

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та
охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Оцінка ефективності використання сонячних колекторів в умовах
Одеської агломерації

Виконав студент 2 курсу групи МЕ-VI
спеціальності 101 – Екологія
Жеребко Ганна Анатоліївна

Керівник к.х.н., доц.,
Вовкодав Галина Миколаївна

Рецензент д.т.н., проф.,
Дорошенко Олександр Вікторович

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 - Екологія
Освітньо-професійна програма “Екологія та екологічна безпека”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони
довкілля
Сафранов Т.А.
“29” жовтня **2018 року**

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Жеребко Ганні Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: Оцінка ефективності використання сонячних колекторів в умовах Одеської агломерації

керівник роботи: Вовкодав Галина Миколаївна, к.х.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05” жовтня 2018 р. №271-С

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3.Вихідні дані до роботи: Державна цільова економічна программа енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки (затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.2010 (№ 243)), закон України «Про енергозбереження», закон України «Про альтернативні джерела енергії», Комплексна державна програма енергозбереження України. Закон України “Про екологічну експертизу”, ДСТУ ISO 14040: 2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: відомості про відновлювані нетрадиційні джерела енергії, особливості систем сонячного теплопостачання, оцінка життєвого циклу,

сучасний стан і динаміка практичного використання альтернативних джерел енергії, оцінка ефективності використання сонячних колекторів на прикладі осмд «Бульвар».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): види сонячної енергії; принципова блок-схема сонячної теплоелектростанції; сонячний прилад тарілочного типу потужністю 10кВт на сонячній електростанції в Almeria (Іспанія); фотоелектричні панелі; карта розповсюдження сонячного випромінювання по Україні; схема конструкції плоского колектора сонячної енергії; принципова схема комбінованої водяної системи сонячного теплопостачання; принципова схема активної повітряної системи сонячного опалення; схема використання сонячного соляного ставка для отримання електричної енергії; концепція оцінки життєвого циклу продукції; схематична система життєвого циклу; стадії ОЖЦ; загальна схема руху матеріальних і енергетичних потоків під час виробництва сонячних колекторів; спрощена блок-схема визначення системних меж у випадку методології LCA «Повний життєвий цикл» (“ECO-INDICATOR 99”); порівняльна характеристика впливу на навколишнє середовище традиційного алюмінієвого та полімерного типів сонячних колекторів при розрахунку на 1 ГДж виробляемого тепла.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>Немає</i>		

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Збір та узагальнення даних щодо методології та бази даних «Повний життєвий цикл».</i>	29.10.2018-02.11.2018	90	5 (відм)
2	<i>Розглянути та охарактеризувати нетрадиційні відновлювальні джерела енергії.</i>	03.11.2018-11.11.2018	90	5 (відм)
3	<i>Провести загальний екологічний аналіз для сонячних колекторів двох типів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл»</i>	12.11.18-18.11.18	90	5 (відм)
	<i>Рубіжна атестація</i>	19.11.18-24.11.18	90	5 (відм)
4	<i>Охарактеризувати отримані результати екологічного аналізу традиційних та альтернативних типів сонячних колекторів. Висновки.</i>	25.11.18-28.11.2018	90	5 (відм)
5	<i>Оформлення магістерської кваліфікаційної роботи. Підготовка доповіді та графічного матеріалу до попереднього захисту.</i>	29.11.2018-01.12.2018	90	5 (відм)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника</i>	02.12.2018-05.12.2018	90	5 (відм)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу для публічного захисту.</i>	06.12.2018-10.12.2018	90	5 (відм)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

(до десятих)

Студент

(підпис)

Жеребко Г.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вовкодав Г.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Жеребко Г. А. Оцінка ефективності використання сонячних колекторів в умовах Одеської агломерації.

Актуальність теми. Сонце - невичерпне, екологічно безпечний і дешевий джерело енергії. За запевненнями експертів кількість сонячної енергії, яка надходить на поверхню Землі протягом тижня, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, урану і вугілля.

Взаємопов'язані проблеми енергетики і екології диктують нові вимоги до сучасних систем теплозабезпечення, в першу чергу, зниження енерговитрат і антропогенного впливу на середовище проживання.

У порівнянні з іншими енергоносіями і джерелами енергії сонячна енергія має ряд безсумнівних переваг.

Метою роботи є оцінка ефективності використання сонячних колекторів в умовах Одеської агломерації та дослідження екологічного впливу застосування сонячних колекторів за допомогою методології ПЖЦ.

Предметом досліджень є загальний екологічний аналіз сонячних колекторів двох типів (металевих та полімерних) з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл».

Методи досліджень – системний аналіз (метод «чорного ящика»), аналіз й математична оцінка всіх потоків, що надходять та виходять, аналіз співставлення (експертний аналіз, метод міркувань), який базується на існуючій науковій інформації, її аналізі та наступних логічних міркувань. Аналіз дає відносну оцінку навантажень на людину та навколишнє середовище, дозволяє розташувати порівняльні матеріали у порядку екологічних переваг, класифікувати їх за екологічними якостями.

Результати досліджень. Виконано загальний екологічний аналіз для сонячних колекторів двох типів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл».

Наукова новизна отриманих результатів полягає в проведенні екологічного аналізу традиційних та альтернативних типів сонячних колекторів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл» та їх порівняльної характеристики.

Теоретичне та практичне значення. Виконано загальний екологічний аналіз для сонячних колекторів двох типів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл», який в подальшому можливо використовувати для оцінки перспективності застосування того чи іншого об'єкта

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, п'ят розділів, висновків, використаних літературних джерел (43 найменування). Робота містить 15 рисунків, 7 таблиць. Загальний обсяг роботи – 86 сторінок.

Ключові слова: оцінка життєвого циклу, сонячний колектор, сонячна електроенергетика, альтернативні джерела енергії.

SUMMARY

Zherebko G. A. Estimation of Efficiency of Solar Collectors under the Conditions of Odessa Agglomeration.

Actuality of theme. The sun is inexhaustible, environmentally safe and cheap energy source. According to experts, the amount of solar energy that enters the Earth's surface during the week exceeds the energy of all world's oil, gas, uranium and coal reserves.

Interconnected problems of energy and ecology dictate new demands on modern heating systems, first of all, reduction of energy costs and anthropogenic influence on the habitat.

Compared to other energy sources and energy sources, solar energy has a number of undoubted advantages.

The purpose of the work is to assess the efficiency of using solar collectors in the conditions of the Odessa agglomeration and to study the environmental impact of the use of solar collectors using the method of FLC.

The subject of research is the general environmental analysis of solar collectors of two types (metallic and polymeric) using the methodology and database "Full life cycle".

Research methods - system analysis (black box method), analysis and mathematical evaluation of all incoming and outgoing flows, analysis of comparison (expert analysis, method of reasoning) based on existing scientific information, its analysis and the following logical considerations. The analysis gives a relative assessment of the load on man and the environment, allow you to place comparative materials in order of environmental benefits, classify them for environmental qualities.

Research results. A general environmental analysis for two types of solar collectors has been performed using the methodology and the "Full Life cycle" database.

The scientific novelty of the obtained results consists in carrying out the ecological analysis of traditional and alternative types of solar collectors using the methodology and database "Full life cycle" and their comparative characteristics.

Theoretical and practical significance. A general environmental analysis for two types of solar collectors has been performed using the methodology and the database "Full Life Cycle", which can be used in future to assess the promising use of an object.

Structure and scope of work. The work consists of the introduction, fifth sections, conclusions, used literary sources (43 titles). The work contains 15 drawings, 7 tables. The total volume of work is 86 pages.

Key words: life cycle assessment, solar collector, solar power, alternative energy sources.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРО- ЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	10
1 ВІДОМОСТІ ПРО ВІДНОВЛЮВАНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.....	12
1.1 Загальні відомості.....	12
1.2 Сонячна електроенергетика.....	16
1.3 Перспективи розвитку відновлюваної нетрадиційної енергетики...21	
1.4 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики.....	26
2 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	29
3 ОЦІНКА ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ.....	34
3.1 Концепція ОЖЦ як інструменту екологічного менеджменту.....	34
3.2 Стадії проведення ОЖЦ.....	39
3.3 Області застосування ОЖЦ.....	43
3.4 Особливості та приклади застосування ОЖЦ.....	44
3.4.1. Обмеження методу.....	44
3.4.2. Перспективи застосування ОЖЦ в Україні.....	46
3.4.3. Інформаційні технології і програмні продукти для проведення ОЖЦ.....	47
4 СУЧАСНИЙ СТАН І ДИНАМІКА ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАН- НЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	51
4.1. Види альтернативних джерел енергії, сучасний стан, динаміка та обсяги практичного використання в світовій практиці альтерна- тивних джерел енергії.....	51
4.2. Варіанти і принципові можливості використання сонячних сис- тем в області теплозабезпечення.....	54
4.3. Сонячні системи теплопостачання. Основні варіанти плоских сонячних колекторів для альтернативних систем.....	55

4.4	Взаємопов'язані проблеми енергетики, екології та економіки.....	57
5	ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ НА ПРИКЛАДІ ОСМД «БУЛЬВАР»	64
5.1	Концепція «повний життєвий цикл – life cycle assessment», як метод аналізу нових рішень та вибору перспективних напрямків розвитку альтернативних систем.....	68
5.2.	Порівняльний аналіз сонячних колекторів традиційного (з кольорових металів) і полімерного типу.....	75
	ВИСНОВКИ.....	81
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	82
	ДОДАТКИ.....	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВДЕ - відновлювані джерела енергії

ОЖЦ - оцінка життєвого циклу

ОВЖЦ - Оцінка впливу життєвого циклу

ІРСС - Міжурядовий комітет з питань зміни клімату

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change - об'єднаної національної конвенції зі зміни клімату

СЕС - сонячні електростанції

ПК – полікарбонат

СВ – скловата

ПП – пінопласт

ПВХ – полівінілхлорид.

ВСТУП

Актуальність теми. Взаємопов'язані проблеми енергетики і екології диктують нові вимоги до сучасних систем теплозабезпечення, в першу чергу, зниження енерговитрат і антропогенного впливу на середовище проживання.

У порівнянні з іншими енергоносіями і джерелами енергії сонячна енергія має ряд безсумнівних переваг.

В першу чергу, тому що при роботі сонячні колектори не виділяють в навколишнє середовище шкідливих речовин.

Другою перевагою є висока ресурсомісткість сонячної енергії, обумовлена великою її кількістю, одержуваної Землею від Сонця.

В-третьє, особливість реалізація систем сонячної енергії дозволяє масштабувати їх і виготовляти такі системи масово, в тому числі для автономного використання.

Сонце - невичерпне, екологічно безпечний і дешевий джерело енергії. За запевненнями експертів кількість сонячної енергії, яка надходить на поверхню Землі протягом тижня, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, урану і вугілля. На думку академіка Ж.І. Алфьорова, «людство має надійний природний термоядерний реактор - Сонце. Сонячна енергетика є «чистою» і не надає негативного впливу на екологію планети [1].

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є оцінка ефективності використання сонячних колекторів в умовах Одеської агломерації та дослідження екологічного впливу застосування сонячних колекторів за допомогою методології ПЖЦ.

Об'єктом дослідження є сонячні колектори, які встановлені в ОСМД «Бульвар» м. Одеса.

Предметом досліджень є загальний екологічний аналіз сонячних колекторів двох типів (металевих та полімерних) з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл».

Наукова новизна отриманих результатів полягає в проведенні екологічного аналізу традиційних та альтернативних типів сонячних колекторів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл» та їх порівняльної характеристики.

Матеріали даної магістерської кваліфікаційної роботи були апробовані на щорічній Міжнародній науково-технічній конференції "Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів" та Міжнародному науковому семінарі «Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони».

1 ВІДОМОСТІ ПРО ВІДНОВЛЮВАНІ НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

1.1 Загальні відомості

Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в ХХІ ст. є широке використання відновлюваних джерел енергії, що мають величезні ресурси, які дозволять знизити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище, підвищити енергетическую і екологічну безпеку.

До традиційних джерел енергії відносяться:

- невідновлювані, що включають вугілля, природний газ, нафта, уран та ін;
- поновлювані, що включають гідроенергетику, деревину у вигляді дров та ін.

Сучасна енергетика в основному базується на невідновлюваних джерелах енергії, які, маючи обмежені запаси, є вичерпаними і не можуть гарантувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання - один з головних чинників, що призводить до глобального погіршення стану навколишнього середовища і її кризового стану [1, 2].

До нетрадиційних (альтернативних) відносяться поновлювані джерела енергії (ВДЕ), які використовують потоки енергії Сонця, енергію вітру, теплоти Землі, біомаси, морів і океанів, річок, існуючі постійно або періодично у докільлі і в доступній для огляду перспективі відповідно практично невичерпні. Все ВДЕ поділяються на дві групи, які використовують пряму енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви (непряма сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі [1, 2].

Результатом непрямой діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері і геосфері у вигляді енергії вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, приливної енергії, теплової енергії докільля та ін. (рис. 1.1).

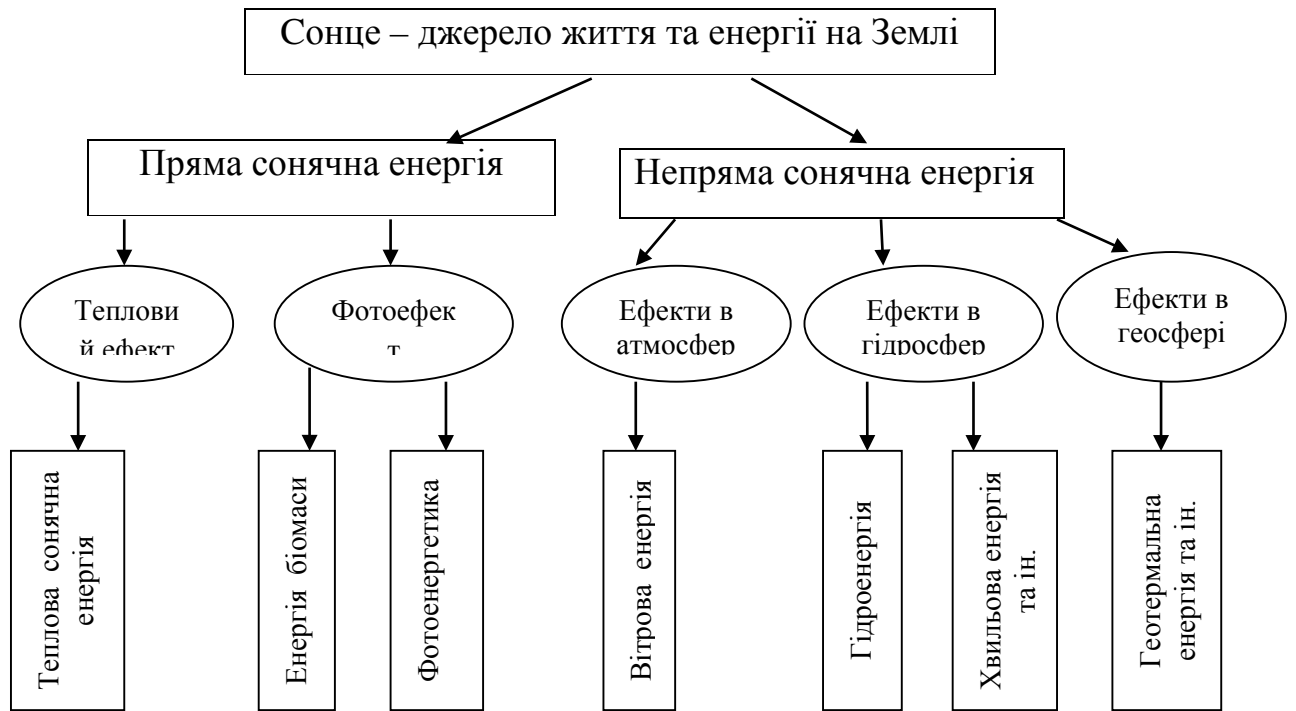


Рис. 1.1 – Види сонячної енергії

До нетрадиційних відновлюваних джерел енергії відноситься мала гідроенергетика з ГЕС потужністю до 30 МВт, а в ряді країн до 10 МВт [1, 2].

Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними невідновлюваних джерелами є:

- практично невичерпні ресурси;
- зниження негативного впливу на навколишнє середовище, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове забруднення та ін.

Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є [1, 2]:

- мала щільність енергетичного потоку, яка становить, наприклад, для сонячної енергії на поверхні землі $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², вітрової при швидкості вітру 10 м/с - 10^{-4} МВт/м², геотермальної $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², в той час як для енергії АЕС 0,2 МВт/м²;
- значна нерівномірність вироблення енергії в часі і її використання;

- відносно високі капіталомісткість енергетичних установок і вартість електроенергії, що виробляється.

Необхідність широкого використання ВДЕ визначається [1-3]:

- швидким ростом потреб в електричній енергії, яка за прогнозами має збільшитися в порівнянні з 2000 р в 2 рази 2030 року і в 4 рази до 2050 р;

- вичерпанням в доступному для огляду майбутньому розвіданих запасів органічного палива;

- кризовим станом довкілля в зв'язку з забрудненням оксидами азоту і сірки, вуглекислим газом, пилоподібними частинками від згоряння палива, радіоактивним і тепловим забрудненням і ін.

Поновлювані джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання є можливим на основі науково розроблених принципів перетворення енергії ВДЕ в види, необхідні споживачам. В навколишньому середовищі завжди існують потоки відновлюваної енергії, тому в процесі розвитку відновлюваної енергетики необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них. Використання ВДЕ має бути різноманітним і комплексним, що дозволить прискорити економічний розвиток регіонів. Наприклад, хорошою базою для використання ВДЕ можуть служити агропромислові комплекси, де відходи тваринництва і рослинництва є сировиною для отримання біогазу, а також рідкого і твердого палива, виробництва добрив.

Для ефективного планування енергетики на поновлюваних енергоресурсах необхідно [2, 3]:

- по-перше, систематичне дослідження навколишнього середовища, аналогічне дослідженням геологічного характеру при пошуках нафти або газу;

- по-друге, вивчення потреб конкретного регіону в енергії для промислового, сільськогосподарського виробництва і побутових потреб. Зокрема, щоб вибрати найбільш економічний джерело енергії, необхідно знати структуру споживачів енергії.

Однією з найважливіших характеристик відновлюваних джерел енергії є їх енергетичний потенціал - показник, що визначає кількість енергії, яка властива відповідному виду ВДЕ [1, 2].

Для оцінки енергетичних ресурсів поновлюваних джерел енергії, можливих для використання, розрізняють наступні види енергетичного потенціалу ВДЕ [1, 2]:

- теоретичний, що характеризує загальну кількість енергії;
- технічний - частина теоретичного потенціалу, яку принципово можна використовувати за допомогою сучасних пристроїв;
- економічно ефективний - частина технічного потенціалу, яку в даний час доцільно використовувати, виходячи з економічних, соціальних, екологічних та інших факторів.

Орієнтовні показники енергетичних ресурсів ВДЕ в світі показані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії [2]

Поновлювальні ресурси	Показники, млрд. т. у. п./рік	
	Технічний	Економічний
Променева енергія сонця	5	1
Теплова енергія морів та океанів	1	0,1
Енергія вітру	5	1
Гідроенергія, в тому числі:		
Енергія водотоків	4,5	2,6
Енергія волн	0,05	0,01
Енергія приливів	0,7	-
Енергія біомаси (за виключенням дров)	2,55	2,0
Геотермальна енергія	0,4	0,2

1.2 Сонячна електроенергетика

Сонячна енергія може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: термодинамічних і фотоелектричним.

При термодинамічному методі електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримувати з використанням традиційних схем в теплових електроустановках, в яких теплота від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Принципова схема отримання електричної енергії в сонячній теплоелектростанції представлена на рис. 1.2 [1].

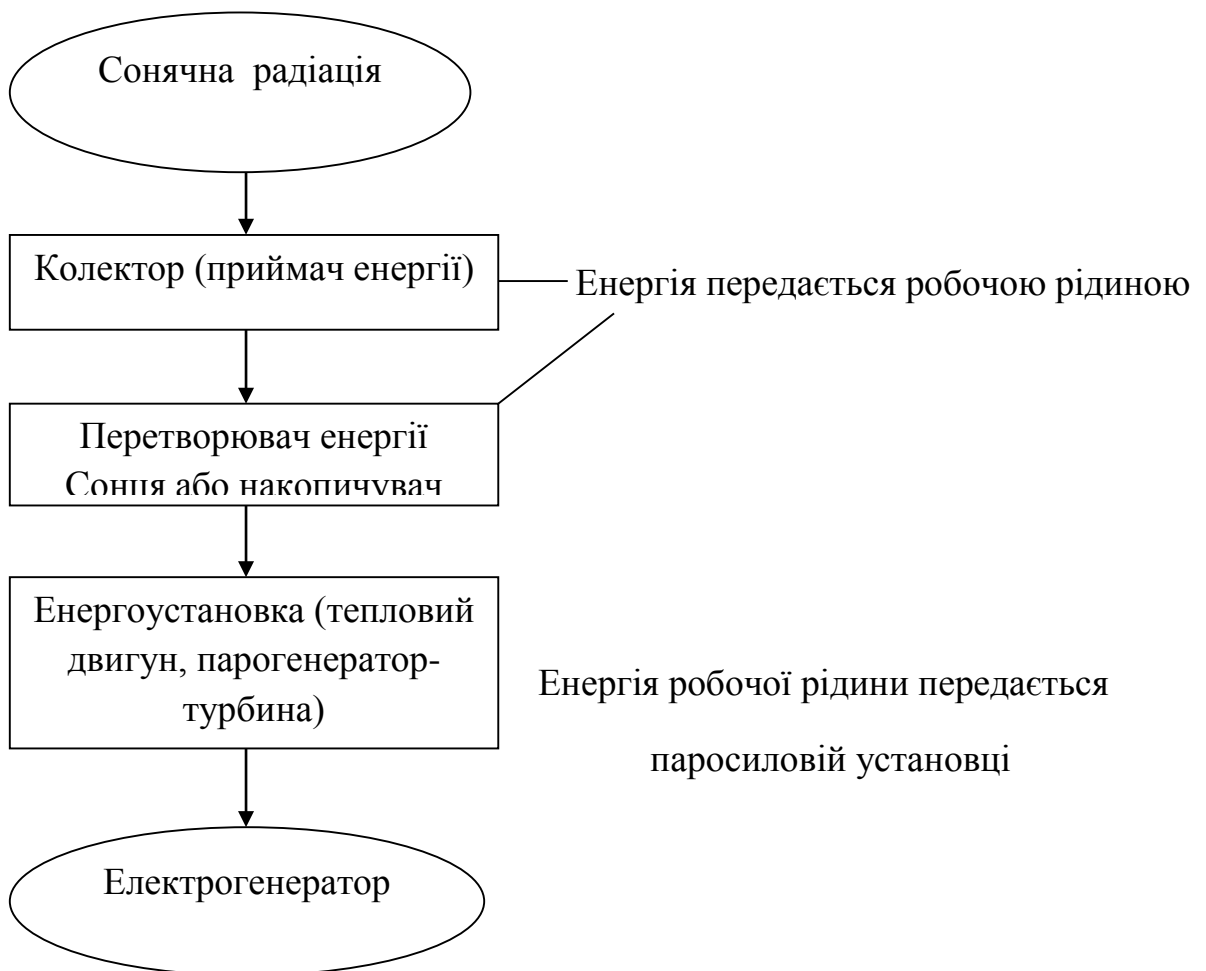


Рис. 1.2 – Принципова блок-схема сонячної теплоелектростанції [1]

Існують сонячні теплоелектростанції трьох типів [3]:

- баштового типу з центральним приймачем-парогенератором, на поверхні якого концентрується сонячне випромінювання від плоских дзеркал-геліостатів;
- параболічного (лоткового) типу, де у фокусі параболоциліндричних концентраторів розміщуються вакуумні приймальні труби з теплоносієм;
- тарілкового типу, коли у фокусі параболічного тарілкового дзеркала розміщується приймач сонячної енергії з робочою рідиною.

Станції баштового типу складаються з п'яти основних елементів: оптичної системи, автоматичної системи управління дзеркалами і станцією в цілому, парогенератора, вежі, яка утримує геліоприймача і системи перетворення енергії, що включає теплообмінники, акумулятори енергії і турбогенератори.

Так як в такій електростанції використовується пряме сонячне випромінювання, що концентруючи геліосистеми повинні мати систему спостереження за Сонцем, при цьому кожен з геліостатів орієнтується в просторі індивідуально.

Температура, яку можна отримати на вершині вежі за допомогою дзеркальних концентраторів, становить 300-1500 °С. В одному модулі можна отримати потужність, що не перевищує 200 МВт, що пов'язано зі зниженням ефективності перенесення енергії від найбільш віддалених концентраторів на вершину вежі.

Світова практика експлуатації станцій баштового типу довела їх технічну здійсненність і працездатність. Основними недоліками таких установок є їх висока вартість і значна площа, яку вони займають. Так, для розміщення баштовій електростанції потужністю 100 МВт необхідна площа 200 га [3].

У сонячних електростанціях параболічного типу використовуються параболічні дзеркала (лотки), що концентрують сонячну енергію на приймальних трубках, які розташовані в фокусі конструкції і містять в собі

рідинний теплоносій. Ця рідина нагрівається приблизно до 400°C і прокачується через ряд теплообмінників, при цьому виробляється перегріта пара, що пускає в хід звичайний турбогенератор для вироблення електричної енергії.

Станції параболічного типу застосовуються усе ширше завдяки більш простій системі стеження за Сонцем і меншій матеріаломісткості. Питома вартість станцій параболічного типу близька до питомої вартості АЕС.



Рис. 1.3 – Сонячний прилад тарілочного типу потужністю 10кВт на сонячній електростанції в Almeria (Іспанія)

В установках тарілочного типу (рис. 1.3) використовуються параболічні тарілкові дзеркала (схожі за формою на супутникову тарілку), які фіксують сонячну енергію на приймачі, розташованому в фокусі кожної тарілки [3, 4].

Рідина в приймачі нагрівається до 1000°C і її енергія використовується для вироблення електричної енергії або в двигуні Стірлінга, або в установці, що працює за циклом Брайтона. Установки мають систему стеження за Сонцем. З огляду на ефекту аберації в зв'язку з відхиленням від ідеальної форми і інших конструктивних факторів максимальний діаметр тарілок не перевищує 20 м при потужності до 60-75 кВт. Питома вартість сонячної

електростанції тарілкового типу може бути менше, ніж електростанцій баштового і параболічного типів.

Сонячні електростанції найбільш ефективні в районах з високим рівнем сонячної радіації і малою хмарністю. Їх ККД може досягати 20%, а потужність 100 МВт.

Сонячна фотоенергетика це пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Принцип дії фотоелектричного перетворювача ґрунтується на використанні внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту поділу фотогенерованих носіїв зарядів (електронів і дірок) електронно-дірковим переходом або потенційним бар'єром типу метал-діелектрик-напівпровідник. Фотоефект має місце, коли фотон (світловий промінь) падає на елемент з двох матеріалів з різним типом електричної провідності (доречний або електронною). Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його середовища, утворюючи вільний від'ємний заряд і «дірку». В результаті рівновага так званого р - n-переходу порушується і в ланцюзі виникає електричний струм.

Чутливість фотоелемента залежить від довжини хвилі падаючого світла і прозорості верхнього шару елемента. У ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм силою 25 мА при напрузі 0,5 В на 1 см² площі елемента, тобто 12-13 мВт/см². Теоретична ефективність кремнієвих елементів становить близько 28%, практична - від 14 до 20% [4, 5].

При послідовно-паралельних з'єднаннях сонячні елементи утворюють сонячну (фотоелектричні) батарею. Потужність сонячних батарей, які серійно випускаються промисловістю, становить 50-200 Вт. На рис. 1.4 показані фотоелектричні батареї для маяка на о. Зміїний (Україна). На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для створення фотоелектричних генераторів [4, 5].



Рис. 1.4 – Фотоелектричні панелі

Недоліками плоских фотоелементів для отримання електричної енергії є їх висока вартість (до 5 дол. США/Вт) і значні площі, необхідні для розміщення фотоелектростанції [35].

Одним із шляхів вдосконалення фотоенергетики є створення концентруючих фотоелементів. Система концентрації сонячної енергії складається безпосередньо з концентраторів і системи стеження за положенням Сонця, так як концентруючі фотоелементи сприймають тільки пряме сонячне випромінювання.

Сьогодні основою для створення концентруємих сонячних елементів служить кремній. Так, на основі кремнію в Австралії створені елементи зі ступенем концентрації $k = 11$ і к.к.д. 21,6%, в США випускаються кремнієві елементи з $k = 40$ і к.к.д. 20% [5].

Для підвищення ефективності фотоелектричного перетворення сонячної енергії в якості вихідного матеріалу застосовують арсенід галію, фотоелектричні втрати якого при високих температурах значно нижче, ніж у кремнію.

21

На основі арсеніду галію створені дво- та трикаскадні елементи з високою ефективністю роботи при ступеню концентрації 1000 і більше. Уже

створені лабораторні зразки сонячних елементів площею $0,5 \text{ см}^2$ з $k = 500$ і к.к.д. 40%.

Прогнози фахівців в області фотоелектричного перетворення сонячного випромінювання показують, що найбільш перспективними будуть концентратори з $k = 1000$, що працюють з багатокаскадними арсенідгалієвими сонячними елементами нового покоління [5].

1.3 Перспективи розвитку відновлюваної нетрадиційної енергетики

Активні науково-технічні розробки по використанню нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) почалися з 70-х років ХХ ст. в період світової енергетичної кризи [6].

ВДЕ використовуються як в розвинених, так і в країнах, що розвиваються. Великих успіхів в освоєнні ВДЕ досягли країни, де відновлювальна енергетика отримала всебічну державну економічну і законодавчу підтримку, а в розвиток ВДЕ вкладаються великі кошти, в тому числі в розробку нових технологій.

На початку ХХІ ст. частка всіх відновлюваних джерел енергії (включаючи традиційну гідроенергетику, дрова) в світовому енергоспоживанні склала близько 14%, а в електроспоживанні - 19%.

Інтенсивне зростання використання енергії нетрадиційних ВДЕ, особливо з початку ХХІ ст., характерне для більшості розвинених країн і багатьох країн, що розвиваються. Так, частка електроенергії, виробленої за рахунок нетрадиційних ВДЕ, в 2006 р в країнах ЄС (в загальному виробництві): в Данії - 12,1%, Фінляндії - 13,1%, Угорщини - 4%, Греції - 2,8% , Італії - 2,8%, Іспанії - 2,8%, Німеччини - 24,2%, що склало 87,6 млрд. кВт/год, в тому числі: малі ГЕС - 20,7 млрд. кВт/год, ВЕС - 39,5, ТЕС на біомасі та біогазі - 23,8, сонячні батареї - 3,5, геотермальні - 0,1 [7].

22

Позитивний досвід країн ЄС показав, що серед різноманітних факторів, що впливають на рівень і перспективи освоєння ВДЕ, визначальну роль

відіграють діючі в цих країнах системи державного економічного стимулювання. Одним з основних напрямків виконання країнами ЄС зобов'язань Кіотського протоколу щодо зниження викидів «парникових» газів стало масштабне освоєння ВДЕ.

Сумарна потужність енергоустановок на нетрадиційних ВДЕ в світі складає близько 4% потужностей всіх електростанцій з виробленням близько 2% всієї одержуваної електроенергії. Частка ВДЕ (включаючи традиційні ГЕС) у виробництві електроенергії в 2010 р в країнах ЄС складала 22%, причому в першу чергу за рахунок нетрадиційних джерел енергії, а до 2020 р в країнах ЄС планують збільшити до 30% споживання енергії за рахунок нетрадиційних ВДЕ [7].

Практично всі розвинені країни і багато інших країн мають національні програми, спрямовані на стимулювання прискореного освоєння ВДЕ.

Серйозною мотивацією розвитку ВДЕ для багатьох країн, особливо залежних від імпорту традиційних енергоресурсів, є забезпечення енергетичної безпеки.

Вартість багатьох технологій використання ВДЕ і одержуваної енергії неухильно знижується завдяки їх вдосконаленню та зростання масштабів виробництва.

Нетрадиційні ВДЕ стають все більш конкурентоспроможними в наступних секторах енергетики: виробництво електроенергії; теплопостачання; комплексне енергопостачання автономних споживачів.

До середини ХХІ ст. нетрадиційні ВДЕ можуть стати одним з найважливіших енергетичних ресурсів. Їх внесок в енергобаланс багатьох країн може досягти 40-50% [37].

З огляду на те, що багато нетрадиційних ВДЕ характеризуються нестабільністю енергетичного потенціалу (мінливістю швидкості вітру, інтенсивності сонячного випромінювання, витрати річок та ін.), вони використовуються в комбінованих енергосистемах та поєднанні один з одним і з традиційними джерелами енергії. Крім того, ВДЕ в локальних системах

тепло- і електропостачання застосовуються спільно з різними типами акумуляторів теплової та електричної енергії, а також з системами акумуляування на основі водню, що підвищує ефективність ВДЕ і забезпечує безперебійне енергопостачання споживачів. При цьому в майбутньому ВДЕ можуть стати одним з основних джерел виробництва водню з води.

Таблиця 1.2 – Потенціал енергії відновлюваних джерел в Україні [8]

Напрямки освоєння відновлюваних джерел енергії	Річний технічний енергетичний потенціал, млн. т у. п.		Щорічні об'єми заміщення природного газу
	млрд. кВт/год	млн.т у.п.	млрд. м ³
вітроенергетика	41,7	21	18,26
Сонячна енергетика	28,8	6	5,22
геотермальна енергетика	105,1	12	10,43
гідроенергетика	27,7	10	8,70
біоенергетика	162,8	20	17,40
Енергія навколишнього середовища	154,7	18	15,65
Всього ВДЕ	520,8	87	75,66

В Україні ресурси відновлюваних джерел енергії є практично на всій території. До основних складових відновлюваної енергетики України відносяться вітроенергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика, геотермальна енергетика і енергетика навколишнього середовища. Рівень технічного річного сумарного енергетичного потенціалу основних видів поновлюваних нетрадиційних джерел енергії в Україні оцінюється еквівалентним 80 млн. т. у. п. (таблиця 1.2) [8]. При цьому, однак, економічно ефективний енергетичний потенціал значно нижче.

Інтенсифікація науково-дослідних робіт в галузі відновлюваної енергетики, створення законодавчо-правової та нормативної бази, системи державного економічного стимулювання дадуть можливість ефективного і широкого використання нетрадиційних ВДЕ.

В Україні частка ВДЕ в загальному енергозабезпеченні становить близько 3%, а в електрозабезпеченні, в першу чергу за рахунок гідроенергетики, близько 7% [8].

Одним з основних переваг відновлюваної нетрадиційної енергетики є зменшення негативного впливу на навколишнє середовище в порівнянні з традиційними джерелами енергії, при цьому кожен вид джерел надає на неї різне як пряме, так і непряме вплив.

При використанні поновлюваних нетрадиційних джерел енергії знижуються викиди різних забруднюючих речовин, в тому числі парникових газів, в порівнянні з традиційними джерелами енергії. ВДЕ можуть також грати роль в зменшенні місцевого забруднення атмосфери, покращуючи якість повітря в містах і зонах відпочинку.

У табл. 1.3 наведено рівень викидів основних забруднювачів навколишнього середовища від ВДЕ при виробленні одиниці енергії. Він на порядки менше викидів зазначених речовин при використанні традиційних джерел енергії, які, наприклад у Великобританії, мають значення, г/(кВт • год): для установок на вугіллі CO₂ - 955; SO₂ - 11,8; NO_x - 4,3; для установок на нафти - відповідно 818; 14,2; 4,0; для установок на газі - 430; 0; 0,5; для установок на дизельному паливі - 772; 1,6; 12,3 [9].

Зібрана геліоенергетичними пристроями сонячна радіація замінює енергію, яка виробляється за допомогою брудних щодо навколишнього середовища технологій. В цьому і полягає головний екологічний ефект сонячної енергетики.

Наземні сонячні електростанції, в яких перетворення енергії пов'язано з концентрацією сонячного випромінювання, вимагають відведення значних

Таблиця 1.3 - Питомі викиди забруднювачів від ВДЕ при отриманні одиниці енергії, г/(кВтгод) [9]

Забруднювач навколишнього середовища	Біологічне паливо		Малі ГЕС	Традиційні ГЕС	Сонячні фотоелемен ти	Сонячні колектори	Вітрові установки	Геотермальні установки
	На сьогодні	В майбутньому						
CO ₂	17-27	15-18	9	3,6-11,6	98-167	26-38	7-9	79
SO ₂	0,07-0,16	0,06-0,08	0,03	0,009-0,024	0,20-0,34	0,13-0,27	0,02-0,07	0,02
NO _x	1,1-2,5	0,35-0,51	0,07	0,003-0,006	0,18-0,30	0,06-0,13	0,02-0,06	0,28

геліостатів необхідна площа близько $0,035 \text{ км}^2$. В цілому площа, необхідна для сонячних електростанцій, на 1 МВт потужності, складає по різних країнах світу $0,001\text{-}0,008 \text{ км}^2$ [9].

Що стосується сонячних колекторів, то вони зазвичай встановлюються на дахах будинків і не впливають на пейзаж і стан атмосфери даної місцевості, до того ж вони не займають додатково земельних площ.

Основний шкідливий вплив геліоустановок на навколишнє середовище обумовлен технологічними процесами, пов'язаними з виробництвом нових з'єднань для геліоустановок. У багатьох випадках це вимагає рідкоземельних елементів, які містяться в дуже малих концентраціях в земних породах і для їх видобутку необхідно переробити значну кількість таких порід.

Геліоустановки не впливають на природний тепловий режим планети, так як беруть дуже невелику частину сонячної енергії, а й вона після перетворення в електричну енергію і її використання повертається в навколишнє середовище у вигляді теплоти [10].

1.4 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики

Найбільш широке застосування сонячна енергетика знайшла в системах теплопостачання. Вони служать для гарячого водопостачання, опалення та інших потреб, що дозволяє значно зменшити використання традиційних паливних ресурсів.

Сучасною тенденцією є швидке розширення сфер використання сонячної електроенергетики як для централізованої вироблення електроенергії на сонячних електростанціях, так і в індивідуальних системах електропостачання громадських і приватних будівель.

У країнах, де має місце високий рівень розвитку сонячної енергетики, існують відповідні державні програми, що забезпечують сприятливі умови, в тому числі економічні, для її використання і розвитку.

У Німеччині, яка лідирує в ЄС за сумарною потужністю сонячних установок, використання систем сонячного теплопостачання, наприклад для опалення, супроводжується посиленням теплозахисту будинків, утилізацією теплових викидів і в цілому зниженням енерговитрат. Так, застосування сонячно-теплонасосної системи теплопостачання індивідуальних житлових будинків з вакуумованих сонячними колекторами забезпечує до 70% енергоспоживання.

Загальна площа сонячних колекторів в 2008 р склала, наприклад, в Ізраїлі - 3,5 млн. м² (більше 80% води нагрівається за допомогою сонячної енергії), в США - більше 10 млн. м², в Японії - 8 млн. м². Більше половини сонячних колекторів в світі - в Китаї. Основними споживачами сонячної енергії також є Швеція, Данія, Німеччина, Іспанія, Індія та інші країни [11].

В даний час близько 7 млн. будинків в світі обладнано сонячними батареями. Сонячна енергія широко використовується для виробництва електроенергії, що передається в енергосистему, а також для децентралізованого електропостачання віддалених населених пунктів, фермерських господарств, островів, морських і космічних станцій.

За прогнозами саме в ХХІ ст. відбудеться стрімке зростання використання сонячної енергії, і сонячна енергетика може стати одним з основних джерел відновлюваної енергії.

Щорічно в Україні виробництво фотоелектричних елементів складає близько 150 МВт, велика частина яких експортується. Є також досвід створення сонячних електрогенераторів на основі термодинамічної методу перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію, проте результати експлуатації сонячної електростанції потужністю 5 МВт (СЕС-5) в Криму не дали підстав для масштабного впровадження цього обладнання в Україні [12].

Загальна площа сонячних колекторів в Україні в 2008 р склала близько 45 тис. м². У кліматичних умовах України ефективним є використання

сонячних колекторів для децентралізованого теплопостачання, нагрівання повітря, висушування зерна і ін.

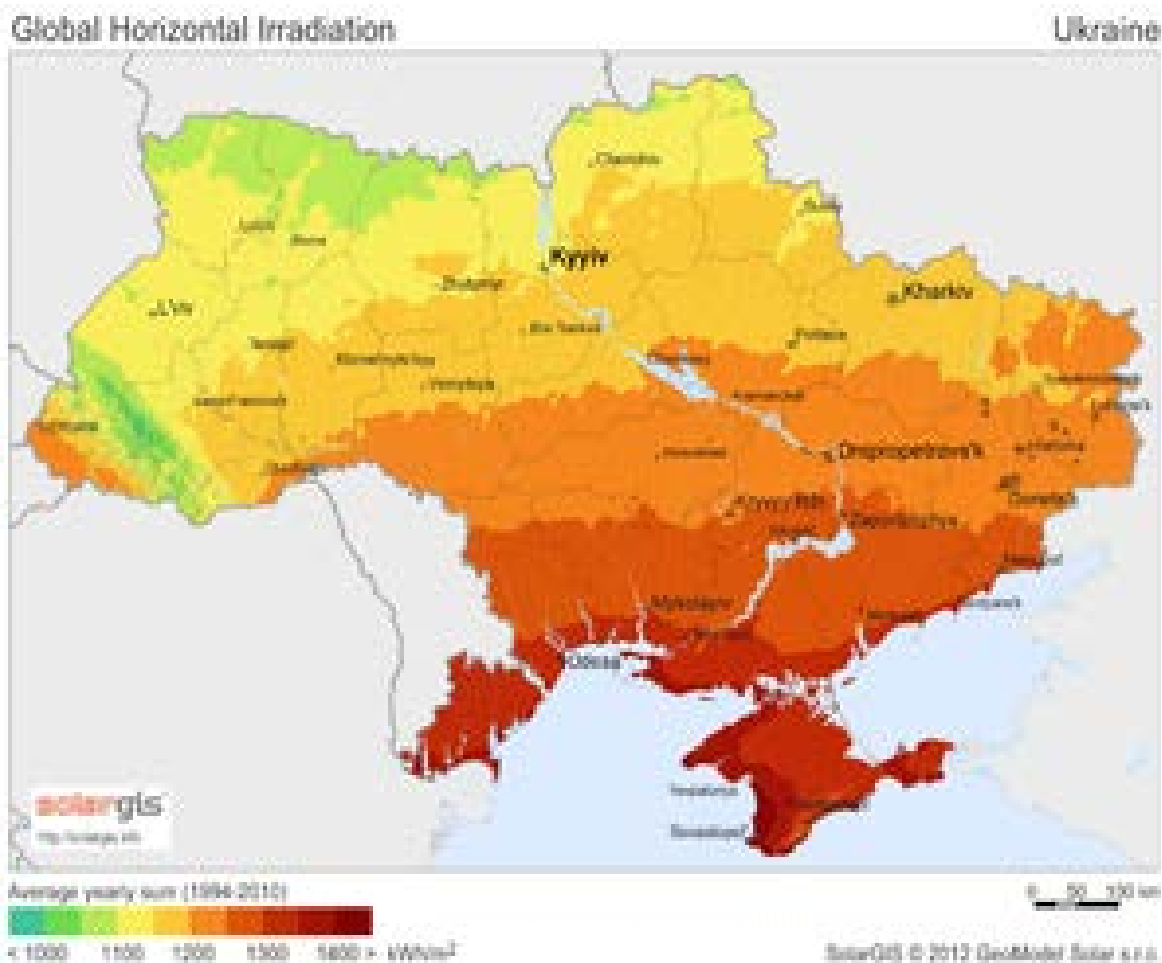


Рис. 1.5 – Карта розповсюдження сонячного випромінювання по Україні [13]

В Україні є досить сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні є еквівалентним 6 млн. т. у. п., його використання дозволило б замінити близько 5 млрд. м³ природного газу. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхності, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт · год/м² в її північній частині до 1400 кВт · год/м² і вище на півдні України [14].

2 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

У сучасному світі сонячна енергія широко використовується для теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для холодопостачання, кондиціонування повітря, висушування та в інших технологічних процесах.

Системи сонячного теплопостачання класифікуються наступним чином [16]:

- системи «активного» сонячного теплопостачання, що використовують «активні» установки на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія, в якості якого можуть застосовуватися рідина (вода, розчини солей) і газ (повітря);

- системи «пасивного» сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи споруд використовуються в ролі теплоприймачів сонячної енергії;

- комбіновані системи сонячного теплопостачання, в яких використані елементи «пасивного» і «активного» сонячного теплопостачання.

У сучасних низької середньотемпературних системах теплопостачання (до 100°C), що використовуються для перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання, опалення та інших теплових процесів, основним елементом є плоский колектор, який являє собою геліоприймальний абсорбер з циркулюючим теплоносієм, конструкція плоского сонячного колектора теплоізольована з тильної сторони і зашклена з лицьової сторони. Принципова схема плоского колектора наведена на рис. 2.1.

Особливістю плоского колектора є те, що він вловлює як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Об'єми таких систем розраховуються в квадратних метрах сонячних колекторів [16].

У системах високотемпературного теплопостачання (вище 100°C) використовують високотемпературні сонячні колектори. На даний час найкращим з них вважається концентруючий сонячний колектор, що являє собою параболічний жолоб з чорною трубкою в центрі, на яку фокусується

сонячне випромінювання. Такі колектори дуже ефективні у промисловості та для виробництва пару в електроенергетиці. Їх недоліком є неможливість використання розсіяної сонячної радіації.

У звичайних плоских колекторах практично неможливо отримати температуру теплоносія вище 100°C . Збільшення робочої температури теплоносія до $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ можливо досягнути за допомогою вакуумних скляних сонячних колекторів. Як теплоносій в колекторах може використовуватися вода, розчин етиленгліколя і пропіленгліколя, силіконове масло, а також повітря [16].

Принципові схеми водяного і повітряного опалення приміщень колекторами наведено відповідно на рис. 2.2 і 2.3 [17].

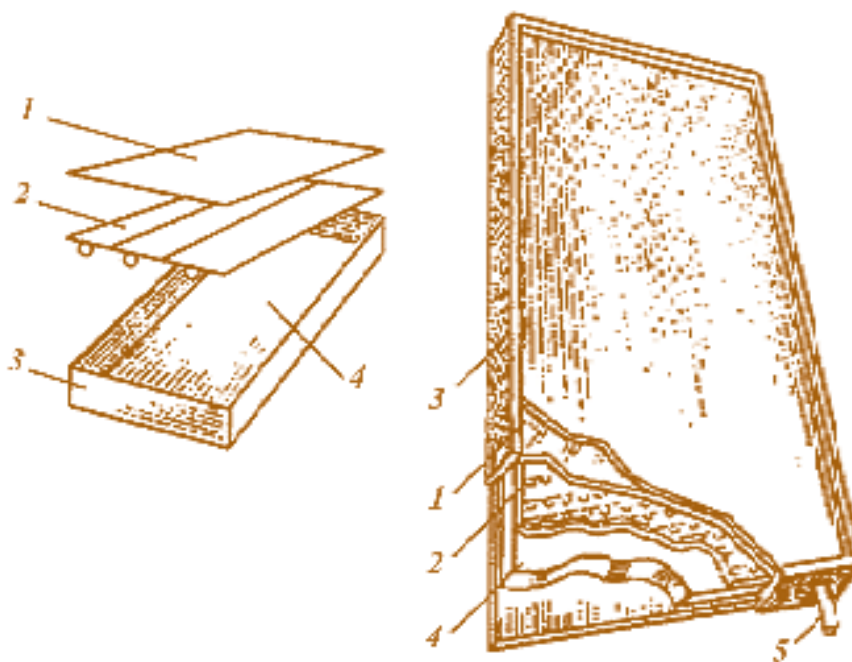


Рис. 2.1 – Схема конструкції плоского колектора сонячної енергії: 1 – зашклення; 2 – променепоглиняльна поверхня з трубками для рідини, яка нагрівається (абсорбер); 3 – корпус; 4 – теплоізоляція; 5 – трубка для подачі теплоносія [16]

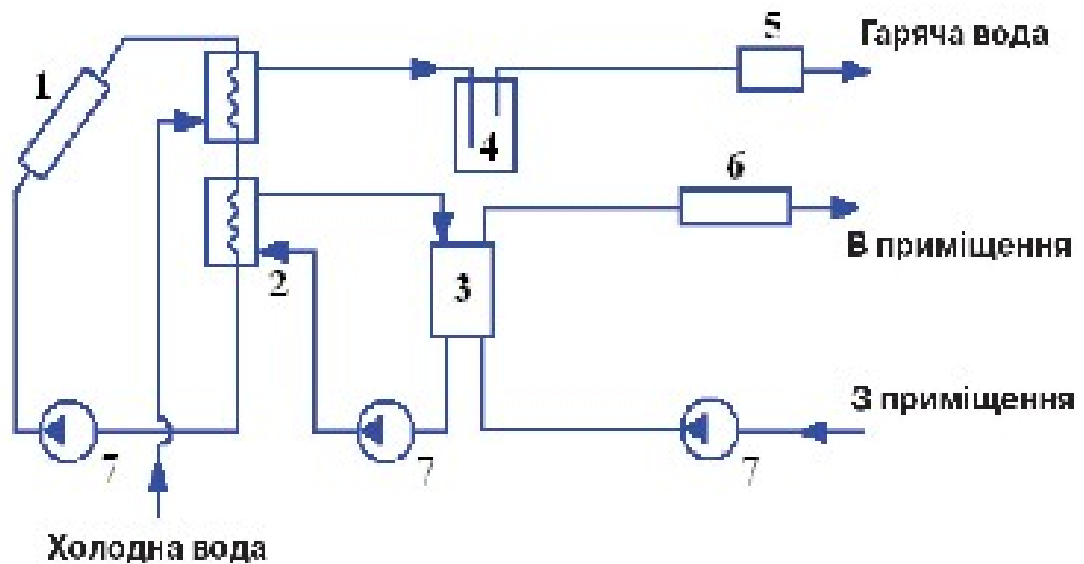


Рис. 2.2 – Принципова схема комбінованої водяної системи сонячного теплопостачання: 1 – сонячний водяний колектор; 2 – швидкісний водоводяний теплообмінник; 3 – бак-акумулятор; 4 – бак гарячої води; 5 – додаткове джерело теплоти системи гарячого водопостачання; 6 – додаткове джерело теплоти для системи опалення; 7 – циркуляційні помпи [17]

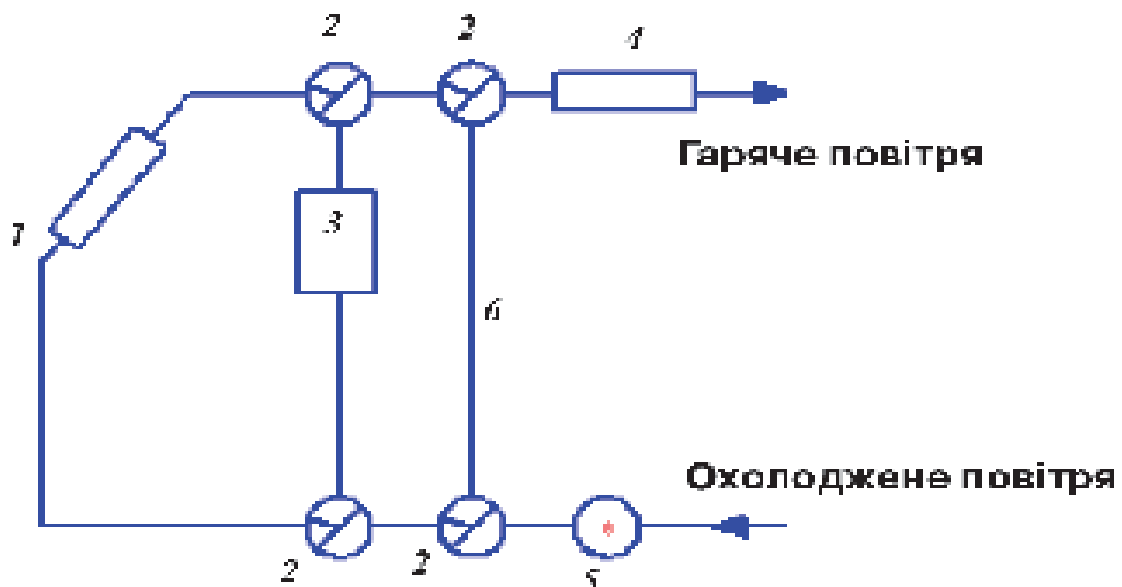


Рис. 2.3 – Принципова схема активної повітряної системи сонячного опалення: 1 – сонячний повітряний колектор; 2 – триходова заслінка; 3 – гальковий акумулятор теплоти; 4 – додаткове джерело енергії; 5 – вентилятор; 6 – байпасна лінія акумулятора [17].

Пасивні сонячні системи є більш простими і дешевими у порівнянні з активними, бо не потребують додаткових пристроїв поглинання, перетворення і розподілення сонячної енергії. Пасивне використання енергії Сонця для опалення будівель відбувається за рахунок планувальних, архітектурно-конструктивних рішень, коли вся будівля може розглядатися як колектор сонячної теплоти.

У пасивній системі повинна бути оптимальна орієнтація будівлі приблизно вздовж вісі схід–захід, на південній стороні має бути не менше 50–70% всіх вікон, на північній – не більше 10%, житлові кімнати повинні розташовуватися з південної сторони і т. п. Крім того, передбачаються спеціальні пристрої – дахи–теплонакопичувачі, конвекційні системи тощо.

Активне використання сонячної енергії може бути здійснене за допомогою сонячного ставка. Такі ставки є добрими акумуляторами сонячної енергії. Завдяки тому, що густина соляового розчину в нижніх шарах у порівнянні з верхніми значно вища, у таких ставках практично відсутній конвекційний тепломасообмін, в результаті чого у придонній зоні ставка створюється шар води з високою температурою. Така властивість соляних ставків може бути використаною для отримання електричної енергії, як це показано на рис. 2.4 [17].

На активному використанні теплової дії сонячних променів базуються сонячні енергетичні печі, обігрівання басейнів, опріснення морської і засоленої води, отримання дистильованої води, сонячні побутові печі, висушування сільськогосподарських продуктів тощо.

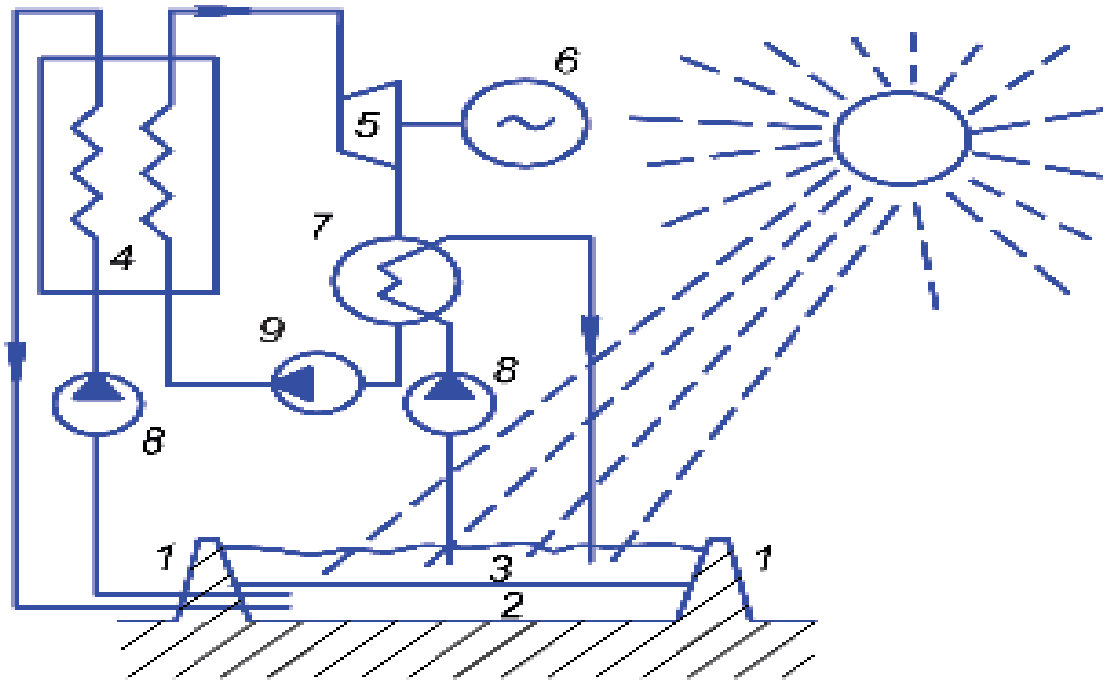


Рис. 2.4 – Схема використання сонячного соляного ставка для отримання електричної енергії: 1 – дамби; 2 – гаряча вода з високою концентрацією солі; 3 – охолоджуюча вода з низькою концентрацією солі; 4 – теплообмінний апарат; 5 – турбіна; 6 – генератор; 7 – конденсатор; 8 – циркуляційні помпи; 9 – живильна помпа [17]

3 ОЦІНКА ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ

3.1 Концепція ОЖЦ як інструменту екологічного менеджменту

Оцінка життєвого циклу може бути визначена, як метод, який вивчає екологічні аспекти і потенційний вплив продукції або процесу протягом усього його життєвого циклу, починаючи з видобутку сировинних матеріалів, процесів виробництва, до остаточного розміщення в навколишньому середовищі [18, 19].

На рис. 3.1 показана загальна система життєвого циклу продукції. Результати ОЖЦ носять екологічний характер і висловлюють вплив життєвого циклу всієї системи або окремих його стадій. На рис. 3.2 зображена схематично концепція проведення оцінки життєвого циклу у вигляді системи з вхідними потоками: природні ресурси та енергія і вихідними потоками: емісії, продукція. Комплексний інтегральний підхід до проведення ОЖЦ забезпечує облік і оцінку всіх емісій і впливів на навколишнє середовище продукції і процесів протягом усього періоду їх існування в техносфері. Цей широке охоплення області аналізу гарантує включення в оцінку як прямих, так і непрямих впливів продукції на навколишнє середовище [20].

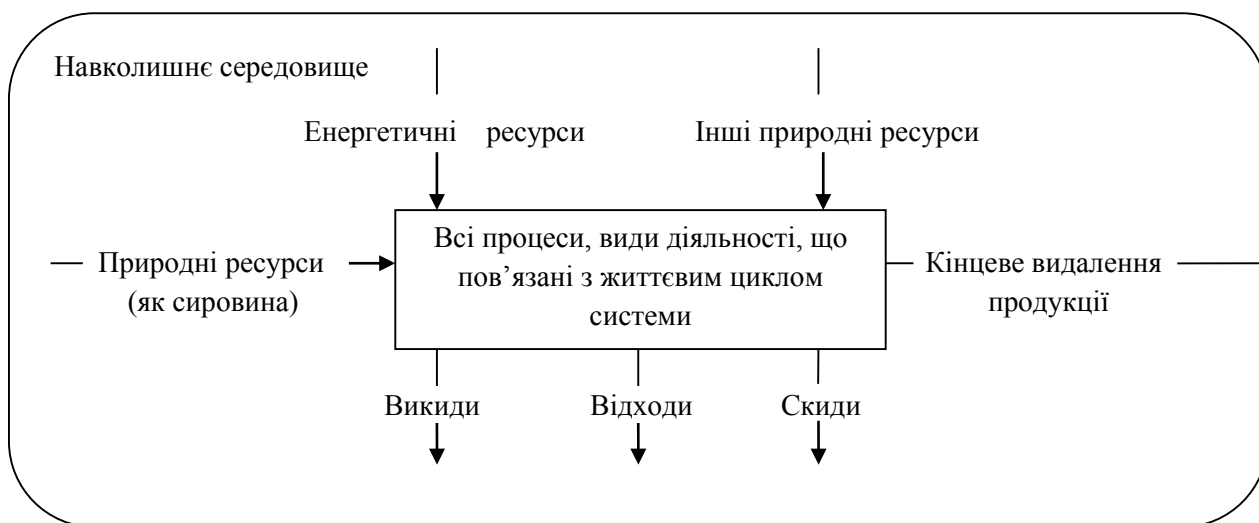


Рис. 3.1 – Концепція оцінки життєвого циклу продукції [21]

ОЦЖ є відносно молодим методом. Підходи і роздуми про життєві цикли можна знайти в старих літературних джерелах. Так, наприклад шотландський економіст і біолог Патрік Геддес (Patrick Geddes) ще в 80-і рр. 19-го століття, розробив процес, який, по-праву, можна вважати попередником інвентаризації. Його дослідження лежало в області енергопостачання при видобутку кам'яного вугілля.

У 20-му столітті оцінка життєвого циклу з'явилася в США в 60-70-х рр. Так, в 1969 році компанія Кока-кола профінансувала одне з найперших досліджень ОЖЦ, проведених в НДІ Мідвест (США) з метою порівняння різних видів пакувальних матеріалів по двом екологічним параметрам - виробництво відходів і виснаження природних ресурсів. НДІ використовував методологію названу аналізом ресурсів і екологічного профілю (REPA - Resource and Environmental Profile Analysis). Пізніше, в 1974 році тим же НДІ був розроблений проект у порівнянні декількох видів упаковки, профінансований Агентством з охорони навколишнього середовища, США. Саме ці два проекти стали класичним послідовним прикладом застосування методології ОЖЦ в конкретній компанії. Подібні дослідження в даний час називаються, головним чином, матеріальним балансом.

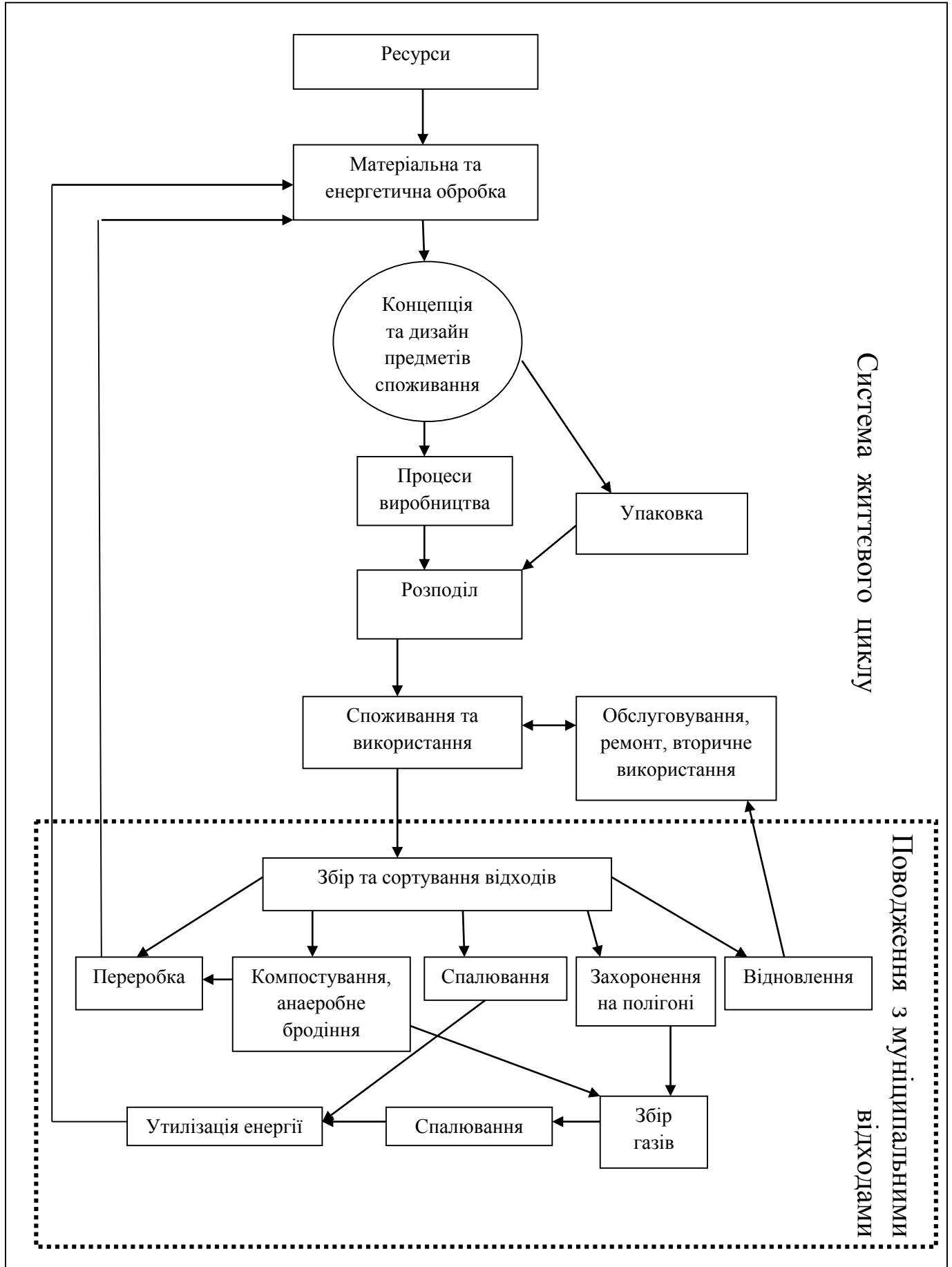


Рис. 3.2 – Схематична система життєвого циклу [22]

У Європі перші дослідження оцінки життєвого циклу були проведені в 1972 р для молочної упаковки вченим В. Обербахер (В. Oberbacher) в інституті «Battelle-Institut» у Франкфурті на Майні. Значний внесок у розвиток методології оцінки життєвого циклу також вніс в 1978 році професор Мюллер-Венк (Müller-Wenk, Universität St.-Gallen, Institut für Ökonomie und Ökologie) з університету Сант-Галлена, інститут економіки та екології (Швейцарія), який вперше розробив успішно застосовувалася на практиці концепцію обліку всіх екологічних впливів, що надаються одним підприємством. Зазнала подальший розвиток дана концепція до цих пір використовується для оцінки впливу підприємств, так і для оцінки пакувальних матеріалів і упаковки.

Розквіт застосування методу припав на 1980-і роки. В цей час на основі середньостатистичних значень був створений банк даних по найбільш часто досліджуваним препаратам (наприклад, пакувальним, будівельним матеріалів) і виробничих процесів (наприклад, різних способів вироблення енергії). Крім цього був розроблений ряд фундаментальних теорій оцінки впливу життєвого циклу, наприклад, метод «пунктів забруднення навколишнього середовища», модель «критичних обсягів забруднення». По всьому світу було проведено кілька сотень практичних досліджень.

Знаменною подією цього періоду в 1984 році стало дослідження Швейцарської Федеральної Лабораторії з Тестування Матеріалів, (EMPA) і Швейцарського федерального агентства з охорони навколишнього середовища (BUS) з питань, екологічних параметрів упаковки «Ecological report of packaging material». Термін «Оцінка життєвого циклу» (Life cycle assessment) був вперше використаний в цьому дослідженні, замінивши синонімічне «екобаланс» (Ökobilanz). Це дослідження значно вплинуло на подальший розвиток методології оцінки життєвого циклу, особливо в німецькомовних країнах і, як результат, призвело до закріплення терміна Оцінка життєвого циклу [23].

З кінця 80-х рр в сфері проведення ОЖЦ намітився перехід від ізольованого розгляду окремих екологічних аспектів до інтегрального

розгляду виробничих і продукційних систем і їх взаємодії з навколишнім середовищем. Поряд з аналізом впливу на навколишнє середовище енергетичних і матеріальних викидів, в оцінку включаються облік утворення відходів, матеріаломісткість виробничих процесів, вплив на здоров'я людини і стан ресурсів. Крім цього, після проведення Міжнародної конференції з охорони навколишнього середовища в 1992 р в Ріо-де-Жанейро було висунуто вимогу доповнити екологічні питання соціальними і економічними аспектами [24]. Після формулювання поняття «сталий розвиток» на цій же конференції, методологія оцінки життєвого циклу отримала новий імпульс для розвитку і використання в якості інструменту, який дозволяє провести всебічну оцінку процесів і продукції з метою виявлення її вкладу у збереження якості навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

Протягом останніх десяти років через швидке розвитку обчислювальної техніки і створення великих баз даних інтерес до ОЖЦ ще більше зріс. Все більше державних організацій, компаній і науково-дослідних установ застосовує ОЖЦ в процесах прийняття рішень і для розробки планів розвитку виробництва, як окремих продуктів, так і цілих секторів економіки. При цьому для забезпечення загального визнання результатів оцінки життєвого циклу, підвищення їх якості та прозорості, забезпечення порівнянності результатів різних аналізів і обмеження можливості маніпуляції була вироблена оптимальна структура проведення ОЖЦ. Основні вимоги до її проведення викладені в прийнятих в 1997 міжнародних стандартах ІСО 14040. У Україні метод ОЖЦ став відомим тільки в кінці 1990-х рр. [25-27]

Сьогодні Оцінка життєвого циклу є одним з провідних інструментів екологічного менеджменту, перспективним методом поліпшення екологічних аспектів продукції і порівняння альтернатив [25].

3.2. Стадії проведення ОЖЦ

Оцінка життєвого циклу проводиться в чотири етапи, кожен з яких відіграє важливу роль в оцінці:

- а) фаза визначення мети і сфери застосування;
- б) фаза інвентаризаційного аналізу;
- в) фаза оцінки впливу;
- г) фаза інтерпретації

На рис. 3.3. представлена структура оцінки життєвого циклу продукції. ОЖЦ є ітеративним методом [25]. Всі 4 фази взаємопов'язані, окремі етапи ОЖЦ використовують результати інших етапів. Ітеративний підхід в рамках системи і між етапами забезпечує всебічність і послідовність дослідження і представлення результатів, а також можливість повернутися на попередню стадію і зробити поправки в залежності від отриманих результатів.

Визначення мети проведення ОЖЦ полягає у формулюванні завдань планованого дослідження, причин його проведення, можливостей застосування отриманих результатів. Область застосування ОЖЦ, також визначається на першій стадії і включає визначення меж досліджуваної системи і рівень деталізації, залежить від об'єкта і призначення цілей дослідження. Глибина і широта ОЖЦ можуть значно змінюватися в залежності від цілей конкретної оцінки. Ключовим елементом у визначенні сфери застосування ОЖЦ є вибір об'єкта дослідження - функціональної одиниці. Функціональна одиниця являє собою одиницю продукту або послуги, вплив якої буде оцінюватися і порівнюватися. Першочерговим завданням функціональної одиниці є забезпечення наявності порівняльного зразка, до якого відносяться вхідні і вихідні потоки і найчастіше виражається в кількості продукту або при оцінці послуг в кількості матеріалів, необхідних для забезпечення даної послуги. При розгляді систем управління відходами функціональною одиницею служить певна кількість відходів певного складу протягом встановленого терміну функціонування системи при заданих умовах [25].

Інвентаризаційний аналіз життєвого циклу (ІАЖЦ) - друга стадія ОЖЦ. Вона являє інвентаризацію вхідних/вихідних потоків, що вивчається і передбачає збір даних, необхідних для досягнення цілей певного дослідження. Дані, що включають відомості про величину споживаної енергії і матеріалів, кількості забруднюючих речовин, що надходять в навколишнє середовище, освіту відходів визначаються для кожного процесу на протязі всього життєвого циклу досліджуваної функціональної одиниці.

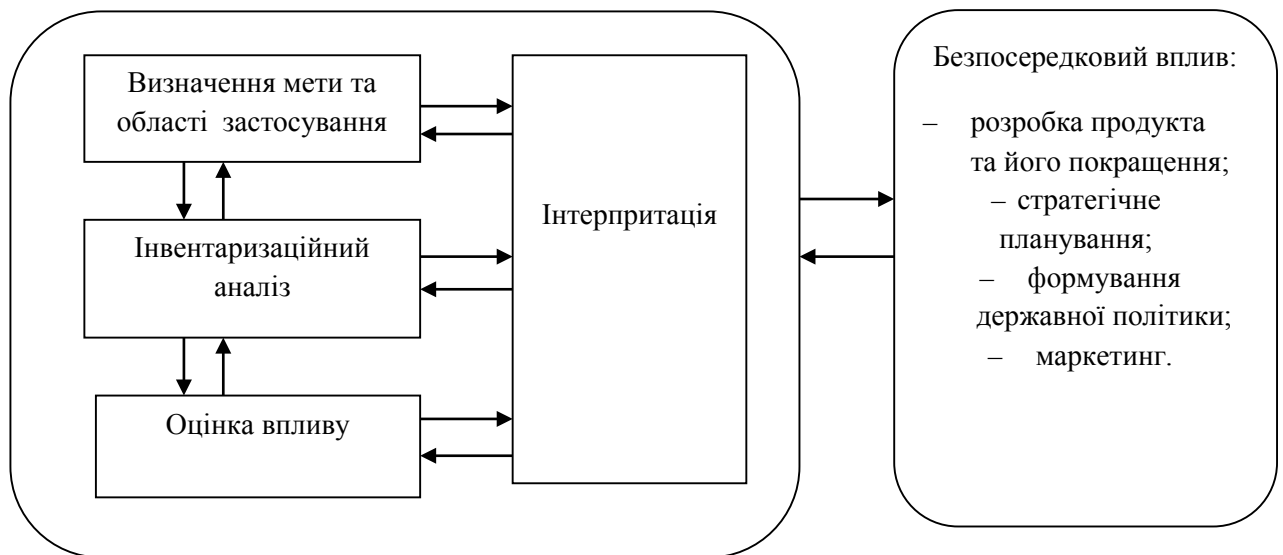


Рис. 3.3 – Стадії ОЖЦ [25]

Оцінка впливу життєвого циклу (ОВЖЦ) - третя стадія ОЖЦ. Мета ОВЖЦ - оцінка значимості потенційних впливів досліджуваної системи на навколишнє середовище на основі даних інвентаризаційного аналізу [25]. Оцінка впливу життєвого циклу є методологічно найскладнішим етапом ОЖЦ. Складність ОВЖЦ полягає в необхідності порівняння між собою різнопланових екологічних впливів, що вимагає узагальнення інвентаризованих потоків речовин або енергії зі схожими екологічними впливами в категорії впливу [25].

ОВЖЦ складається з 4 елементів:

- перший елемент - це визначення категорії впливу (зміна клімату, токсичність для людини, освітлення фотооксидантами, закислення,

евтрофікація і ін.), які найбільш повно відображають вплив аналізованої системи відповідно до цілей оцінки;

- другий елемент - класифікація, що включає розподіл результатів інвентаризаційного аналізу за різними категоріями впливу, внесок в вплив якого вони вносять. Наприклад, викиди CO_2 , CH_4 і H_2O відносяться до категорії «зміна клімату», а вуглеводні C_2H_4 , C_2H_6 враховуються в категорії «освітлення фотооксидантами»;

- третій елемент - характеристика - включає розрахунок впливу кожної забруднюючої речовини, що відноситься до певної категорії впливу. Наприклад, внесок різних парникових газів, як CO_2 , CH_4 і H_2O в «зміні клімату» розраховується за допомогою найбільш часто застосовуваного індикатора - потенціалу глобального потепління і виражається в еквівалентах CO_2 , тобто в відносних одиницях, що відбивають, скільки певної речовини буде надавати такий же вплив як одиниця вуглекислого газу;

- четвертий елемент - нормалізація розрахованих значень категорії впливу по відношенню до наявної довідкової інформації щодо існуючого навантаження на навколишнє середовище в даному регіоні або в цілому по країні. Нормалізація дозволяє оцінити внесок негативного впливу досліджуваної системи в існуюче навантаження на навколишнє середовище і провести порівняння інтенсивності різнопланових категорій впливу. Таким чином, результати нормалізації виявляють щодо «важливої» категорії впливу для певного дослідження в певному регіоні в залежності від ситуації, щодо екологічної обстановки;

- п'ятий елемент - зважування, що полягає в оцінці значущості кожної категорії впливу для об'єднання значень категорій в єдину величину, яка відобразить екологічну характеристику досліджуваної системи. Зважування дозволяє полегшити порівняння альтернативних систем, яке проводиться на підставі одного значення екологічної характеристики. Однак, зважування носить суб'єктивний характер, що призводить до втрати частини інформації і її спрощення [28].

Для проведення ОВЖЦ розроблено більше десятка методологічних підходів [29]. Найбільш часто вживаними методами для ОВЖЦ є метод «Еко-індикатори 99» і «Оцінка життєвого циклу - Практичний посібник до стандартів ІСО 2001» (СМЛ 2001) [30]. У той час як метод «Еко-індикатори 99» є методом оцінки, орієнтованим на кінцевий вплив, СМЛ 2001 оцінює причини кінцевого результату, щоб уникнути додаткових невизначеностей. Метод «Еко-індикатори 99» розглядає 3 категорії ризику:

- здоров'я людини;
- якість навколишнього середовища;
- природні ресурси [31].

Оцінка методом СМЛ 2001 закінчується на розрахунку категорій впливу. У методиці СМЛ 2001 розрахунок категорій впливу проводиться за допомогою підсумовування мас викидаються субстанцій m_i з урахуванням відповідного характеризує фактора Φ_i за формулою [32]:

$$V = \sum_{i=1}^n (m_i \cdot \Phi_i), \quad (3.1)$$

Інтерпретація життєвого циклу - кінцева стадія ОЖЦ, в рамках якої результати ІАЖЦ і (або) ОВЖЦ підсумовуються і розглядаються в якості основи для висновків, рекомендацій і прийняття рішень відповідно до певними цілями і областю поширення. Етап інтерпретації може включати в себе ітеративний процес перегляду і оновлення галузі дослідження ОЖЦ, а також характеру і якості даних, зібраних відповідно до встановленої мети. Результати інтерпретації життєвого циклу повинні відображати результати оцінювання [25]. Для перевірки достовірності отриманих результатів та оцінки якості даних на даному етапі рекомендується проведення критичного аналізу. Критичний аналіз є процесом верифікації відповідності ОЖЦ вимога 43 методології, даними, інтерпретації, звітності та встановленим принципам [25], з урахуванням впливу прийнятих припущень, невизначеностей в дослідженні.

3.3. Области застосування ОЖЦ

Методи оцінки життєвого циклу використовують практично у всіх галузях промисловості, зокрема в машинобудуванні, будівництві, електроніці, традиційної та альтернативної енергетики, виробництві полімерів, продуктів харчування, дизайні продукції та утилізації відходів.

Метод ОЖЦ може сприяти в:

- виявленні можливостей поліпшення екологічних аспектів продукції в різні моменти її життєвого циклу;
- інформування співробітників промислових, державних і недержавних організацій, наділених правом приймати рішення (наприклад, при стратегічному плануванні, визначенні пріоритетів, проектуванні і перепроєктуванні продукції або процесу);
- виборі відповідних показників екологічної ефективності, включаючи методи вимірювань;
- маркетингу (наприклад, при заяві про екологічний позові, пов'язаному з системою екологічного маркування або декларацією про екологічну чистоту продукції) [25].

Основні напрямки використання Оцінки життєвого циклу:

- аналіз походження проблеми, що стосується певного продукту;
- порівняння альтернативних варіантів даної продукції;
- розробка нової продукції;
- вибір між схожими продуктами.

ОЖЦ грає важливу роль в управлінні довкіллям щодо використання продукції. Ця роль включає порівняння з екологічної точки зору існуючих і нових продуктів, порівняння прототипів, виявлення процесів, які мають найбільший вплив на навколишнє середовище.

44

Крім прямого застосування для оцінки продукції, також ОЖЦ використовується в більш широкому контексті для розробки складних бізнес-стратегій, державної політики, що стосується різних сторін життя суспільства. Прикладами ширшого застосування ОЖЦ є:

- вибір типу упаковки. Відповідно до Директиви ЄС «Про упаковку» необхідно довести, що дана упаковка чинить менший вплив на навколишнє середовище, ніж упаковка, яку можна використовувати повторно;
- оцінка позитивного екологічного ефекту від використання різних видів біомаси, наприклад для виробництва електрики або тепла;
- стратегічне порівняння різних видів транспорту (автомобільний, залізничний, водний), як основа для інвестування в нову інфраструктуру;
- екологізація будівельної галузі. Вибір будівельних матеріалів повинен проводитися на основі проведення ОЖЦ [32].

3.4 Особливості та приклади застосування ОЖЦ

Сьогодні існують різні методи аналізу екологічних систем, наприклад оцінка екологічного ризику, оцінка екологічної ефективності, екологічний аудит і оцінка впливів на навколишнє середовище, стратегічна екологічна оцінка, аналіз матеріальних потоків. Проте, місце основного методу для оцінки впливу на навколишнє середовище систем управління відходами належить Оцінці життєвого циклу (ОЖЦ) (також відомої як аналіз «від колиски до могили») [33].

3.4.1. Обмеження методу

Незважаючи на широке застосування оцінки життєвого циклу, як метод повної оцінки технологій і процесів, а також для підтримки прийняття рішень, ОЖЦ, як і будь-який інший метод має певні обмеження [34]:

- охоплення всіх аспектів виробничої системи. Основна характеристика оцінки життєвого циклу, її цілісність, тобто охоплення всіх стадій життєвого циклу і всіх потенційних впливів на навколишнє середовище, є одночасно як перевагою, так і обмеженням методу. Широке охоплення для аналізування

повного життєвого циклу продукції можливий тільки за рахунок спрощення інших аспектів;

- лінійність моделювання. ОЖЦ розглядає всі процеси (і економічні та екологічні), як лінійні, які не змінюються в часі. За останній час досягнуто певного прогресу щодо подолання цього недоліку, однак, ОЖЦ є в корені методом, заснованому на лінійному моделюванні [32];

- неможливість оцінки всіх категорій впливу. ОЖЦ оцінює тільки критерії, які заявлені в методології дослідження, тому вона не є повною оцінкою всіх екологічних аспектів досліджуваної виробничої системи. Вибір категорії впливу, показників категорій і характеризуючих моделей залежить від цілей дослідження і проводить оцінку. Всі прийняті рішення повинні відповідати вимогам стандартів ISO і бути прозорими [27];

- доступність даних. Незважаючи на те, що бази даних були створені в багатьох розвинених країнах і формат баз даних був стандартизований, на практиці багато відомості часто виявляються застарілими, неточними, непорівнянні. Як правило, дані доступні для комбінацій процесів, як виробництво електрики, виробництво алюмінію, ніж для окремих процесів;

- оцінка впливу на навколишнє середовище. Загальноприйнятих методологій послідовної і чіткої ув'язки інвентарних даних зі специфічними потенційними впливами на навколишнє середовище не існує. Моделі категорій впливу знаходяться на різних етапах розробки;

- нарешті, останнє обмеження, стосується природи ОЖЦ, як аналітичного методу, який видає інформацію для обґрунтування прийняття рішення. ОЖЦ не може замінити сам процес прийняття рішення. Не можна сказати: «Дослідження Оцінки життєвого циклу показало, що дане рішення 46 повинно бути прийнято», але можна «На основі дослідження Оцінки життєвого циклу та інших доказах дане рішення було прийнято» [32].

3.4.2. Перспективи застосування ОЖЦ в Україні

Перші пізнання і практичний досвід в області ОЖЦ з'явився в Україні в другій половині 90-х рр. Незважаючи на наявність нормативної бази, ОЖЦ в Україні до цих пір не отримала помітного розвитку і практичного застосування. Опубліковані результати окремих українських досліджень щодо застосування ОЖЦ в промисловості для оцінки продукції - в області автомобільного та авіаційного транспорту, будівельних робіт, виробництва пакувальних матеріалів [29].

Специфіка ОЖЦ полягає в необхідності роботи з великим масивом даних, що призводить до значних часо - і трудовитрат. Через відсутність в Україні баз якісних статистичних даних про впливи найбільш широко застосовуваних технологій, що відповідають вимогам дослідження, а також вітчизняних програмних продуктів по ОЖЦ, проведення подібних досліджень вкрай утруднено. Серед проблем збору відомостей про вхідні і вихідні потоки в продукційні системи можливо виділити:

- відсутність доступу до еколого-релевантної інформації, наявної в розпорядженні компетентних державних служб або доступ до цієї інформації вкрай утруднений;

- небажання підприємств і організацій розкривати відомості про вплив на навколишнє середовище;

- недостатньо висока репрезентативність інформації через можливе прикрашання або приховування реальних даних про вплив на навколишнє середовище на промислових підприємствах;

- недостатньо високий ступінь диференціації і детальності наявних відомостей про екологічні впливи окремих процесів [29].

47

Крім цього, поширення досліджень з оцінки життєвого циклу в Україні утруднене недостатньою увагою до природоохоронної діяльності з боку держави, так і промислових підприємств, у яких через недосконалість законодавчої бази в сфері охорони навколишнього середовища, відсутня мотивація щодо зниження негативного впливу на природні об'єкти, а отже і інтерес до його оцінки та аналізу.

З точки зору особливостей, характерних для українських умов, пов'язаних з низьким рівнем розвитку екологічного поводження з відходами, з відсутністю практичного застосування різних технологій утилізації відходів, слід зазначити проблему доступності та відсутності вичерпних і достовірних даних для складання інвентаризаційного аналізу. Дана проблема вирішується тільки застосуванням зарубіжних даних інвентаризаційного аналізу, які не завжди будуть відповідати українській дійсності через специфічних місцевих умов і стандартів.

Все ж слід відзначити, що незважаючи на певні обмеження, кількість проведених за кордоном досліджень ОЖЦ зростає з кожним роком. Це означає, що даний метод є важливим аналітичним засобом для обґрунтування вибору між різними технологіями, сценаріями, що володіє надійністю, достовірністю отриманих результатів. Тому можна говорити про величезний потенціал для розвитку і застосування ОЖЦ в Україні.

3.4.3. Інформаційні технології і програмні продукти для проведення ОЖЦ

При проведенні оцінки життєвого циклу доводиться мати справу з великими обсягами даних, враховувати складні взаємозв'язки між характеризуються параметрами, що перетворює дані дослідження в дуже трудомісткий процес. Програмні продукти розроблялися з метою полегшення процесу проведення ОЖЦ, як на стадії інвентаризаційного аналізу, так і пр 48 проведенні оцінки впливів. Перші кроки були зроблені близько 20 років тому для оцінки виробничих процесів. [30].

Різні методології та програмні продукти проведення ОЖЦ систем управління відходами, як LCA - IWM, CMLCA, EASEWASTE, GaBi, SimaPro, UMBERTO були розроблені європейськими науковими інститутами і доступні в даний час для проведення оцінки впливу на навколишнє середовище систем

управління відходами. Всі ці методи мають різні аналітичними можливостями і применимостью для визначення екологічного навантаження процесів утилізації твердих відходів.

LCA - IWM - програмний продукт, спрямований на оцінку екологічної, економічної та соціальної стабільності змодельованих систем управління відходами на протязі всього життєвого циклу відходів. Програма дозволяє змодельовати ланцюг складних процесів, працювати швидко без видачі помилок, пов'язаних з програмним забезпеченням. Інтерфейс програми добре структурований і дозволяє повернутися до попередніх стадій, щоб знайти помилку, внести зміни [30].

CMLCA являє собою програмний інструмент, який підтримує технічні етапи оцінки життєвого циклу. Включає в себе проведення оцінки соціальних аспектів досліджуваної системи, оцінку ступеня стійкості системи. Основна увага в програмі приділяється передовим обчислювальним аспектам проведення розрахунків. Програма не має простий інтерфейс, графічне представлення розрахунків тільки лінійне. CMLCA безкоштовний інструмент, інвентаризаційні дані для проведення розрахунків і проведення оцінки категорій впливу в програмі відсутні.

EASETECH (EASEWASTE) - це модель, розроблена для проведення оцінки життєвого циклу систем управління твердими побутовими відходами. Програма моделює процеси вторинного використання та утилізації гетерогенних матеріальних потоків відходів, а також поведінку емісії, що супроводжують ці процеси в контексті життєвого циклу відходів. Програма 49 дозволяє вносити зміни в існуючі бази даних, змінювати показники технології і процесів, а також створювати власні модулі з подальшою їх оцінкою [30].

GaBi є інструментом оцінки життєвого циклу і інжинірингу життєвого циклу, який включає в себе безліч даних з промисловості та літературних джерел. Користувач може зв'язати набір даних, наданий базою даних GaBi, з власними даними, щоб розрахувати як інвентаризаційної відомості життєвого циклу, так і зробити оцінку впливу. Програмний продукт також робить аналіз

слабких сторін інвентаризації та оцінки впливу. Структура програмного продукту дозволяє вносити зміни і доповнення.

SimaPro - це програмний продукт, що володіє всіма функціями для проведення ОЖЦ. В рамках програми можуть бути проаналізовані будь-які складні системи управління відходами. Бази даних процесів, також як і бази даних оцінки впливу можуть бути редагувати і розширені без обмежень. SimaPro може простежити походження (причину виникнення) будь-яких отриманих результатів. Спеціальні властивості програми: численні методи оцінки впливу, численні бази даних процесів, автоматичний переклад одиниць та ін. SimaPro використовує ряд добре відомих методів оцінки впливу, наприклад CML 1992 і 1996, Eco-points і Eco-indicator 95. Дані оцінки впливу можуть бути редагувати і розширені [30].

Umberto - це інструмент оцінки життєвого циклу, який використовує графічно інтерфейс для моделювання дерева життєвого циклу таким чином, щоб можна було вводити і відстежувати матеріальні та енергетичні потоки. Umberto також має редактор оцінки впливу для полегшення проведення даної стадії ОЖЦ.

Програма для проведення оцінки життєвого циклу систем управління відходами повинна володіти гнучким програмним забезпеченням, яке дозволяє змоделювати типові, найбільш часто застосовуються сценарії, як і сценарії, які відрізняються від стандартних. Вихідні дані, закладені в програмі повинні бути високої якості, достовірними, надійними джерелами. Програм 50 повинна надавати можливість вносити свою базу даних, свої корективи і зміни вихідних існуючих даних, параметрів.

Для проведення оцінки життєвого циклу в цій науковій роботі була використана програма LCA-IWM, розроблена при реалізації дослідницького проекту ЄС «The Use of LCA (Life Cycle Assessment) Tools for the Development of Integrated Waste Management (IWM) in rapid growing economies» провідними університетами Європи для оцінки систем управління відходами в країнах з економікою, що швидко економікою [30].

Програма оцінки LCA-IWM - це інструмент, що допомагає прийняти рішення при плануванні системи управління відходами. Програма моделює сценарії утилізації відходами на рівні муніципалітетів, дозволяючи службовцю, відповідальному за планування системи управління відходами оцінити зсередини потенційний вплив, яке може мати його рішення. Для цієї мети були розроблені модулі, що представляють собою окремі процеси управління відходами, такі як [30]:

- тимчасове зберігання;
- збір;
- транспортування й утилізація.

За допомогою цих модулів користувач розробляє сценарії, які він хоче розглянути для свого муніципалітету. Оцінна складова програми складається з економічної, екологічної та соціальної систем оцінки. Основа для оцінки - критерії стійкості і кількісні показники, розраховуються програмою. Таким чином, оцінна складова містить алгоритми, що дозволяють розрахувати економічні, екологічні, соціальні аспекти даного сценарію. Необхідними вхідними параметрами для розрахунку значень показників є дані інвентаризації, наприклад, кількість викидів для оцінки екологічності або витрати для оцінки економічності. Ці вхідні параметри витягуються з модулів процесів управління відходами [18].

4 СУЧАСНИЙ СТАН І ДИНАМІКА ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

4.1. Види альтернативних джерел енергії, сучасний стан, динаміка та обсяги практичного використання в світовій практиці альтернативних джерел енергії

При збереженні існуючих темпів зростання споживання енергії через кілька поколінь людство зіткнеться з кризою такого масштабу, який буде мати катастрофічні наслідки для всього населення Землі, вважає академік Ж. Алфьоров [34]. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, в перші тридцять років XXI століття споживання енергії практично подвоїться, і його щорічний приріст складе 1,5%. Для задоволення таких зростаючих потреб очікувані інвестиції в енергетику повинні скласти приблизно 4,6 трильйона доларів. Енергетичні потреби людства обмежені природними ресурсами, які стрімко виснажуються. За оцінками фахівців, нафта буде близька до вичерпання через 40-50 років, газ - через 60-70, вугілля - через 300-400 років. Запасів дешевого урану для виробництва енергії на теплових нейтронах вистачить ще на 120 років. Оптимістично виглядає ситуація з ядерною енергетикою на швидких нейтронах. Тут ресурс оцінюється в півтори тисячі років.

Саме з цієї причини людство сьогодні приділяє все більшу увагу проблемі альтернативної енергетики. Актуальність цього завдання обумовлюється необхідністю вилучення частини сонячної енергії, що надходить на Землю, щоб не допустити перегріву планети. Ряд вчених вважають, що зростаюче збільшення скидання тепла електростанціями, всіма видами транспортних засобів, промисловими об'єктами, веде до перегріву земної поверхні. Ця загроза вимагає адекватних заходів з вилучення зайвої теплоти за допомогою широкого впровадження геліосистем. Так, наприклад, в одному зі своїх виступів в Бундестазі, міністр з охорони навколишнього середовища відзначив, що, завдяки використанню альтернативних джерел енергії, було попереджено потрапляння 50 млн. тонн вуглекислого газу в навколишнє середовище [34]. При використанні відновлюваних джерел вирішується проблема обмеженості ресурсів енергії. У табл. 4.1 наведені значення потенційної енергії таких джерел (в трильйони тонн умовного палива на рік). Ресурси будь-якого з цих джерел енергії достатні для задоволення потреб людства в сьогоденні і майбутньому. Їх повсюдне використання

дозволить вирішувати і проблеми екології. Яке саме джерело енергії знайде найбільше застосування, покаже майбутнє, але проаналізувати передумови можна вже сьогодні.

Табл. 4.1 - Потенціальна енергія відновлюємих и непоновлюємих джерел енергії [34]

Вид джерела	Потенціальна енергія, трлн. тон/рік
Сонячна енергія	131
Ветрова енергія	2
Гідроенергія	7
енергія біомаси	0,1
Вугілля	11
Уран	8
Світове споживання	0,01

Порівняємо основні відновлювані джерела енергії по ряду показників. У табл. 4.2 наведені питомі потужності різних типів електростанцій (з урахуванням площ, займаних спорудами і будівлями). При розрахунках приймалося, що всі земельні ділянки мають однакову вартість. Для теплових і атомних станцій додатково враховувалися території, зайняті під видобуток вугілля і руди. Площі виробництв будівельних і конструкційних матеріалів не враховувалися, оскільки вони приблизно однакові для всіх типів станцій 53

Очікується зменшення питомої потужності атомних станцій за рахунок збільшення територій, зайнятих під поховання відходів. Для сонячних станцій (особливо фотоелектричних) даний показник повинен збільшуватися за рахунок збільшення ККД перетворювачів сонячної енергії та більшого використання можливості розміщення їх на дахах будівель [34].

Табл. 4.2 - Питомі потужності різних типів електростанцій [34]

Тип електростанції	Питома потужність, МВт/км ²
Сонячні станції	50-100
Вітрові станції	до 15
Гідроелектростанції	до 10
Енергія біомаси	до 5
Теплові станції	до 30
Атомні станції	60-120

З таблиці видно, що кращу енерговіддачу мають сонячні станції (в перспективі очікується, що це значення ще покращиться). У такій ситуації у людства єдиний вихід - перетворення сонячної енергії, яка не порушує екологію і теплова рівновага нашої планети в цілому.

Основні положення Кіотського протоколу [35] і сформульовані для Європейського союзу рекомендації з розвитку екологічно стійкої енергетики змушують по-новому розглядати накопичений світовий досвід у використанні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Основу енергетики України складають атомні станції, гідроелектростанції та енергетика на основі викопних видів палива. Намітилося стійке зростання промислового виробництва, яке неминуче спричинить збільшення споживання енергоресурсів. Для успішного вирішення завдань енергопостачання в Україні, поряд з іншими нетрадиційними джерелами, слід вивчити можливості застосування сонячної енергії.

54

В роботі [36, 37] розглянуто сценарій використання ВДЕ в період до 2050 р виходячи з існуючих технологій і розробок. У період до 2040 р перевагу при виробництві електроенергії буде віддано вітроенергетики, а частка її виробництва з 570 ТВт год/рік в 2025 зросте в енергобалансі до 50%, в 2050 року і до 65% до 2060 р. Європейський сценарій виробництва електроенергії на базі парогазових електростанцій (ПЕС) і теплових електричних станцій (ТЕС) з використанням природного газу, біомаси та вугілля, а також установок

на ВДЕ призведе до зниження викидів CO₂ з 293 млн. т/рік в 2025 р до 276 млн. т/рік до 2040 р. Подальше зниження викидів CO₂ буде більш істотним і складе в 2050 р більш 70 млн. т/рік, т. е. близько 25%. Інтенсивність викидів CO₂ дорівнюватиме 0,125 кг/(кВтгод). В області теплопостачання зараз 88% теплоти виробляється з використанням газу, мазуту, біомаси та електроенергії, а 12% за рахунок ТЕС; до 2050 р споживання газу, мазуту і біомаси скоротиться на 32%, а місцеве виробництво теплоти за рахунок сонячних установок збільшиться на 23%.

До поновлюваних джерел енергії (ВДЕ) відносять вітрову енергетику, біоенергетику (енергія, що отримується з відходів тваринництва і рослинництва, а також енергію, отриману з органічних відходів життєдіяльності людини), енергію Світового океану, малу гідроенергетику, енергію гарячих підземних вод, сонячну енергетику [36].

4.2. Варіанти і принципові можливості використання сонячних систем в області теплозабезпечення

У країнах ЄС на частку холодильної техніки і систем кондиціонування повітря в середньому припадає до 25-30% всього енергоспоживання, що визначає сумарний внесок холодильної галузі в проблему глобального потепління. Для України, з урахуванням сонячного потенціалу (рівня сонячної радіації і кількості сонячних днів в році), одним з пріоритетних напрямків розвитку альтернативної енергетики є сонячна енергетика. Розвиток сонячної енергетики йде в напрямках: 55

- перетворення сонячної енергії в теплову енергію в системах гарячого водопостачання та опалення;

- пряме перетворення сонячної енергії в електричну (фотоелектричні перетворювачі);

- створення на основі сонячної енергії комбінованих систем тепло-хлаго- і енергозабезпечення, раціонально інтегруючих можливості традиційної та альтернативної енергетики;

- створення на основі сонячної енергії систем охолодження і кондиціонування повітря [36, 37].

4.3. Сонячні системи тепlopостачання. Основні варіанти плоских сонячних колекторів для альтернативних систем

Сонячний колектор (СК) основний елемент сонячної установки, в якому сонячне випромінювання перетвориться в теплову енергію. Все СК мають загальну складову частину - поверхневий або об'ємний поглинач тепла, яке може відводитися з колектора, або акумулюватися в ньому. СК першого типу називаються проточними, другого типу - з тепловим акумулятором.

По виду теплоносія колектори ділять на рідинні і повітряні; за рівнем досягається температури на: низькотемпературні (до 100 °С), середньотемпературні (до 200 °С) м високотемпературні (до 3500 °С). Температура нагріву теплоносія прямо пропорційна інтенсивності падаючої сонячної енергії J і обернено пропорційна тепловим втратам в навколишнє середовище U (коефіцієнт сумарних втрат тепла сонячним колектором).

До числа важливих переваг таких СК, в порівнянні з колекторами інших типів є їхня здатність вловлювати як пряму (променисту), так і розсіяну сонячну енергію і, як наслідок цього, можливість стаціонарної установки СК без необхідності в складних системах стеження за добовим рухом сонця. 56

Абсорбер (теплоприемник) плоского СК, як правило, виготовляється з матеріалу з високою теплопровідністю, з металів (сталі, алюмінію, міді). Для низьких робочих температур його можна також виготовити з пластмаси або гуми. Прозора ізоляція (в загальному випадку прозоре покриття, ПП) являє собою один або два шари скла або полімерної плівки. У разі низької температури нагріву теплоносія (до 30°) колектор може зовсім не мати

прозорої ізоляції. Корпус СК може бути виготовлений з оцинкованого заліза, алюмінію, дерева, пластика. В якості теплової ізоляції можуть застосовуватися різні матеріали: мінеральна вата, пінополіуретан тощо Низькотемпературні проточні колектори мають поверхневий поглинач і конструктивно можуть виконуватися як з відкритим потоком теплоносія, так і з панеллю або трубами, усередині яких рухається теплоносій.

Загальний недолік СК відкритого типу - високі тепловтрати, внаслідок її вія тепломасообмена між теплоносієм і світлопрозорим склінням (прозорою ізоляцією). Кращі теплотехнічні показники мають рідинні проточні колектори з поглиначами у вигляді плоскої панелі з каналами. Виконують такі панелі з металу, пластмас або ламінованих тканин. Кілька поступаються панельним поглиначі з ряду паралельних труб або з труб з плавниковими ребрами. Великого поширення набули поглиначі з листа з розташованими в тепловому контакті з ним трубами (трубним реєстром). Для таких конструкцій поглиначів особливе значення має теплопровідність з'єднань, тобто контактний опір в місці з'єднання листа і трубок. Для надійно припаяних труб вона становить 1,5 - 1,7 кВт / (м²·град), а для погано закріплених 6 - 10 Вт / (м²·град). До загальної і важливій проблемі всіх типів СК з трубним реєстром відноситься нерівномірність розподілу теплоносія по каналах абсорбера, що обумовлено безпосереднім з'єднанням гідравлічних колекторів СК з каналами теплоприемника.

57

Можна істотно збільшити ефективність СК, застосовуючи селективні покриття, що забезпечують високу поглинаючу здатність по відношенню до сонячного випромінювання і низьку власну радіаційну здатність. Таке можливо завдяки тому, що поглинання і випромінювання відбуваються в далеких один від одного областях спектра: поглинання в короткохвильовій (ультрафіолетової, видимої і високотемпературної інфрачервоної) зоні, а випромінювання - в довгохвильовій (низькотемпературної інфрачервоної). Наносячи на поглинаючу поверхню ряд тонких шарів діелектрика, металів або

їх оксидів, можна забезпечити високий коефіцієнт поглинання сонячної радіації при низького ступеня чорноти покриття.

4.4 Взаємопов'язані проблеми енергетики, екології та економіки.

Використання енергії поновлюваних джерел в даний час є одним з пріоритетних напрямків розвитку світової енергетики, що обумовлено необхідністю:

- усунення енергетичної нестабільності країн, пов'язаної з енергетичними кризами;
- зменшення обсягів шкідливих викидів, що утворюються в процесі використання традиційних енергоносіїв;
- збереження запасів енергоресурсів для майбутніх поколінь;
- збільшення витрат органічної сировини для неенергетичних потреб.

Все це стимулює необхідність впровадження енергозберігаючих технологій на основі відновлюваних екологічно чистих джерел енергії.

Існуюча тенденція до виснаження паливно-енергетичних ресурсів, зростання цін на виробництво енергії та глобальні екологічні проблеми стимулюють необхідність впровадження енергозберігаючих технологій на основі відновлюваних екологічно чистих джерел енергії. В цьому напрямку орієнтовані міжнародні програми INTAS і TESIS, однак частка нетрадиційні 58 видів енергії, які використовуються для енергозберігаючих технологій, все ще залишається незначною.

Частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному світовому енергоспоживанні в даний час складає не більше 8-10%, досягаючи в найбільш просунутих в цьому відношенні країн Європи близько 15-16%. Кінець другого тисячоліття характеризується інтенсивним зростанням обсягів використання енергії ВДЕ в більшості розвинених країн, зокрема в США, Німеччині, Іспанії, Швеції, Данії, Японії, які планують в першій половині XXI століття довести частку ВДЕ в загальному енергобалансі до 20-50%.

Поновлювані джерела енергії важливі не тільки з точки зору диверсифікації технологічної бази електрогенерації. Світова спільнота відчуває серйозну заклопотаність з приводу глобальної зміни клімату. Дослідження Міждержавної ради з глобальної зміни клімату (IPCC) переконливо довели наявність суттєвого негативного впливу людської діяльності на клімат, а також надали переконливі прогнози розвитку цих негативних тенденцій в разі неприйняття необхідних заходів щодо скорочення впливу на навколишнє середовище. Згідно з цими прогнозами, в недалекому майбутньому зміна клімату почне чинити серйозний негативний вплив на діяльність людини.

Як показало дослідження, проведене компанією Exxon Mobile, світові енергетичні потреби щорічно зростають на 1,3% і до 2040 року збільшаться на 40%, в порівнянні з 2015 р (40% цього зростання припаде на енергогенеруючий сектор). Іншими словами, сам процес генерації енергії сьогодні споживає значну частину виробленої енергії. Відповідно, викиди вуглекислого газу (CO₂), пов'язані з сектором енергетики, теж зростуть (дані наведені по Exxon Mobile) [38, 39].

Одним з ключових чинників скорочення викидів парникових газів є використання відновлюваних джерел енергії: сонця, вітру, біомаси, гідро-, приливної і геотермальної енергії. Розвиток цих технологій підтримується н 59 державному рівні в більшості розвинених країн. Зокрема, в березні 2017 року Рада Європи поставила за мету довести до 2030 р використання поновлюваних джерел до 20% від загального енергоспоживання ЄС.

Багато деталей зміни клімату досі залишаються неясними. Однак більшість вчених схиляється до висновку, що визначальним фактором глобального потепління є зростання парникового ефекту, збільшення впливу якого пов'язано зі зростаючою концентрацією в атмосфері парникових газів [38, 39]. Концентрація CO₂ в атмосфері в даний час приблизно на 30% вище, порівняно з доіндустріальним періодом розвитку цивілізації. Збільшилася концентрація в атмосфері і інших парникових газів: метану (приблизно на

150%), закису азоту, хлорфторвуглеводородів, аерозолів, що утворюються при спалюванні палива, що містить сірку. Природа вже не в змозі впоратися з антропогенним впливом викидів парникових газів, тому що їх кількість набагато вище її адаптаційних можливостей і значно перевищує максимально можливу розімкнення біотичного кругообігу для діоксиду вуглецю та інших парникових газів.

Прогноз IPCC на найближче майбутнє виглядає досить песимістично [39]: очікується збільшення середньої глобальної температури повітря на поверхні Землі до 2100 г на 1-3,5°C, в порівнянні з 1990 р., підвищення рівня Світового океану приблизно на 15-95 см від сьогоднішнього рівня (за різними оцінками - середня глобальна температура за період з 1990 по 2100 рр. зростає на 1,4-5,8 °C; за період 2000 - 2100 рр. - на 2,5-4,7 °C). Необхідно відзначити, що коливання середньоглобальної температури за останні 300 тис. років не перевищували 7°C, а перехід від останнього льодовикового періоду, максимум якого спостерігався 20 тис. років тому, супроводжувався підвищенням середньоглобальної температури всього на 5 °C [40].

На конференції ООН по навколишньому середовищу в 1992 р в Ріо-де-Жанейро був задекларований принцип екологічного розвитку (Sustainable Development), тобто концепція «самовідновлюваного» або «стійкого» розвитку [39]. В рамках цього принципу, контроль за емісією парникових газів (і перш за все CO₂) є пріоритетним напрямком. З метою скорочення емісії парникових газів на третій сесії конференції сторін UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change - об'єднаної національної конвенції зі зміни клімату) в грудні 1997 р в Кіото (Японія) був прийнятий Кіотський протокол [39]. У ньому сформульована стратегія для різних країн щодо обмеження антропогенної емісії основних парникових газів, таких як CO₂ - вуглекислий газ, N₂O - закис азоту, CH₄ – метан та SF₆ - гексафторид сірки. Виконання положень Кіотського протоколу має привести до стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, безпечному для клімату Землі. Цей рівень з одного боку повинен бути достатнім для забезпечення

можливості природної адаптації екосистеми до кліматичних змін, а з іншого - має гарантувати, що його досягнення не буде загрожувати виробництву продуктів харчування. При цьому повинна зберігатися можливість продовження економічного розвитку екостійким чином.

За оцінками кліматологів [36], критична швидкість зміни середньоглобальної температури не повинна перевищувати 0,1 °C в десятиліття, а середньоглобальної температура не повинна бути більше ніж на 1 °C вище температури в доіндустріальний період розвитку цивілізації. Рівень Світового океану повинен бути не більше ніж на 20 см вище в порівнянні з рівнем в той же період.

У 1995 р обсяг емісії діоксиду вуглецю в Україні оцінювався приблизно 658 млн. тонн [40]. Ця кількість відповідає 13 тонам на одну людину, що майже в два рази перевищує середні показники для країн Європейської співдружності (7,3 тони на людину) і майже в 11,7 разів вище норми, підтримку якої необхідно для екологічно стійкого розвитку енергетики (1,1 тонни на людину в рік) [39]. Ця норма, яку необхідно досягти до 2050 р, називається екологічним простором для CO₂. Вона визначається максимальною швидкістю, з якою атмосфера може приймати CO₂ без істотного зростання парникового ефекту навіть в далекому майбутньому.

61

Тому державам-членам Європейської співдружності настійно рекомендується вводити нові законодавчі акти в галузі екології, такі як вуглецевий податок (CO₂/енергетичний податок), посилювати норми допустимої емісії галоїдопохідних хладагентів [38] і оподаткування на випуск устаткування з низьким класом енергетичної ефективності [39]. Очевидно, що прийнята на конвенції в Кіото програма по обмеженню викидів парникових газів буде сприяти появі законодавчих актів, спрямованих на збереження енергетичних ресурсів, розробку ефективних технологій, подальше вдосконалення нормативної бази енергоспоживання.

Слід звернути увагу на те, що Кіотський протокол вступить в силу, тільки після його ратифікації в 55 країнах, які виробляли в 1990 р 55% всіх

викидів парникових газів. Тому загальних планів з контролю за емісією парникових газів поки що немає. Однак очікується, що розвинені країни будуть в найближчі роки здійснювати перші спроби зниження емісії парникових газів (до 2020 р на 5% від рівня емісії в 1990 р). Потрібно відзначити, що значна частина основного парникового газу (CO₂), а також велика кількість SO₂, NO_x та інших шкідливих речовин, потрапляє в атмосферу при виробництві електричної енергії на теплових станціях. В атмосферу Землі щорічно викидається близько 5 т діоксиду вуглецю, 0,15 т двоокису сірки, 50 т окислів азоту, 20 т твердих частинок [39].

У зв'язку з викладеним, очевидно, що питання енергозбереження та екології на сьогоднішній день є надзвичайно актуальними.

У 2016 році частка ВДЕ в структурі загального енергоспоживання України становила близько 3%, подальший розвиток відновлюваної енергетики передбачає вихід до 2030 року на 15,5%. В Україні загальний річний технічно досяжний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії в перерахунку на умовне паливо (у.п.) становить близько 63 млн. т у.п., обсяги його освоєння в 2030 році можуть досягти 50%. Основними напрямками відновлюваної енергетики в Україні, найбільш ефективними в даний час і на найближчу перспективу, є:

62

- вітроенергетика;
- сонячна енергетика;
- біоенергетика;
- гідроенергетика;
- геотермальна енергетика.

Для підтримки необхідного рівня енергоспоживання і створення екологічно стійкої енергетики в Україні необхідно вирішити ряд наступних взаємопов'язаних завдань:

- зменшити енергоспоживання України до 2030 р на 20% (в порівнянні з рівнем 1990 р), а до середини 21-го століття - на 50%;

- знизити емісію діоксиду вуглецю на душу населення до 2030 р на 30-40% (в порівнянні з рівнем 1990 р), а до 2060 р - на 90%;
- значно зменшити енергоспоживання на грошову одиницю валового національного продукту.

Слід підкреслити, що ресурсо- та енергозбереження є двома сторонами єдиного процесу: з одного боку вони ведуть до зниження емісії парникових газів і оздоровлення навколишнього середовища, з іншого боку - до досягнення екологічної збалансованості у функціонуванні національної економіки. Радикальним механізмом економічного впливу на реалізацію політики охорони навколишнього середовища є жорстка еколого-енергетична експертиза виробництв і розробка механізму економічних санкцій за перевищення квот на емісію парникових газів. Тому для комплексної оцінки впливу промисловості на навколишнє середовище необхідна розробка відповідного нормативно-методичного забезпечення.

Реалізація програми визначення квот на емісію парникових газів для кожного виробництва в значній мірі сприяла б виконанню підписаних Україною міжнародних зобов'язань з охорони навколишнього середовища:

- «Протоколу про скорочення вікідів оксидів азоту або їх транскордонного потоків» (1988 р, Софія);
- «Конвенції про транскордонного Забруднення повітря на Великі відстані» (1980 г.);
- «Протоколу про скорочення викидів сірки» (1994 р Осло) і ін.

5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ НА ПРИКЛАДІ ОСМД «БУЛЬВАР»

З огляду на розташування України (між 45 і 52 градусами північної широти) рівень сонячної радіації істотно варіюється: від 1200 кВт-година /м² на рік у північних районах до 1600 кВт-год/м² на рік в південних районах. На рівень сонячної радіації впливають і великі сезонні коливання: в середньому сонячна радіація в січні становить 1,04 кВт-годину / м², а в липні - 6,04 кВт-годину/м² в день [41].

В даний час існують передові технології по перетворенню сонячної енергії в електричну. Є ряд підприємств і організацій, які розробили і

вдосконалюють технології фотоелектричних перетворювачів: як на кремнієвих, так і на багатоперехідних структурах.

Законодавча база в сфері підтримки розвитку сонячної енергетики в Україні знаходиться в зародковому стані. Однак перші кроки вже зроблені:

- 16 жовтня 1997 року: Закон України «Про електроенергетику»;
- 20 лютого 2003 року: Закон України «Про альтернативні джерела енергії».

Сонячної електростанції, які ще кілька років тому можна було зустріти тільки на півдні країни, стають поширеним новим бізнесом практично у всіх регіонах. У 2017 році, за даними Держенергоефективності, загальна потужність введених в експлуатацію сонячних електростанцій (СЕС) склала 211 МВт. Це рекорд для материкової України. У 2016 році сумарний обсяг налічував близько 100 МВт [41].

З 2011 року в нашій стані побудовано і введено в експлуатацію СЕС на 742 МВт. У загальному обсязі виробленої електроенергії в Україні, за даними ДП Енергоринок, на сонце вже доводиться 0,53%, в той час як в 2016-му - 0,36%. Це все ще невеликі цифри. Але серед усіх компаній, що працюють за зеленим тарифом, частка СЕС зростає найшвидше.

Після десятиліть залежності від російського газу Україна поставила собі за мету отримувати 11% електроенергії з поновлюваних джерел до 2020 року. Розташування країни робить її привабливою. У той час як деякі країни мають багаті поклади нафти, Україна має хороші показники за рівнями сонячної радіації і швидкості вітру [42].

За різними оцінками, на даний момент в Україні сумарний обсяг введених потужностей сонячної генерації становить 742 МВт, велика частина з яких припадає на домогосподарства. Найбільшим промисловим об'єктом в українській сонячній енергетиці є введені в 2010 році 10 сонячних станцій Activ Solar в Україні загальною потужністю 267 МВт, що на сьогодні становить $\frac{1}{3}$ від всієї потужності сонячних електростанцій в Україні (для

порівняння, сама найбільша сонячна електростанція в світі розташовується в Канаді (потужністю 80000 кВт) [42].

Окрім наявності глобальних проблем, пов'язаних з розвитком альтернативної енергетики, як окремого галузевого спрямування, існують також і приватні проблеми, викликані практикою застосування фотогальванічних систем. Для аналізу конкретної проблематики систем сонячної енергетики розглянемо принципову схему сонячної електростанції (рис. 5.1-5.3).

Безпосередня технічна реалізація окремих модулів і підсистем сонячної електростанції може варіюватися, однак їх функціональне призначення, як правило, залишається незмінним. Сонячна електростанція складається з декількох обов'язкових елементів:

- сонячна панель - ключовий елемент, який відрізняє сонячну електростанцію від інших видів систем ВДЕ, служить первинним перетворювачем світлової енергії Сонця в електричну. Матеріал, типи, розміри і кількість сонячних панелей в одній електростанції можуть варіюватися, причому нерідко оптимальне проектне рішення пов'язане з комбінацією різних сонячних панелей в одній станції;

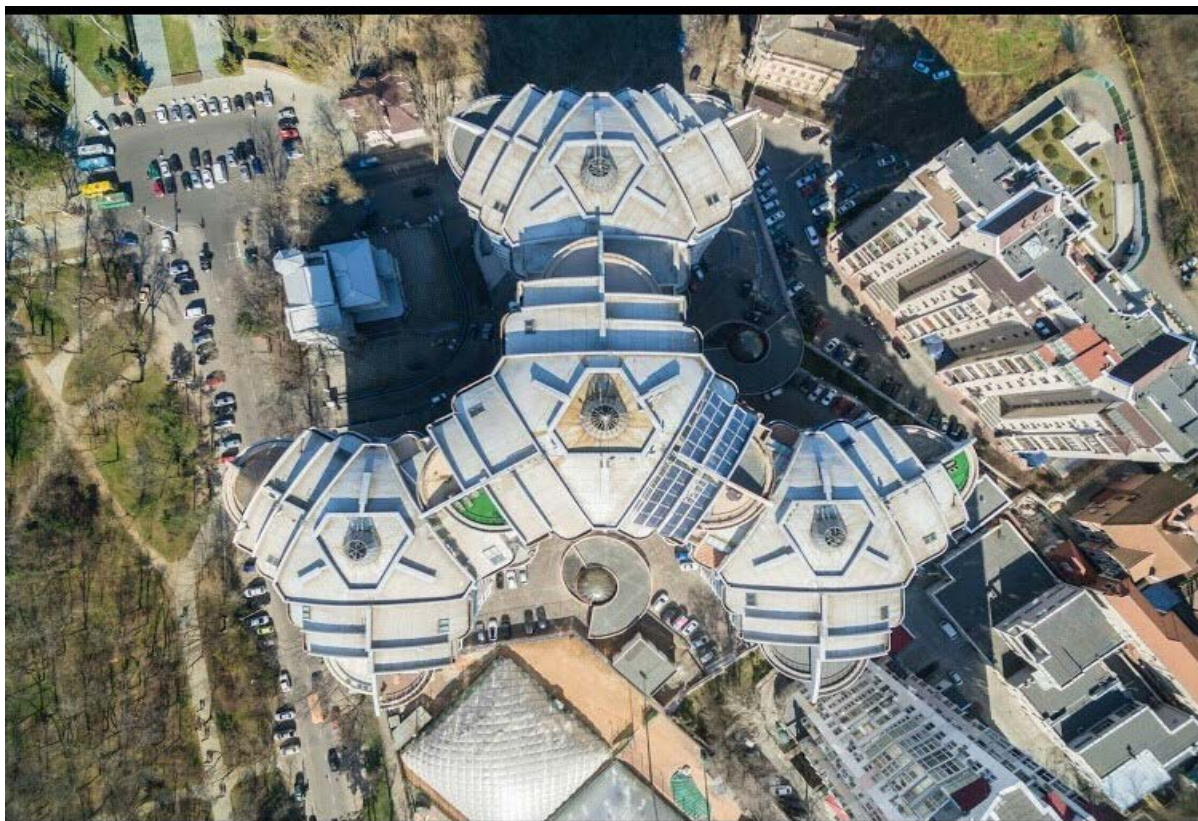


Рис. 5.1 – Загальний вигляд даху багатоквартирного жилого комплексу



Рис. 5.2 – Загальний вигляд багатоквартирного жилого комплексу



Рис. 5.3 – Приклад використання сонячних панелей на даху будинка по вул. Лева Качинського.

- акумулятори - пристрої, необхідні для накопичення електричної енергії від сонячних панелей. В силу ряду причин сонячні панелі далеко не завжди можуть видавати стабільні вихідні характеристики, що обумовлює використання акумуляторних батарей в будь-яких системах ВДЕ. Більш того, в темне або похмуре час доби використання фотогальванічних елементів не представляється можливим, тому споживачі повинні отримувати заздалегідь запасені в світлий час доби електричну енергію.

- регулятор заряду - основне контролюючий пристрій, необхідне для управління режимом роботи фотогальванічних елементів, заряду і розряду акумуляторів, підтримки заданого рівня вихідної напруги та інших функцій. Від вибору алгоритму управління і контролю залежить ефективність всієї фотоелектричної системи в цілому.

- інвертор - пристрій, що перетворює постійний струм фотоелементів в змінний. Оскільки основне навантаження більшості споживачів розрахована на 220 В змінної напруги, інвертор практично завжди є обов'язковим елементом будь-якої сонячної електростанції. В окремих випадках, якщо є навантаження, розрахована на постійне напруження, то електрична схема

проектується з урахуванням окремої гілки, розрахованої на харчування DC-споживачів.

- навантаження - власне, споживачі електричної енергії.

Важливою особливістю фотогальванічних систем є той факт, що сонячна енергія повинна не тільки ефективно перетворюватися в електричну і надаватися споживачам, але в тому числі необхідно забезпечити ефективне збереження і акумуляцію електричної енергії. Без своєчасного і ефективного накопичення електричного заряду, що генерується фотоелементами, коло застосування останніх був би вельми обмежений.

5.1 Концепція «повний життєвий цикл – life cycle assessment», як метод аналізу нових рішень та вибору перспективних напрямків розвитку альтернативних систем

До недавнього часу при порівнянні альтернативних варіантів традиційно використовувався техніко-економічний аналіз, в якому розглядалися лише стадії виготовлення і експлуатації обладнання. Останніми роками намітилася тенденція проводити аналіз обладнання за його повний життєвий цикл (тобто з урахуванням стадії утилізації). Але і у такого техніко-економічного аналізу (враховуючи всі стадії) є свої недоліки. Перш за все, він враховує тільки грошові витрати за повний життєвий цикл обладнання або систем. В даний час дуже гостро стоять екологічні проблеми (як локальні, так і глобальні). Тому робляться спроби розробки екологічних методів аналізу обладнання, або процесу. Але екологічний аналіз не можна проводити у відриві від техніко-економічного. Ще в 1988 р В.М. Бродянській, аналізуючи тенденції розвитку сучасних методів аналізу ефективності, справедливо зазначав, що в сучасних умовах розвитку промисловості повинна бути розроблена нова «техніко-економіко-екологічна оптимізація» [44].

Дуже важливо проводити паралельно і одночасно техніко-економічний і екологічний аналіз альтернативних систем, оскільки їх впровадження в промисловість часто обґрунтовують міркуваннями енергозбереження при експлуатації, не враховуючи при цьому чималі витрати на їх створення. Великі витрати на створення, складні технології виробництва обладнання, а так само наступні витрати на його утилізацію тягнуть за собою велике навантаження на навколишнє середовище, що простий техніко-економічний аналіз не враховує. Найбільш складним моментом під час проведення екологічного аналізу є правильний вибір екологічних критеріїв.

Методологія LCA за визначенням SETAC [44] - це:

- оцінка впливу на навколишнє середовище продукції (процесу), шляхом встановлення і кількісного визначення всієї використаної за повний життєвий цикл продукції (процесу) енергії і матеріалів, і відповідних шкідливих викидів в навколишнє середовище;

- оцінка можливості зниження екологічного впливу продукції (процесу), яка аналізується.

Методологія LCA розроблена відповідно до стандартів ISO 14040 (ISO 14040, 14041, 14042 і 14043). Загальна схема руху матеріальних і енергетичних потоків при виробництві сонячних колекторів і відповідна блок-схема потоків енергоресурсів, матеріальних ресурсів і емісії шкідливих речовин аналізованих систем наведені на рисунках 5.4 і 5.5.

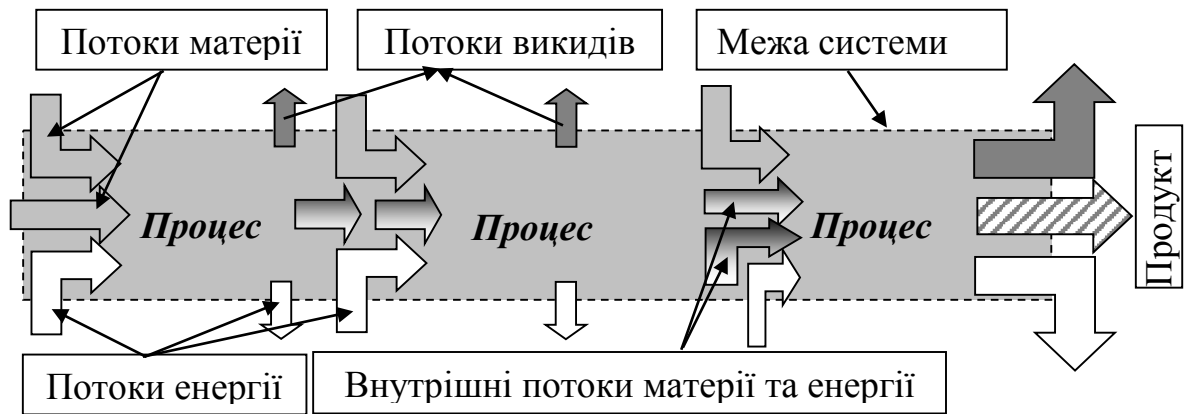


Рис. 5.4 – Загальна схема руху матеріальних і енергетичних потоків під час виробництва сонячних колекторів

Методику розрахунку екологічних індикаторів за повний життєвий цикл системи застосовують для порівняння різних альтернативних систем (продуктів, технологій і т.п.) з метою вибору системи, яка надає найменшого негативного впливу на навколишнє середовище. Розраховані в рамках методології LCA критерії можна використовувати також для виявлення потенційних можливостей зниження антропогенного навантаження досліджуваного обладнання. Виконання оцінки за допомогою методу LCA дозволяє проаналізувати антропогенний вплив на стадіях виробництва, використання та утилізації даного об'єкту, тобто в межах повного життєвого циклу існування продукту.

У найзагальнішому випадку, при аналізі, враховуються:

- витрата енергії і виділення шкідливих речовин при виробництві конструкційних матеріалів для даного об'єкту;
- споживання енергії та інших витратних матеріалів (наприклад, холодоагенту) при експлуатації об'єкта;
- додаткові витрати енергії при утилізації об'єкта (або отримання енергії при рециркуляції матеріалів утилізованого об'єкта) і всі супутні викиди шкідливих речовин.

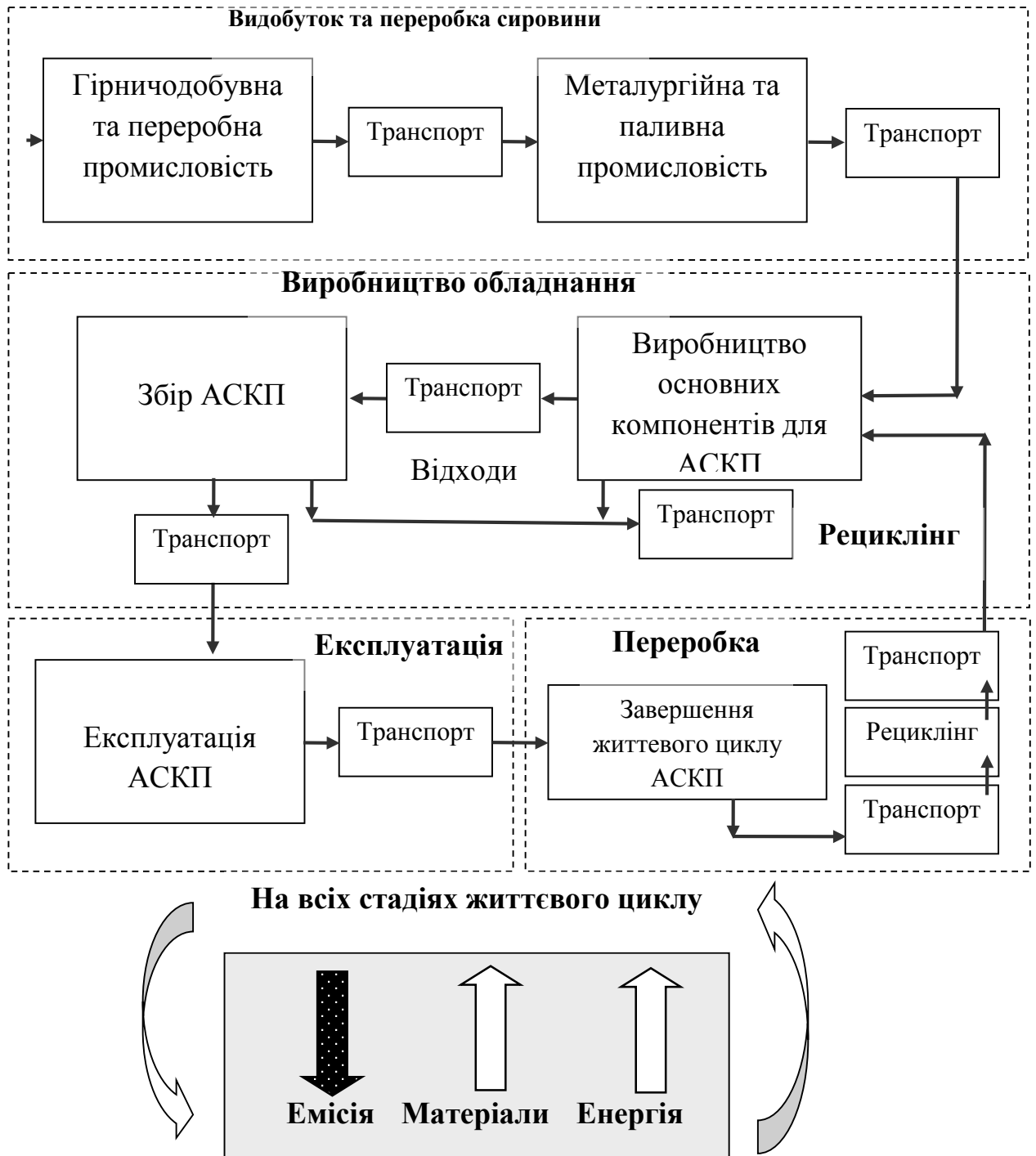


Рис. 5.5 – Спрощена блок-схема визначення системних меж у випадку методології LCA «Повний життєвий цикл» (“ECO-INDICATOR 99”)

Для оцінки перспективності застосування того чи іншого об'єкта (альтернативних систем кондиціонування повітря і їх окремих елементів) були обрані такі еколого-енергетичні критерії, які, при нинішньому економічному стані промисловості, визначають напрями її подальшого розвитку:

- вплив повного життєвого циклу порівнюваних систем на глобальну зміну клімату (відповідає повною емісії парникових газів);
- виснаження природних ресурсів при створенні, експлуатації та утилізації систем (відповідає споживанню органічного палива і мінеральних ресурсів за повний життєвий цикл системи);
- шкода, яка завдається навколишньому природному середовищу, тобто відповідають даному збитку еко-індикатори (окремо враховується шкода здоров'ю людини, екосистемі і виснаження природних ресурсів).

Розрахунок всіх обраних критеріїв заснований на методології ECO-INDICATOR 99. Цей метод був розроблений за Dutch NOH програмі спільного проекту з Philips Consumer Electronics, NedCar (Volvo/Mitshubishi), Océ Copiers, Schuurink, CML Leiden, TU-Delft, IVAM-ER and CE Delft) [44].

Вплив на клімат (за методологією ECO-INDICATOR 99) виражається в спеціальних одиницях DALY (Disability adjusted life years), тобто в цьому індикаторі враховується втрата працездатності (непрацездатність), яка викликана хворобами, від кожного конкретного виду шкідливого впливу. Така одиниця виміру використовується в методиці Eco-indicator 99.

Відповідно до широко поширеної на цей час методики оцінки повного еквівалента глобального потепління, вплив на зміну клімату прийнято виражати через кг CO₂. При розрахунках впливу на зміну клімату, враховуються всі викиди CO₂ - які мали місце при виробництві енергії і матеріалів, а також при експлуатації обладнання та його утилізації. Крім того, враховуються викиди всіх інших парникових газів на всіх стадіях повного життєвого циклу. Внесок парникових газів в зміну клімату також обчислюється в кг CO₂ (перераховується за допомогою спеціальної величини GWP парникового газу, кг/кг CO₂).

Слід зазначити, що 1 кг CO₂ відповідає 2,1·10⁻⁷ DALY.

Внесок в виснаження ресурсів виражається в мДж та показує додаткові витрати енергії, які будуть необхідні в майбутньому для вилучення руди і палива більш низької якості. Ця величина прямо пропорційна кількості спожитих енергоресурсів на створення, експлуатацію та утилізацію даного об'єкту.

Три основні категорії збитку: вплив на здоров'я людини, якість екосистеми і виснаження ресурсів, оцінюються в еко-одинацях. При розрахунку цих одиниць переслідується мета - порівняння між собою об'єктів. Тому при порівнянні можна користуватися відносними величинами.

Шкала, в якій порівнюється відносний вплив на навколишнє середовище, обрана таким чином, щоб 1 Pt (еко-одинаця) дорівнювала одній тисячній частині щорічного навантаження на навколишнє середовище, що виникає від одного середньостатистичного жителя Європи. Це значення розраховується відношенням загального навантаження на навколишнє середовище, пов'язаного з повними викидами будь-якої шкідливої речовини в Європі, до загальної кількості жителів Європи і множенням на 1000).

Слід також зазначити шкідливі впливи, які відповідають за перераховані вище три категорії збитку.

При оцінці впливу на здоров'я людини (тобто на число і тривалість хвороб, на тривалість життя) визначається вплив системи на:

- зміну клімату;
- руйнування озонового шару;
- викиди канцерогенів;
- радіоактивне випромінювання;
- шкідливі викиди в атмосферне повітря.

При оцінці впливу на якість екосистеми (тобто на біорізноманіття) визначаються:

- наявність токсинів;
- внесок в утворення кислотних дощів;

- евтрофікація водойм;
- руйнування ґрунтів.

При оцінці впливу на виснаження природних ресурсів визначається виснаження мінеральних і паливних ресурсів.

Розроблено велика база даних для визначення якості і кількості різних шкідливих впливів і викидів при виробництві певних матеріалів, яка необхідна для виконання розрахункової програми LCA [44].

Слід зазначити, що першим і обов'язковим кроком при виконанні такого аналізу є визначення всіх використаних ресурсів на всіх стадіях життєвого циклу даної системи. Це є стандартною процедурою в аналізі LCA.

При оцінці еко-індикаторів після виконання першої стадії здійснюється послідовно наступні два кроки:

- розрахунок шкідливого впливу всіх цих потоків на здоров'я людини, якість екосистеми і ресурси;
- визначення ваги кожної цієї категорії шкоди.

Після врахування вагових коефіцієнтів і підсумовування всіх шкідливих впливів ми отримали еко-індикатор, що має розмірність Pt (еко-одиниця), який можна використовувати для порівняння альтернативних об'єктів. Слід зазначити, що найбільш критичним та спорним моментом є саме визначення ваги кожної категорії. Адже деякі з них мають різні розмірності (вплив на зміни клімату - кг CO², на руйнування озонового шару - кг R11, вплив на утворення кислотних дощів - кг SO₂). Оцінити який із цих факторів є більш важливим, складно, а розглядати кожен з них окремо неможливо для отримання однозначного результату аналізу. В нашій роботі цей етап аналізу виконувався з використанням бази даних програми "SIMAPRO-6".

5.2. Порівняльний аналіз сонячних колекторів традиційного (з кольорових металів) і полімерного типу

Плоскі сонячні колектори (СК) є основним елементом систем теплопостачання ССГВ. У розділі наводиться порівняння двох типів СК:

- традиційного (з абсорбером з кольорових металів, СК-А);
- полімерного СК (з абсорбером повністю виготовленим з полімерних матеріалів, СК-П).

Метод LCA використовується як інструмент для вибору оптимального напрямку розробок і може використовуватися для визначення часу повернення енергії, витраченої на виробництво та установку СК.

Згідно моделі LCA була розрахована повна використовувана енергія і викиди, пов'язані з виробництвом, перевезенням і отриманням 1 кг матеріалу, використаного при виготовленні кожного типу СК. Всі стадії циклу життя СК були включені в модель та оцінені. Існують наступні основні відмінності між трьома типами колекторів:

- паспортний термін служби (15 років для традиційного і 10 років для перехідного і полімерного типів СК);
- кількість енергії, виробленої протягом паспортного терміну експлуатації і середня робоча температура гарячої води, що досягається в кожному колекторі (приблизно 62°C для традиційного та 58°C для перехідного і полімерного СК для кліматичних умов України в липні місяці).

Основний критерій для порівняння - 1 ГДж тепла, акумульований колектором. Кількість енергії, виробленої колектором протягом терміну експлуатації, складе:

$$W = \alpha \times [E + \varphi (Q - E)] \times \tau, \quad (5.1)$$

де E - ексергія теплоти Q , акумульована колектором за день, кДж; $\varphi = 0,12$ - константа, для ідеального нагрівання пристрою; α - кількість років експлуатації.

$$\alpha = 31 / 0,28 = 110,7, \quad (5.2)$$

де 31 - кількість днів в липні; 0,28 - частина річного тепла, акумульованого колектором в липні. Ексергія Е може також бути представлена як робота, отримана в ідеальному тепловому циклі:

$$E = (1 - T_0/T) \times Q, \quad (5.3)$$

де Т - температура гарячої води, °С; Т₀ - температура навколишнього середовища (Т₀ = 22°С для липня).

Використовуючи такі дані: Т_Т = 63°С; Т_{П-П} = 58°С; Q_Т = 13,5 МДж/день; Q_{П-П} = 12,1М Дж/день; τ_т = 15 років; τ_{п-п} = 10 років (де нижні індекси «т» і «п-п» - відповідають традиційному і полімерному типу сонячних колекторів, відповідно), ми отримуємо, що енергія, вироблена традиційним і полімерним типами СК за термін експлуатації становить: W_Т = 5,097 ГДж і W_{П-П} = 2,889 ГДж, відповідно. Збір даних за такими складовими циклу життя виробу включає визначення кількості вхідних і вихідних потоків матеріалів і енергії, пов'язаних з даним продуктом системи. Цей процес ілюстрований в таблиці 5.1.

У дослідженні взяті до уваги дев'ять типів впливу на навколишнє середовище (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Категорії, які впливають на довкілля для “Eco-indicator 99”

№	Категорія впливу	Одиниці вимірювання
1	2	3
1	Парникові гази	кг CO ₂
2	Озоновий шар	кг CFC11
3	Кислотність	кг SO ₂
4	Евтрофікація	кг PO ₄
5	Важкі метали	кг Pb
6	Канцерогени	кг BP (бензопірен)
7	Зимовий смог	кг (дрібні частинки)
8	Літній смог	кг C ₂ H ₄ (етилен)

1	2	3
9	Пестициди	Кг
10	Енергетичні ресурси	МДж
11	Тверді залишки	Кг

Два види впливу з методу ECO-INDICATOR 99 були виключені: внесок пестицидів дуже малий протягом усього циклу життя СК та внесок в емісію канцерогенних речовин також малий у порівнянні з іншими викидами (такими як спалювання, закопування сміття, виробництво енергії) та повинен бути уточнений, щоб поліпшити надійність даних щодо впливу такого виду впливу. Для визначення, який із трьох досліджуваних типів СК більш екологічно безпечний, кількісно порівнювалися їх екологічні профілі. При розрахунку проводились також визначення впливу відсоткової рециркуляції матеріалів виробів.

Стадія знищення матеріалів також включає споживання енергії. Для більшості матеріалів ця енергія і викиди збільшуються під час розбирання виробів та перевезенні матеріалів, а також при переробці або знищенні. Проте, більша частина матеріалів може бути перероблена.

Модель LCA використовувалася для оцінки екологічного впливу трьох різних СК. В ній було зроблено припущення про те, що 50% алюмінію і 70% скла згодом переробляються. Розрахунок загального об'єму енергії, яку виробляє кожний колектор під час експлуатації використовувався для розрахунку зниження викидів парникових газів (ПГ) для всіх типів порівнюваних СК (площа теплоприймача для всіх типів порівнюваних СК дорівнювала в середньому 1,25 м²). Загальна кількість матеріалів для виробництва кожного колектора представлено в таблиці 5.2.

Деталі сонячного колектора	Матеріал (вага, кг)	
	Традиційний колектор СК-А 1,25	Полімерний колектор СК-П 1,25
Корпус	Al (5,5кг)	Al (1,2кг)
Дно	Al (2,5кг)	ПК (0,6кг)
Теплоприймач	Al (8,0кг)	ПК (2,5кг)
Гідравлічний колектор	Al (2,5кг)	ПВХ (1,2кг)
Прозоре покриття	Скло (4,0кг)	ПК (1,4кг)
Теплова ізоляція	ПП (0,5кг)	ПП (0,5кг)
Загальна вага	23,0 (кг)	7,4 (кг)

Примітки: ПК – полікарбонат; СВ – скловата; ПП – пінопласт; ПВХ – полівінілхлорид.

Результати вивчення LCA для СК різних типів представлені на рисунку 5.4 при розрахунку на 1 ГДж виробленої енергії.

Результати показують, що вплив на навколишнє середовище полімерного колектора по більшості категорій багато менше, ніж для традиційного типу колектора з використанням в його конструкції кольорових металів, крім двох категорій: важкі метали і тверді відходи, де вплив на навколишнє середовище полімерного колектора трохи вище, ніж традиційного.

Повна перевага полімерного колектора з екологічної точки зору може бути зазначено за рис. 5.6. Тут представлений розрахунковий показник Eco-It, як повний екологічний фактор, який визначає масштаб екологічного впливу за ваговим чинником, який використовується в методології "eco-INDICATOR 99".

Методологія LCA дозволяють оцінити час повернення спожитої при виробництві енергії для трьох колекторів. Ця величина складає 55,2% (8,3

року), 48,7% (6,1 року) і 38,3% (3,8 року) для традиційного, перехідного і полімерного типів СК, відповідно.

На рис. 5.6 представлено повний вплив досліджених СК на навколишнє середовище при переробці 30% матеріалів, що входять до складу СК. Також був проведений розрахунок при рециркуляції 80% матеріалів. Аналіз показав, що цей фактор істотно впливає на повний вплив пристрою на навколишнє середовище і, в результаті, на терміни повернення енергії (в 1,8 рази). Полімерний СК має істотну перевагу в величині впливу на навколишнє середовище при перерахунку на 1 ГДж енергії, що виробляється. Час повернення енергії для різних типів СК істотно залежить від матеріалів, що використовуються в СК.

Різний сценарій переробки відходів може мати істотний вплив на навколишнє середовище.

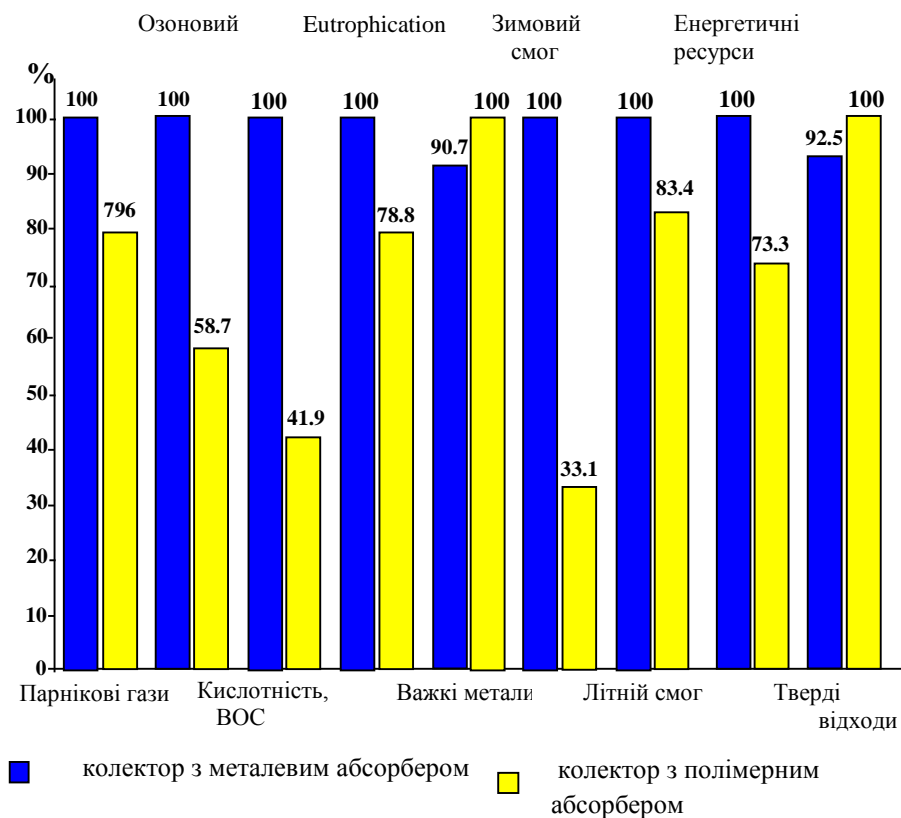


Рис. 5.5. Порівняльна характеристика впливу на навколишнє середовище традиційного алюмінієвого та полімерного типів сонячних колекторів при розрахунку на 1 ГДж виробляемого тепла

ВИСНОВКИ

1. Виконано загальний екологічний аналіз для сонячних колекторів двох типів з використанням методології та бази даних «Повний життєвий цикл» (Life Cycle Assessment, міжнародні стандарти ISO (ISO 14040, 14041, 14042 і 14043, «ECO-INDICATOR 99»).

2. Показано, що використання альтернативного сонячного колектора і призводить до меншого виснаження природних ресурсів (в тому числі, енергоресурсів), ніж традиційна ВКВ, що говорить про її більшу енергетичну ефективність.

3. Найбільший вплив на навколишнє середовище проводиться під час експлуатації системи, причому найбільший вплив в цей період пов'язано з енергоспоживанням ВКВ; внесок в загальний екологічний вплив періоду виробництва системи становить близько 25% від вкладу за весь життєвий цикл, а внесок періоду утилізації незначний; загальний екологічний вплив для альтернативної системи складає всього 60% від цього ж впливу для традиційної.

4. Полімерний сонячний колектор має істотну перевагу перед традиційним сонячним колектором у величині впливу на навколишнє середовище при перерахунку на 1 ГДж енергії, що виробляється; він призводить до меншого виснаження природних ресурсів (в тому числі, енергоресурсів), ніж традиційна ВКВ і вносить менший внесок в глобальну зміну клімату.

5. Період окупності який триває трохи більше трьох років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Синицына Т. Нужна ли солнечная энергетика в России? // Энергетика и промышленность России. 2007. № 4 (80). С. 54-51.
2. Кудря С. О, Тучинський Б. Г., Дресвянников В. С., Рамазанова З. А. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні // Вітроенергетика України. 2004. № 1–2. С. 4–7.
3. Ландау Ю. А. Гидроэнергетика и окружающая среда. – Киев: Либра, 2004. 318 с.
4. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Харьков: ХАИ., 2006. 642 с.
5. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. К.: Наукова думка, 1999. 314 с.
6. Крайнов И.П., Семенченко П.М., Боровой И.А. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы. Мариуполь: Рената, 1998. 267 с.
7. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007. 174 с.
8. Шидловський А.К. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. 559 с.
9. Електронний ресурс <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-5> (дата звернення 20.11.2018)
10. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Москва: Наука, 2008. 228 с.
11. Клавдиенко В.П., Тарасов А.П. Нетрадиционная энергетика в странах ЕС: экономическое стимулирование развития. Москва: Наука, 2006. С. 42–46.
12. Железний В. П. Методика расчета полной эквивалентной эмиссии парниковых газов в промышленности // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2004. № 6. С. 34–43.

13. Електронний ресурс [uk.wikipedia.org/wiki/ Сонячна_енергетика_України](http://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика_України) (дата звернення 22.11.2018)
14. Електронний ресурс <http://www.atmosfera.ua/stati-geliosistemy/solar-insulation-ukraine/> (дата звернення 03.12.2017)
15. Денис О.Б.. Будинок «нуль» енергії... тому що Земля і Сонце не виставляють рахунків: Львів: ЕКОінформ, 2008. 336 с.
16. Даковські М., Вянцковські С. Про енергетику для споживачів та скептиків. – Львів: ЕКОінформ, 2007. 212 с.
17. Електронний ресурс <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/87-entsiklopediya/elektroenergetika-ta-okhorona-navkolishnogo-seredovishchafunktsionuvannya-energetiki-u-suchasnomu-sviti/chastina-1-vidnovlyuvalna-netraditsijna-energetika/rozdil-2-dzherela-vidnovlyuvalnoji-netraditsijnoji-energetiki/2-1-sonyachna-energetika/241-2-1-1-sonyachna-teploenergetika> (дата звернення 30. 04. 2018)
18. Boer E. Handbook for municipal waste prognosis and sustainability assessment of waste management systems / E.Boer, J.Boer, J.Jager. – Stuttgart: Ibidem Verlag, 2005. 306 p.
19. ГОСТ Р ИСО 14040-2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. Москва: Стандартинформ, 2010 40 с.
20. Winkler J.: Comparative Evaluation of Life Cycle Assessment Models for Solid Waste Management: dissertation/ Jan Winkler; Technische Universität Dresden, in: Beiträger zu Abfallwirtschaft/Altlasten, Band 36 – Dresden, 2004.
21. Електронний ресурс www.monographies.ru/ru/book/section?id=8043 (дата звернення 4. 05. 2018)
22. Life Cycle Assessments of Energy from Solid Waste/ G. Finnveden Stockholm: Forskningsgruppen för miljÖstrategiska studier, 2000. p. 214.
23. Уланова О.В. Краткий обзор метода оценки жизненного цикла продукции и систем управления отходами // Современные проблемы науки и образования. РАЕ. 2012. № 4. С 8-12.

24. Greenpeace Deutschland: Aktuelle Okobilanzen zum Werkstoff PVC – eine kritische Prufung (critical review)/ Электроний ресурс http://archiv.greenpeace.de/GP_DOK_3P/HINTERGR/C03H136.PDF. (дата звернення 24.02.2018).

25. ГОСТ Р ИСО 14042-2001 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия жизненного цикла. Москва: Госстандарт, 2001. 29 с.

26. ГОСТ Р ИСО 14041-2000. Государственный стандарт Российской Федерации. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ. Москва: Госстандарт, 2000. 40 с.

27. ГОСТ Р ИСО 14043-02. Государственный стандарт Российской Федерации. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла. Москва: Госстандарт, 2002. 32с.

28. Tulokhonova A. Assessment of municipal solid waste management scenarios in Irkutsk (Russia) using LCA-IWM model // Waste Management & Research (WM&R). 2013 p. 25.

29. Притужалова О.А. Экологическая оценка экологического воздействия жизненного цикла продукции. Сравнительный экобаланс упаковки из комбинированных материалов в ФРГ и РФ. Диссертация. Тюмень. 2007. 281 с.

30. Unger N., Beigl P., Wassermann G. General requirements for LCA software tools Электроний ресурс: URL: <http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/infotech/ungegene.pdf> (дата звернення 21.06.2018).

31. Goedkoop M. Eco-indicator 99 Manual for Designers The Hague:Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, 2000 132 p.

32. LCA – An operational guide to the ISO-standards Part 1: LCA in perspective. Final report, 2001 Электроний ресурс: URL:

<http://www.cml.leiden.edu/research/industrialecology/researchprojects/finished/new-dutch-lca-guide.html> (дата звернення: 21.06.2018).

33. Christensen T.H. Experience with the use of LCA-modelling (EASEWASTE) in waste management // Waste Management. 2007. № 25. p. 257–262.

34. Czederna A., Tillman N.N., Herd G.C. Polimers as advanced materials for desiccant applications. 3. Alkalisalts of PSSA and poli AMPSASS, ASHRAE Trans., US, vol. 101, n. 1. 1995. P. 697-712.

35. Zhelezny, V. Assessment of Total Equivalent of Greenhouse Gases Emission in the Industry / V. Zhelezny, O. Hlieva, S. Artemenko // CD Proceedings of the 3rd Europeans Congress “Economics and Management of Energy in Industry”. – Lisboa, Portugal, 2004.

36. Handbook HVAC Application. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, 1991.

37. Hellman H.M., Grossman G. Simultation and analysis of an open-cycle dehumidifier-evaporator (DER) absorption chiller for low-grade heat utilization. Int. J. Refrig., vol. 18, no. 3. 1995. P. 177-189.

38. UNEP. Montreal Protocol on Substances That Deplete The Ozone Layer. Final Act: date 11 September 1987. 6 p.

39. Лавренченко Г., Дорошенко А. Разработка косвенно-испарительных воздухоохладителей для систем кондиционирования // Холодильная техника. 1988. №10. С. 33 -38.

40. EUREC Agency. The future renewable energy – Prospects and directions. James & James Ltd, London, 1996.

41. Дорошенко А. Испарительные охладители непрямого типа для кондиционирования воздуха // Холодильная техника. 1988. №10. С. 28-33.

42. Електронний ресурс: <http://project.liga.net/projects/sunrise/>.(дата звернення 26.11.2018).

43. Дорошенко А. Компактная теплообменная аппаратура для холодильной техники (теория, расчет, инженерная практика). Докторская

диссертация, Одесский институт низкотемпературной техники и энергетики.
Одесса. 1992. т. 1. 350 с., т. 2. 260 с.

44. Koltun P., Ramakrishnan R. Thrumarajah A. An Approach to Treatment of Recycling Processes in LCA Study. 4th Australian Life Cycle Assessment Conference, Australia, Sydney, 23-25 Feb., 2005.

ДОДАТКИ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Жеребко Г.А., Вовкодав Г. М. Екологічна оцінка використання полімерного сонячного колектора для сонячних систем гарячого водопостачання в м. Одеса / Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів. Щорічна міжнародна науково-технічна конференція. Харків: Видавничий центр Харківського національного університету будівництва та архітектури, 2018. С. 92-95

2. Жеребко Г.А., Вовкодав Г. М. Порівняльний екологічний аналіз сонячних колекторів традиційного (з кольорових металів) і полімерного типу / Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони. III міжнародний науковий семінар. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. С. 117-121.

3. Жеребко Г.А., Вовкодав Г. М. Концепція “Повний життєвий цикл – life cycle assesment”, як метод аналізу нових рішень та вибору перспективних напрямків розвитку альтернативних систем / Природні ресурси регіону: проблеми використання, ревіталізації та охорони. III міжнародний науковий семінар. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. С. 121-126.