та способи генерації сонячної енергії та технічних аспектів;

Проведений аналіз екологічних аспектів реалізації проектів із впровадження сонячної енергетики. На підставі цього аналізу було встановлено, що сонячна енергетика найбезпечніша серед інших ВДЕ.

Також аналіз реалізації проектів будівництва об'єктів відновлюваної електроенергетики.

За кілька десятиліть «зелена» енергетика з дорогої, неефективної і нестабільної перетворилася на повноцінну галузь, здатну конкурувати на цьому ринку з нафтовими і вугільними електростанціями. Вартість установки і обслуговування сонячної батареї за останні десять років впала на 80%. Без впровадження інноваційних технологій досягти цього було б просто неможливо.

В Україні сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів. Ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі.

І хоча сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання, роблячи нашу країну одним із лідерів даної галузі.

Згідно з прогнозами, до 2022 року потужність встановлених об'єктів сонячної енергії в Україні збільшиться до 3 ГВт. Станом на 1 квітня 2019 року, в

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.№	Ивв.№вудл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						41

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.

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.№	Инв.№зудл.	Подп. и дата	<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">ТС 18510269</p>	Арк.
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		42

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сидорова Д. С. Проблеми та перспективи розвитку альтернативної енергетики в світі : Аспірантська робота / Сидорова Д. С. ; Науковий керівник: доктор економічних наук, професор Воробйов Є. М. – Харків : Харківський Національний Університет В. Н. Каразіна, 2014. – 199 с.

2. Дубровін Е., Дубровін І. Проблеми забруднення атмосфери продуктами згорання. Енергетика та промисловість Росії № 14 : Наука та нові технології, 2008 р.

3. Зелені інновації: як технології допоможуть впоратися зі зміною клімату : website. URL : <https://cutt.ly/vnyeG6i>

4. Renewables Global Status Report. REN21 : website. URL: <https://cutt.ly/knyeUoK>

5. Сонячна енергетика в Україні. Авенстон : website. URL: <https://avenston.com/articles/solar/>

6. Городов Р.В, Губін В.Е., Матвєєв А.С. Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник. – Томск: Вид-во Томського політех. ун-та, 2009. – 294 с.

7. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) : website. URL : <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>

8. Renewable energy sector Unlocking sustainable energy potential : website. URL : <https://strategy-council.com/files/research/en/38.pdf>

9. Влияние солнечных электростанций на окружающую среду: website. URL : <http://digitrode.ru/articles/1370-vliyanie-solnechnyh-elektrostanciy-na-okruzhayuschuyu%20sredu.html>

10. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment-Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., P.M. Midgley (eds.)].

Инд. №подл.	Подп. и дата
Взаим. инв. №	Инд. №дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.
						43

20. Правила експлуатації сонячних панелей. Соларіс Проект : website. URL : <https://solarisproject.com.ua/usage-rules/>

Инв.№подл.														
Подп. и дата														
Взаим. инв. №														
Подп. и дата														
Инв.№зубл.														
Подп. и дата														
Изм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510269	Арк.								
						45								