

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ
ЕНЕРГІЇ М. ЧОРТКІВ ТА
ЧОРТКІВСЬКОГО РАЙОНУ

Аналіз потенціалу відновлюваних джерел енергії м.Чортків та Чортківського району/
Клюс С.В., Мартинюк А.М., Холодова Н., Кушнір С.С. // Громадська організація
“Еко клуб”//Рівне-2019.

Коректор: Інна Мулявка.

Цей документ дозволяється копіювати із некомерційною метою без спеціального дозволу Громадської організації “Еко клуб”, однак посилання на джерело інформації є обов'язковим.

Ця брошура створена ГО “Еко клуб” за фінансової підтримки Представництва Фонду ім. Гайнріха Бьоля в Україні та “Global Greengrants Fund”. Зміст роботи є винятково думкою авторів і не обов'язково відображає офіційну позицію Представництва Фонду ім. Гайнріха Бьоля в Україні чи “Global Greengrants Fund”.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІСТА ТА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У М. ЧОРТКІВ	4
РОЗДІЛ 2. ПОТЕНЦІАЛ БІОЕНЕРГІЇ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	7
2.1. Розрахунок потенціалу сільськогосподарських відходів	7
2.3. Розрахунок енергетичного потенціалу біогазу	15
РОЗДІЛ 3. ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В М. ЧОРТКІВ	20
ВИСНОВКИ	27
ДОДАТОК	29

ВСТУП

Через збільшення викидів парникових газів та зростання середньорічних температур людство все частіше стикається з наслідками зміни клімату та потребами зменшувати споживання енергоресурсів і змінювати види енергії, що використовується. Тому розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) повинен стати одним з пріоритетних напрямків розвитку громад. Це також питання посилення енергетичної безпеки країни.

“Зелений” тариф в Україні став дієвим механізмом підтримки проектів ВДЕ.

Проте інформації скільки саме є відновлюваних енергетичних ресурсів на місцях та на які з них громада повинна покладати найбільші надії, зовсім небагато.

Чортків є містом-піонером, яке взяло на себе зобов’язання перейти на використання лише відновлюваних джерел енергії. Це дослідження містить інформацію про потенціал сонячної енергії та потенціал різних форм біомаси м. Чортків та Чортківського району.

Органам місцевого самоврядування ця інформація дозволить прогнозувати тенденції щодо можливості реалізації проектів з розвитку ВДЕ в м. Чортків.

Для бізнесу цей аналіз є дороговказом з пошуку інвестиційних можливостей. Його ефективне застосування сприятиме створенню нових робочих місць, наповненню бюджету податками та модернізації енергетичної інфраструктури.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІСТА ТА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У М. ЧОРТКІВ

Чортків – місто обласного значення в Тернопільській області України, центр Чортківського району. Чисельність наявного населення в місті станом на 01.01.2017 р. складає 29235 осіб.

Місто Чортків розташоване у лісостеповій зоні Західно-Подільської області, в долині річки Серет – лівої притоки Дністра. Координати міста 49°1.0254' пн.ш. 25°47.8824' сх.д. Відстань до Тернополя залізницею – 90 км, автошляхами – 78 км, до Києва автошляхами – 480 км. Площа міста 30 км².

Чортків лежить на Західно-Подільському плато в межах Тернопільської структурно-пластової рівнини на висоті 262 м над рівнем моря. Для рельєфу району (на формування якого впливають карстові процеси) характерні хвилясті балочні рівнини, посічені ярами. Місто знаходиться в кліматичному районі Тернопільщини, який називають “теплим Поділлям”.

Корисні копалини району представлені будівельними матеріалами та сировиною для їх виробництва. Це поклади осадового походження, вапняки, пісковики, піски будівельні, глина, гравійно-галечникові матеріали, гіпс. Ліси займають 12 % території району, їх площа становить 10,8 тис. га, із запасом деревини 1780,4 тис. м³. На території Чортківського району переважають чорноземні та сірі опідзолені ґрунти. Висока родючість земель і сприятливі кліматичні умови сприяють розвитку вирощування сільськогосподарських культур. Ліси – дубово-грабові і грабові, в яких росте: дуб, ясен, бук, модрина, ялина, липа, клен, черешня, груша, сосна, береза, акація, плодово-ягідні чагарники (шипшина, глід, калина, терен, кизил). Пам'ятки природи: Бичківський дуб.

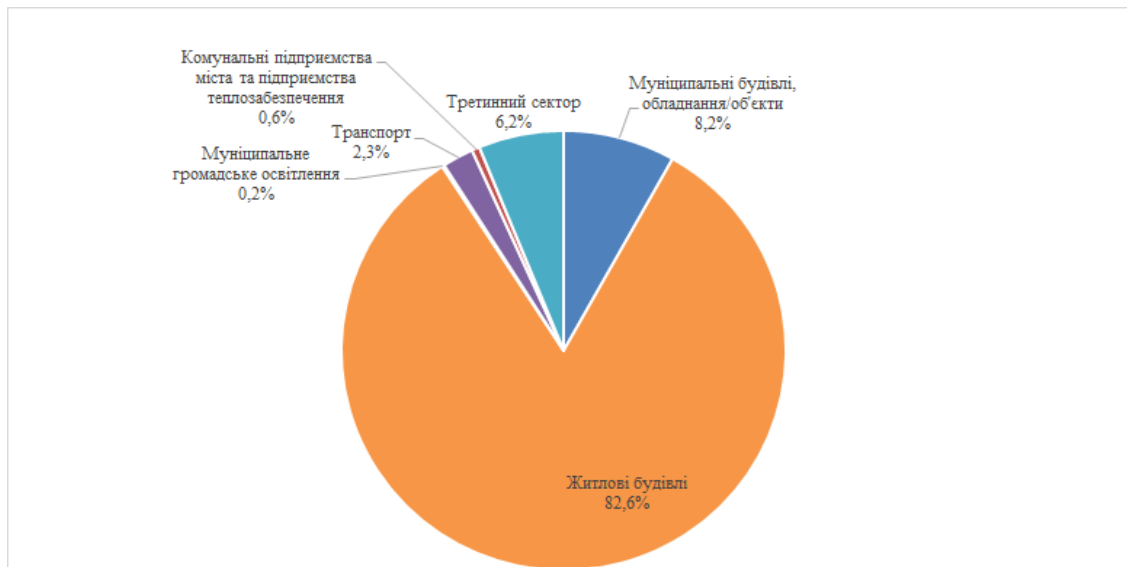
Основними споживачами енергетичних ресурсів у місті є бюджетні установи, житлові будівлі, транспорт, освітлення та промисловість. Динаміка споживання енергетичних ресурсів по секторах представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Споживання енергоресурсів по секторах у 2013-2016 роках, МВт·год

№	Категорія	Роки			
		2013	2014	2015	2016
1.	Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти	21008,22	17377,71	16207,43	16697,220
2.	Житлові будівлі	210392,26	190831,53	167349,55	169203,88
3.	Муніципальне громадське освітлення	111	120	121	316
4.	Транспорт	5417,38	5247,36	4491,81	4668,91
5.	Комунальні підприємства міста та підприємства теплозабезпечення	1000,35	1335,02	1107,36	1162
6.	Третинний сектор	13492,74	12667,06	11616	12691,34
	Всього	251421,95	227578,68	200893,15	204739,35

В цілому спостерігається тенденція до зниження енергоресурсів протягом 2013-2016 років.

За 2016 році місто спожило на 46682,6 МВт·год менше ніж за 2013 рік. Найбільшим споживачем енергії є житловий сектор – 82,6 % від загального споживання.



Мал.1.1 Споживання енергії по секторах у 2016 році, %

За видами енергетичних ресурсів найбільше споживається природного газу та електрики: 61 % та 29 % відповідно у 2016 році. Загальне споживання решти енергоресурсів становить сумарно 10 %. Детальніше з показниками споживання енергоресурсів у 2013-2016 роках можна ознайомитися в Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Споживання енергоресурсів за видами у 2013-2016 роках, МВт·год

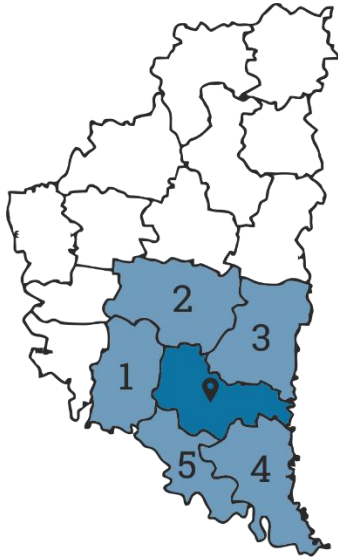
№	Вид	Роки			
		2013	2014	2015	2016
1.	Теплова енергія	17 912,17	12 683,88	1 386,29	12 516,25
2.	Природний газ	174 130,29	153 405,81	126 387,90	125 494,15
3.	Електроенергія	52 066,36	53 775,00	56 136,62	59 437,70
4.	Водопостачання та водовідведення	1 711,92	2 344,86	2 530,16	2 604,41
5.	Бензин	3 928,15	3 790,89	3 072,21	3 288,59
6.	Дизельне паливо	945,84	975,04	929,24	876,84
7.	Зріджений газ	543,39	481,43	490,36	503,48
	Всього	251 238,12	227 456,91	200 932,78	204 721,42

Нижче наведено таблицю з викидами CO₂ окремими секторами. З неї видно, що основну масу викидів продукує також житловий сектор.

Таблиця 1.3 - Базовий кадастр викидів [т CO₂]

Сектор	Електро енергія	Тепло енергія/ холод	Викопне паливо				Загалом
			Природний газ	Зріджений газ	Дизель	Бензин	
Будівлі, обладнання та промислові підприємства							
Муніципальні будівлі, обладнання/об'єкти	3 940,91	208,07	73,05				4 222,03
Житлові будівлі	38 285,28	99,01	2 303,84				40 688,13
Муніципальне громадське освітлення	101,23		0,00				101,23
Галузі промисловості поза СТВ	429,81	7,93	0,00				437,74
Третинний сектор	6 374,17	8,49	85,32				6 467,97
Всього	49 131,39	323,49	2 462,20	0,00	0,00	0,00	51 917,09
Транспорт							
Комунальний транспорт				76,92	227,16	914,78	1 218,86
Громадський транспорт				48,61	25,38	63,33	137,32
Всього	0,00	0	0	125,52	252,54	978,11	1 356,17
Разом	49 131,39	323,49	2 462,20	125,52	252,54	978,11	53 273,26

РОЗДІЛ 2. ПОТЕНЦІАЛ БІОЕНЕРГІЇ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ



Для оптимальної (з точки зору відстані) доставки біопалива з рослинних відходів від місць збору до потенційного споживача в м. Чортків, необхідно розглядати енергетичний потенціал Чортківського району та прилеглих районів Тернопільської області – Бучацький (1), Теребовлянський (2), Гусятинський (3), Борщівський (4) та Заліщицький райони (5).

Мал. 2.1 - карта Тернопільської області

2.1. Розрахунок потенціалу сільськогосподарських відходів

Оцінка потенціалу сільськогосподарських відходів може базуватися на статистичних даних вирощування сільськогосподарських культур або ж інформації про кількість сільськогосподарських відходів безпосередньо від компаній/фермерів, які працюють на території громади та зацікавлені у продажу/передачі відходів для виробництва енергії.

Переваги та обмежувальні чинники використання відходів сільського господарства:

- + не потребує виділення окремих земель та додаткових витрат на вирощування культур на енергетичні потреби;
- + рослинні відходи збираються щорічно;
- + невисока вартість сировини;
- + значна частина відходів може використовуватись для отримання енергії;
- фактична кількість рослинних відходів не є постійною, а змінюється щороку та залежить від урожайності та планів сівозмін;
- частина відходів вже використовується для потреб тваринництва, тому при розрахунках варто враховувати лише незадіяні відходи;
- економічно вигідно використовувати відходи переважно в межах однієї громади/порівняно невеликої території;
- для спалювання соломи зернових та агропелет/агробрикетів необхідно використовувати спеціально розроблене обладнання, яке запобігає плавленню золи та шлакуванню котла.

Показники, необхідні для оцінки потенціалу, та порядок розрахунку.

Розрахунок потенціалу біоенергії проводиться на основі даних щодо об'ємів лісозаготівлі, урожайності сільськогосподарських культур та поголів'я тваринницьких господарств. Для

аналізу біоенергетичного потенціалу відходів сільськогосподарських культур, доступних для використання в теплоенергетичному секторі м. Чортків, було використано дані Головного управління статистики у Тернопільській області.

Оскільки дані щодо валового збору та урожайності окремо кожної с/г культури на момент підготовки аналізу відсутні, для попередньої оцінки потенціалу цих районів було розраховано загальний енергетичний потенціал за співвідношенням посівних площ в окремих районах до загальної кількості посівних площ у Тернопільській області. Посівні площі цих шести районів (Бучацький, Тербовлянський, Гусятинський, Заліщицький та Борщівський) у 2016 році склали 42,9 % від загальної кількості посівних площ у Тернопільській області.

Посівні площі Чортківського району у 2016 році склали 41853 га, що становить 7,56 % від загальної у Тернопільській області.

Розрахунок:

1) Визначення загальної кількості соломи та рослинних відходів.

Оскільки валовий збір і врожайність сільськогосподарських культур є величиною змінною, кількість рослинних відходів також постійно змінюється. Для розрахунку кількості соломи і рослинних відходів кожної культури валовий збір основної продукції множиться на коефіцієнт відходів. Визначається коефіцієнт відходів залежно від урожайності, табл. 2.1.

Приклад: На території громади збирається 20 т ячменю.

Кількість соломи ячменю: $20 \cdot 0,9 + 6,5 = 24,5$ т соломи.

Коефіцієнт відходів $24,5/20 = 1,225$

В результаті ви отримаєте перелік всіх наявних с/г відходів, їх кількість та коефіцієнт відходів.

Таблиця 2.1 - Урожайність зернових культур і лінійні рівняння для визначення кількості рослинних відходів

Культури	Рівняння для визначення коефіцієнтів відходів x, ц/га
Озиме жито	$x = 1,0 \cdot \text{урожайність культури} + 25$
Озима пшениця	$x = 0,8 \cdot \text{урожайність культури} + 25,9$
Ярова пшениця	$x = 0,5 \cdot \text{урожайність культури} + 19,8$
Ячмінь	$x = 0,9 \cdot \text{урожайність культури} + 7,2$
Овес	$x = 0,7 \cdot \text{урожайність культури} + 16,2$
Просо	$x = 2,0 \cdot \text{урожайність культури} + 7,1$
Кукурудза	$x = 1,2 \cdot \text{урожайність культури} + 17,5$
Горох	$x = 1,2 \cdot \text{урожайність культури} + 3,0$
Гречка	$x = 1,3 \cdot \text{урожайність культури} + 10,3$
Соняшник	$x = 1,8 \cdot \text{урожайність культури} + 5,3$

Коефіцієнти відходів для соломи ріпака, сої та лушпиння соняшника розраховуються окремо та визначаються у діапазоні значень, таблиця 2.2

2) Розрахунок технічно-досяжного енергетичного потенціалу сільськогосподарських відходів.

Для розрахунку технічно-досяжного енергетичного потенціалу необхідно враховувати інші напрямки використання соломи та втрати на полі і під час транспортування¹.

Вихідні дані:

- кількість соломи, що використовується у тваринництві;
- кількість соломи, що вноситься в ґрунт як добриво;
- кількість соломи та рослинних відходів, що використовуються на інші потреби.

Для визначення кількості соломи та рослинних відходів, вільних для енергетичного використання, від загальної кількості зібраної соломи/рослинних відходів віднімається та кількість соломи, що використовується у тваринництві як добриво та на інші потреби.

У разі, якщо такі дані відсутні, для визначення технічно-досяжного енергетичного потенціалу можна скористатися коефіцієнтами з таблиці 2.2

Якщо дані щодо кількості фактично зібраної соломи/рослинних відходів відсутні, необхідно врахувати втрати, що виникають під час збору урожаю і транспортування соломи. Для цього використовуємо коефіцієнт втрат $K_{втр}$. У табл. 2.2 приведені значення всіх цих коефіцієнтів.

Таблиця 2.2 - Коефіцієнти відходів, втрат та енергетичного використання:

Назва культури і відходів	Коефіцієнт відходів $K_{від}$	Коефіцієнт втрат $K_{втр}$	Коефіцієнти енергетичного використання $K_{ен}$
Солома жита	1,6-2,2	0,1	0,5
Солома пшениці	1,4-2,0	0,1	0,5
Солома ячменю	1,1-1,5	0,1	0,5
Солома вівса	1,2-1,6	0,1	0,4
Солома проса	1,7-3,8	0,1	0,5
Солома гречки	1,7-2,6	0,1	0,8
Солома гороху	1,3-2,2	0,15	0,5
Солома рису	1,1	0,1	1,0
Солома ріпака	1,8-2,5	0,1	1,0
Солома сої	1,2-2,3	0,1	1,0
Стебла кукурудзи	1,7-3,0	0,25	1,0
Стебла соняшника	2,0-2,5	0,3	1,0
Лушпиння соняшника	0,18-0,2	0,05	1,0

¹ Клюс, С. В. “Визначення частки соломи та рослинних відходів для енергетичного використання.” *Відновлювана енергетика* 4 (2013): 82-85.

Кількість соломи і рослинних відходів ($V_{сол}$), що можуть бути використані для виробництва енергії, визначається за рівнянням:

$$V_{сол} = V_{зер} \cdot K_{від} \cdot (1 - K_{втр}) \cdot K_{ен} \quad \text{т},$$

де $V_{зер}$ – валовий збір зерна, т.

Енергетичний потенціал соломи або рослинних відходів ($П_{сол}$) визначаємо за рівнянням:

$$П_{сол} = V_{сол} \cdot Q_H^p \quad \text{т н. е.},$$

де Q_H^p – нижча теплота згоряння робочого палива, т н.е./т.

Оскільки теплота згоряння робочого палива залежить від його вологості, то значення Q_H^p приймалися для соломи з вологістю, яка була на час збирання урожаю за даними таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Нижча теплота згоряння сільськогосподарських відходів:

Назва культури і відходів	кДж/кг	ккал/кг	Q_H^p , т н.е./т
Солома жита	15461	3690	0,369
Солома пшениці	17179	4100	0,41
Солома ячменю	15922	3800	0,38
Солома вівса	16131	3850	0,385
Солома проса	12570	3000	0,3
Солома гречки	12570	3000	0,3
Солома гороху	12570	3000	0,3
Солома рису	12570	3000	0,3
Солома ріпака	15335	3660	0,366
Солома сої	15922	3800	0,38
Стебла кукурудзи	13701	3270	0,327
Стебла соняшника	13701	3270	0,327
Лушпиння соняшника	15712	3750	0,375

Приклад: Валовий збір озимої пшениці у 2016 році: 1006,5 тис. т,

урожайність – 50,1 ц/га.: $0,8 \cdot 50,1 + 25,9 = 65,98$ ц/га,

коефіцієнт відходів: $73,66 / 59,7 = 1,32$.

Кількість соломи для енергетичного використання обчислюємо за формулою, використовуючи коефіцієнти з таблиці 2.2

$$V_{\text{сол}} = V_{\text{зер}} \cdot K_{\text{від}} \cdot (1 - K_{\text{втр}}) \cdot K_{\text{ен}} = 1005,6 \cdot 1,32 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,5 = 596,5 \text{ тис. т,}$$

а енергетичний потенціал – використовуючи значення теплоти згоряння з табл 2.3

$$P_{\text{сол}} = V_{\text{сол}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 596,5 \cdot 0,41 = 244,6 \text{ тис. т н. е.}$$

Результати розрахунку:

На основі даних зі статистичного щорічника² (розділи 16.25. Виробництво культур сільськогосподарських та 16.31. Урожайність культур сільськогосподарських) розраховано енергетичний потенціал відходів у Тернопільській області за 2013-2016 роки.

Енергетичний потенціал Чортківського району прийнято як пропорційна частка енергетичного потенціалу рослинних відходів у Тернопільській області до частки площі посівних земель Чортківського району в загальній площі.

Таблиця 2.4 - Енергетичний потенціал відходів у Тернопільській області

Культури	Енергетичний потенціал, тис. т н.е.			
	2013	2014	2015	2016
Озимі				
Пшениця	179,1	217,8	224,8	244,6
Жито	1,6	1,3	1,2	1,4
Ячмінь	8,9	16,7	16,3	17,9
Ярі				
Пшениця	9,6	11,7	9,3	13,4
Ячмінь	43,1	62,0	56,6	67,7
Кукурудза на зерно	508,3	498,5	327,0	346,1
Овес	2,4	2,4	2,3	2,4
Просо	0,0708	0,0634	0,0953	0,0335
Гречка	8,0	6,0	6,7	5,8
Культури зернобобові	2,2	5,4	5,5	7,3
Соняшник	13,7	19,3	34,2	68,3
Соя	41,6	68,2	69,8	66,5
Ріпак і кольза	92,6	94,7	100,9	69,5
Всього	911,1	1004,2	854,7	910,8

² Статистичний щорічник Тернопільської області за 2016 рік. Головне управління статистики у Тернопільській області, 2017

Таблиця 2.5 - Енергетичний потенціал відходів у Чортківському районі

Культури	Енергетичний потенціал у 2016 році, тис. т н.е.	Енергетичний потенціал у 2016 році, тис. МВт·год
Озимі		
Пшениця	18,49176	215,06
Жито	0,10584	1,23
Ячмінь	1,35324	15,74
Ярі		
Пшениця	1,01304	11,78
Ячмінь	5,11812	59,52
Стебла кукурудзи на зерно	26,16516	304,30
Овес	0,18144	2,11
Просо	0,002533	0,03
Гречка	0,43848	5,10
Культури зернобобові	0,55188	6,42
Соняшник	5,16348	60,05
Соя	5,0274	58,47
Ріпак і кольза	5,2542	61,11
Всього	68,85648	800,80

2.2. Оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси

Оцінка енергетичного потенціалу деревної біомаси Чортківського району здійснюється на основі доступних статистичних даних та експертних оцінок. Процедура оцінки ґрунтується на визначенні обсягу відходів та залишків деревини. Енергетичний потенціал деревної біомаси також враховує наступні складові відходів деревообробки, придатних для енергетичного

використання: залишки від заготівлі деревини на лісосіках, відходи первинної та вторинної деревообробки, дрова³.

Переваги та обмежувальні чинники:

- + деревина має високу щільність, може довго зберігатися;
- + технології та обладнання для спалювання деревного палива відпрацьовані та не надто складні;
- значна частина деревних відходів вже використовується, тому варто це враховувати.

Розрахунок енергетичного потенціалу відходів деревини⁴.

Відходи лісозаготівлі:

Залежність для розрахунку економічного потенціалу біомаси:

$$Pe_{лсзг} = V_{згг} \cdot \rho_W \cdot K_r \cdot K_t \cdot K_e \cdot \frac{Q_{NCV0}^{fr} \cdot (100 - W) - 2,44 \cdot W}{100 \cdot Q_{LHV}^{oe}}$$

де, $V_{згг}$ – річний обсяг заготівлі ліквідної деревини (статистичні дані), щільні м³;

$W = 35\%$ (орієнтовне значення) – вміст вологи у відходах лісозаготівлі;

ρ_W – середня густина деревини із вмістом вологи $W\%$, т/м³.

Для Державного підприємства “Чортківське лісове господарство”, враховуючи структуру рубок у 2017 році⁵, склад порід дерев наступний: твердолистяні породи – 93,7 %, хвойні – 5,4 %, м’яколистяні – 0,65 %, інші – 0,25 %.

Основна порода твердолистяних – дуб ($\rho_{12} = 0,69$ т/м³), хвойних – сосна (густина у повітряно-сухому стані $\rho_{12} = 0,5$ т/м³), м’яколистяних – верба ($\rho_{12} = 0,55$ т/м³).

Для цих порід дерев за вмісту вологи більше 23 % густина розраховується за наступною залежністю:

$$\rho_W = 0,823 \cdot \frac{100}{100 - W} \cdot \rho_{12},$$

Відповідно $\rho_{W_{тв.л.}} = 0,87$, $\rho_{W_{хв.}} = 0,63$, $\rho_{W_{м'якл.}} = 0,7$.

Середня густина вологої лісової деревини:

$$\rho_W = (0,87 \cdot 93,7\% + 0,63 \cdot 5,4\% + 0,7 \cdot 0,65\%) / (93,7\% + 5,4\% + 0,65\%) = 0,86 \text{ т/м}^3;$$

K_r – коефіцієнт відходів лісозаготівлі, $K_r = 0,1$;

$K_t = 0,9$ – коефіцієнт технічної доступності відходів (для розрахунку технічного потенціалу біомаси);

³ Клюс, С. В. “Визначення та прогнозування енергетичного потенціалу деревини та її відходів.” *Науковий вісник НЛТУ України* 22.7 (2012).

⁴ Оцінка потенціалу біомаси в Одеській області (на прикладі двох районів). GIZ, Біомаса Карбон, IZES (2017)

⁵ <https://ternopilis.gov.ua/derzhlisgosp/derzhavne-pidprijemstvo-chortkivske-lisove-gospodarstvo.html>

$K_e = 0,5$ – коефіцієнт енергетичного використання відходів. Цей коефіцієнт показує, яка частка відходів може бути використана для енергетичних потреб, тоді як решта має залишитися для підтримання якості ґрунту;

$Q_{NCV0}^{fr} = 18,5$ МДж/кг – середня нижча теплота згоряння абсолютно сухої деревини;

$Q_{LHV}^{oe} = 41,868$ МДж/кг – нижча теплотворна здатність нафтового еквіваленту.

Відходи деревообробки:

залежність для розрахунку енергетичного потенціалу біомаси (т н.е.):

$$Pe_{обр} = (C_{ww} - U_{ww}) \cdot K_{oe},$$

де C_{ww} – річний обсяг утворення відходів деревообробних підприємств, т;

U_{ww} – річний обсяг утилізації відходів деревообробних підприємств, т.

Обсяг відходів деревообробки визначається за статистичними даними.

$K_{oe} = 0,310$ – коефіцієнт перерахунку у нафтовий еквівалент: теплотворна здатність відходів ($Q_{LHV} = 13$ ГДж/т, $W = 25\%$) / теплотворна здатність нафтового еквіваленту.

Дрова:

залежність для розрахунку економічного потенціалу біомаси (т н.е.):

$$Pe_{др} = Vf_w \cdot \rho \cdot K_{oe},$$

де Vf_w – річний обсяг заготівлі дров, щільні м³;

ρ – середня густина дров із вмістом вологи $W=25\%$, визначена на основі наявного складу порід дерев, т/м³. Середня густина дров розраховується на основі тих же припущень, що були зроблені для відходів лісозаготівлі, за залежністю (5):

$$\rho_w = (0,87 \cdot 93,7\% + 0,63 \cdot 5,4\% + 0,7 \cdot 0,65\%) / (93,7\% + 5,4\% + 0,65\%) = 0,86 \text{ т/м}^3;$$

$K_{oe} = 0,310$ – коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент.

За статистичними даними визначасмо енергетичний потенціал дров (паливної деревини) Державного підприємства “Чортківське лісове господарство” за 2017 рік:

$$Pe_{др} = 49,96 \cdot 0,86 \cdot 0,31 = 13,26 \text{ тис. т н. е.}$$

Таблиця 2.6 - Енергетичний потенціал деревини у Тернопільській області*

Тип	Енергетичний потенціал, тис. т н.е.			
	2013	2014	2015	2016
Відходи лісозаготівлі	2,71	2,68	2,78	2,54
Дрова (паливна деревина)	52,36	53,56	55,64	52,28
Всього	55,07	56,24	58,43	54,82

*Статистичні дані для розрахунку енергетичного потенціалу відходів деревообробки на момент підготовки звіту відсутні.

Таблиця 2.7 - Енергетичний потенціал деревини у ДП “Чортківське лісове господарство” за 2017 рік

Тип	Енергетичний потенціал, тис. т н.е.	Енергетичний потенціал, тис. МВт·год
Відходи лісозаготівлі	0,76	8,79
Дрова (паливна деревина)	13,26	154,17
Всього	14,01	162,96

2.3. Розрахунок енергетичного потенціалу біогазу

Біогаз – загальна назва суміші горючих газів, що отримується як результат процесу природного розкладання різних органічних речовин – метанового бродіння (інша назва – анаеробний мікробіологічний процес). У природному середовищі процес розкладання триває досить довго, але для отримання біогазу в промислових умовах його можна значно прискорити, передусім, завдяки створенню для бактерій оптимальних умов⁶.

Відомо понад 60 технологій отримання біогазу з відходів тваринництва, рослинних решток, стічних вод та звалищ. Отриманий біогаз може використовуватися для виробництва електроенергії з метою продажу за “зеленим” тарифом або для забезпечення потреб власного господарства.

Для отримання біогазу використовують гній, кукурудзяний силос, траву, соломку, курячий послід, пивну дробину, післяспиртову барду, жом (залишки переробки цукрових буряків), відходи переробки молока (молочна сироватка, лактоза), фруктово-ягідні відходи.

Переваги та обмежувальні чинники:

- ефективне зброджування вимагає використання складних технологічних рішень та фахових знань. Тому для забезпечення рентабельності виробництва біогазу воно має бути достатньо масштабним: слід використовувати відходи щонайменше сотень голів худоби;
- великі початкові інвестиції.
- + біогазові станції можуть використовуватися для утилізації відходів тваринницьких комплексів та спиртзаводів;
- + електростанції на біогазові можуть продавати електрику за “зеленим” тарифом, що суттєво поліпшує їхні економічні показники;
- +/- більшість субстратів мають значну вологість та малопридатні для транспортування. Тому біогазові станції доцільно розміщувати просто біля підприємств, що утворюють субстрати у процесі виробництва. У зв’язку із сезонністю сільського господарства на більшості біогазових станцій доводиться поєднувати відходи тваринництва і рослинництва.

⁶ Біогаз: сировина і особливості виробництва. <https://eenergy.com.ua/terminology/biogaz/> (01.05.2019)

Показники, необхідні для оцінки потенціалу, та порядок розрахунку.

Тут розглядається найпоширеніший варіант отримання біогазу: відходи тваринницького комплексу або великого виробництва, на кшталт цукрового, спиртового заводів або очисних споруд міста, що поєднуються із місцевими відходами рослинництва. Інші шляхи поширені значно менше та вимагають детальних місцевих вишукувань.

2.3.1. Біогаз із гною:

Залежність для розрахунку теоретичного потенціалу біогазу (т н.е.) із гною/послідом великої рогатої худоби (ВРХ), свиней та птиці:

$$E_{LS} = \sum_{i=1}^n \frac{365 \cdot N_i \cdot q_{mi} \cdot \frac{TS_i}{100} \cdot \frac{VS_i}{100} \cdot q_i^{bg} \cdot Q_{LHV}^{bg}}{Q_{LHV}^{oe} \cdot 1000},$$

де N_i – загальна кількість тварин i -го виду, голів;

q_{mi} – питомий вихід гною/послідом для тварин/птиці i -го виду, кг/(гол.·день);

TS_i – вміст сухої речовини у гної/послідом тварин/птиці i -го виду, %;

VS_i – частка органічної речовини у сухому залишку гною/послідом тварин/птиці i -го виду, %;

q_i^{bg} – очікуваний питомий вихід біогазу з гною/послідом тварин/птиці i -го виду, м³/кг СОР (суха органічна речовина);

Q_{LHV}^{bg} – очікувана нижча теплота згоряння біогазу (LHV), утвореного з гною/послідом тварин/птиці i -го виду, МДж/нм³;

$Q_{LHV}^{oe} = 41,868$ МДж/кг – нижча теплота згоряння нафтового еквіваленту.

Значення величин для розрахунку приймаємо з таблиці.

Таблиця 2.8 Коефіцієнти для розрахунку потенціалу біогазу

Вид гною/послідом	q_{mi}	TS_i	VS_i	q_i^{bg}	Q_{LHV}^{bg}
	кг/(голів·день)	%	%	м ³ /кг СОР	МДж/нм ³
Гній ВРХ:					
- господарства населення	45,35	86,7	16	0,35	23
- с/г підприємства	29,08				
Гній свиней	5,5	88,6	16	0,42	21
Послід курей	0,13	70	20	0,4	21

Технічний потенціал біогазу розраховується з теоретичного через множення на коефіцієнт технічної доступності гною/послідом K_t . Приймаємо це значення на рівні 0,9.

Економічний потенціал біогазу розраховується, виходячи з припущення про доцільність пріоритетного будівництва біогазових установок, які забезпечують роботу когенераційної установки потужністю принаймні 200 кВт_е. Таким чином, біогазовий реактор необхідного

розміру варто встановлювати на сільськогосподарських підприємствах з орієнтовною чисельністю поголів'я: ВРХ > 2000 голів, свині > 9400 голів, птиця > 420000 голів. Ці величини є середніми для умов України та враховують наявну інформацію про переважну практику утримання тварин/птиці (що впливає на утворення рідкого або твердого гною/посліду та можливий обсяг його збирання).

На основі даних, отриманих шляхом опитування найбільших фермерських господарств району, було розраховано технічний потенціал біогазу з гною тварин, який станом на 2019 рік складає: для гною великої рогатої худоби – 312,6 т н. е., для гною свиней – 857,6 т н.е., що дорівнює 3635,5 МВт-год та 9 973,9 МВт-год відповідно.

2.3.2. Енергетичні культури для виробництва біогазу:

Залежність для розрахунку економічного потенціалу біогазу (т н.е.):

$$Pe = Sec \cdot K_a^{bg} \cdot C^{bg} \cdot q_{ec}^{bg} \cdot Kt^{bg} \cdot K_{oe}^{bg} / 1000, \quad (10)$$

де Sec – площа вільних сільськогосподарських земель; розраховується як наведено в роз'ясненнях до залежності (9);

$K_a^{bg} = 0,25$ (орієнтовне значення) – коефіцієнт, що визначає, яка частка вільних с/г земель може бути використана для вирощування енергетичних культур на біогаз (для розрахунку теоретичного потенціалу біомаси). Коефіцієнт має бути уточнений з урахуванням місцевих умов;

C^{bg} – врожайність енергетичної культури на біогаз, т/га·рік;

q_{ec}^{bg} – очікуваний питомий вихід біогазу з енергетичної культури, м³/т. Для силосу кукурудзи значення за замовчуванням $q_{ec}^{bg} = 185$ м³/т;

Kt^{bg} – коефіцієнт технічної доступності біомаси (для розрахунку технічного потенціалу, який у цім випадку співпадає з економічним). Для силосу кукурудзи значення за замовчуванням $Kt^{bg} = 0,7$;

K_{oe}^{bg} – коефіцієнт перерахунку потенціалу біогазу у нафтовий еквівалент. Для біогазу із силосу кукурудзи значення нижчої теплотворної здатності за замовчуванням становить 20 МДж/м³. Відповідно, $K_{oe}^{bg} = 0,478$.

При виробництві біогазу із силосу кукурудзи необхідно додавати певну кількість рідкого гною. Таким чином, при конкретних оцінках потенціалу біогазу необхідно враховувати наявність ВРХ у сусідніх господарствах. Господарства з поголів'ям корів понад 100 можна розглядати як потенційних постачальників гною для установки з виробництва біогазу із силосу кукурудзи.

2.3.3. Біогаз зі звалищ:

Біогаз виробляється природним шляхом за рахунок анаеробних бактерій на полігонах твердих побутових відходів, його називають звалищним газом. Звалищний газ із високим вмістом метану може бути небезпечним для людей і навколишнього середовища, оскільки є легкозаймистим. Метан також є парниковим газом. Біогаз містить у невеликих кількостях сірководень, що при високих концентраціях є шкідливим і потенційно токсичним з'єднанням.

Розрахунок енергетичного потенціалу біогазу зі звалищ:

Для попередньої оцінки енергетичного потенціалу звалищного газу найчастіше застосовують методику Landfill Gas Generation Model (LandGEM), яку рекомендує Американське агентство охорони навколишнього середовища (US EPA)⁷.

Рівняння утворення біогазу зі звалищ:

$$Q = 2 \cdot k \cdot L_0 \cdot M \cdot e^{-kt}$$

де Q – об'єм утворення біогазу, м³;

k – швидкість розкладу відходів. Для полігонів в місцевостях, що мають менше ніж 635 мм атмосферних осадів на рік приймаємо k=0,02;

L₀ – потенціал утворення метану, м³ / м³;

M – кількість вивезених відходів, м³ / рік;

t – вік відходів, роки.

Також розрахунок енергетичного потенціалу біогазу можна проводити за формулою⁸:

$$V_{р.б.} = P_{ТПВ} \cdot K_{л.о.} \cdot (1 - Z) \cdot K_p,$$

де V_{р.б.} – розрахункова кількість біогазу, м³ ;

P_{ТПВ} – загальна маса ТПВ, які складуються на полігоні, кг;

K_{л.о.} – вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів (K л. о. = 0,5-0,7);

Z – зольність органічної речовини (Z = 0,2-0,3);

K_p – максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період (K_p = 0,4-0,5).

Для врахування непередбачених обставин застосовуються коефіцієнти при розрахунку питомого об'єму біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів:

$$V'_{р.б.} = V_{р.б.} \cdot K_k \cdot K_{н.о.}$$

де V'_{р.б.} – розрахункова кількість біогазу, м³

K_k – коефіцієнт ефективності системи збору біогазу (K_k=0,5);

K_{н.о.} – коефіцієнт поправки на непередбачені обставини (K_{н.о.} = 0,65 – 0,70).

Розрахунок потенціалу біогазу з твердих побутових відходів Чортківського сміттєзвалища проведемо за формулою, передбаченою чинним ДБН В.2.4-2-2005 “Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування”.

Відповідно до проекту “Сміттєзвалище в м. Чорткові” Чортківським комбінатом комунальних підприємств використовується земельна ділянка площею 5,5 га під сміттєзвалище твердих побутових відходів.

Сміттєзвалище в м. Чорткові експлуатується з 1973 року.

Обсяг видалених відходів згідно з обстеженнями і розрахунками станом на 2003 рік складав приблизно 303 тис м³, площа зайнята сміттєзвалищем – 5,5 га,

За даними статистичного щорічника, станом на 2016 рік було накопичено 232958 тонн.

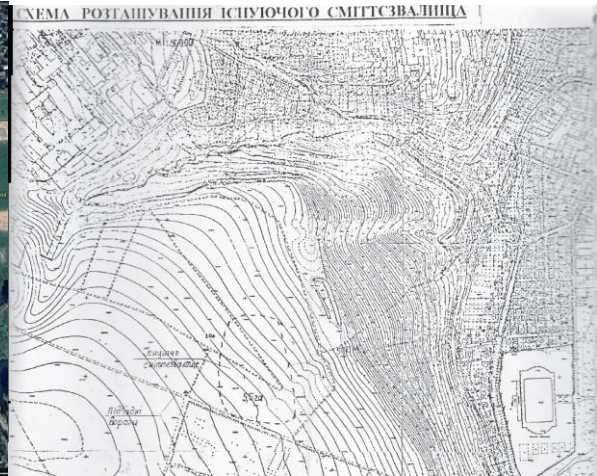
$$V_{звал} = 232958 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,25) \cdot 0,45 = 47174 \text{ тис м}^3$$

⁷ Петрушка, І. М., О. Р. Попович, Г. О. Жук. "Біогазовий потенціал Львівського полігону твердих побутових відходів." (2009).

⁸ ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування»

У 2016 році у місті утворилося 6772 т твердих побутових відходів. Відповідно, потенціал біогазу з твердих побутових відходів за 2016 рік

$$V_{\text{річн}} = 6772 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,25) \cdot 0,45 = 1371,33 \text{ м}^3$$



РОЗДІЛ 3. ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В М. ЧОРТКІВ

Під виразом “сонячна енергетика” зазвичай мається на увазі використання енергії сонячного випромінювання, яку за допомогою відповідного обладнання перетворюють у теплову або електричну. До основних переваг сонячної енергетики можна віднести загальнодоступність та невичерпність джерела енергії, тоді як основним недоліком є залежність генерації від погодних умов та роботу під час світлового дня. Це зумовлює потребу в акумулюванні надлишкової отриманої енергії або використанні інших джерел енергії для забезпечення попиту. На сьогодні технічно можливо реалізувати енергетичні комплекси з використанням джерел відновлюваної енергії та систем акумулювання, що дозволяють повністю забезпечити енергетичні потреби.

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як фотоелектричного (сонячні електростанції), так і теплоенергетичного (геліоколектори) обладнання.

Фотоелектричне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом усього року, термін ефективної експлуатації теплоенергетичного обладнання знаходиться в межах від 7 місяців (з квітня до жовтня) до 5 місяців (з травня до вересня).

Основним параметром, що визначає потенціал сонячної енергії, є кількість сонячної радіації. Для географічних координат м. Чортків показник середньорічної кількості сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні, за даними PVGIS⁹ складає 1060 кВт·год/м². Це один з найменших показників на території України, проте цілком достатній для ефективного використання доступної сонячної енергії.¹⁰

Так, загалом на м. Чортків щороку потрапляє приблизно $3,18 \times 10^4$ ГВт·год сонячної енергії. Для порівняння, якщо повністю покрити території міста сонячними панелями, цю енергію можна перетворити на 3400073,8 тис. кВт·год, що більше ніж в 44 рази перевищує споживання електроенергії в м. Чортків у 2016 році. Інформація щодо площі дахів всіх будівель в Чорткові, що придатна для встановлення панелей, наразі відсутня, проте на основі даних щодо площі дахів деяких бюджетних закладів було проведено розрахунки потенціалу сонячної енергетики цих будівель.

Розрахунок потенціалу сонячної енергії складається з двох великих частин:

1. Теоретичний потенціал, який можна розрахувати беручи до уваги площу всіх вільних земельних ділянок та всіх вільних дахів будівель у місті.
2. Технічно доступний потенціал. Для цього методу, окрім наявних вільних ділянок, необхідно враховувати віддаленість ліній електропередач та можливість підключення до мереж.

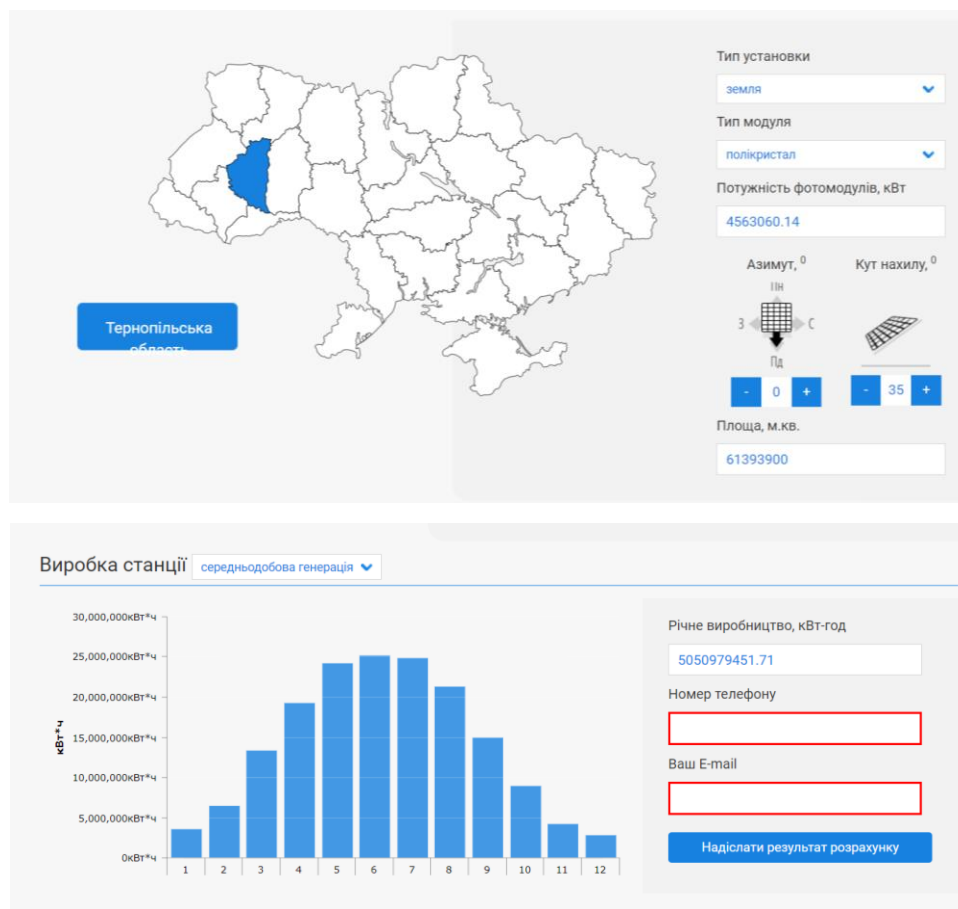
В нашому дослідженні ми розрахували теоретичний потенціал наземних сонячних станцій в Чортківському районі. Для цього ми використали дані про площу ненаданих земель запасу за межами та в межах населених пунктів в 2017 році, що становила 6139.39 га¹¹

⁹ PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

¹⁰ Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії. ІВЕ НАНУ, Київ 2019.

¹¹ Інвестиційний паспорт Чортківського району за 2017 рік.

Для розрахунку теоретичного потенціалу ми скористалися калькулятором на сайті <https://sun-energy.com.ua/>



Мал. 3.1 Розрахунок теоретичної потужності СЕС на невикористаних землях запасу в Чортківському районі

Теоретично доступний потенціал наземних СЕС, що можна розмістити на землях запасу в Чортківському районі, становитиме 4563 МВт.

Ця величина є дуже приблизною і враховує лише землі запасу, що не використовуються, та не враховує землі, які зараз використовуються для ріллі або є приватною власністю. Також при розрахунку реального потенціалу необхідно враховувати санітарні норми, складнощі рельєфу та інше. Тобто фактично під встановлення сонячних електростанцій може бути придатною лише частина наявних земель.

Важливим фактором для реалізації потенціалу сонячної енергії є наявність необхідної інфраструктури для приєднання до мереж ТОВ “Тернопільобленерго”.

Необхідно враховувати розміщення трансформаторних підстанцій (ПС) та ліній електропередач (ЛЕП).

Потенціал дахових електростанцій

Реалізація проекту дахової СЕС можлива практично для всіх будівель комунальної власності та бюджетних установ з придатним для монтажу конструкцій дахом та можливістю підключення до трансформаторної підстанції чи електрощитової будівлі.

Для деяких бюджетних закладів м. Чорткова була попередньо проведена оцінка теоретичної потужності СЕС, що може бути споруджена на даху

Таблиця 3.1 Попередня оцінка потенціалу використання плоских дахи бюджетних закладів під СЕС

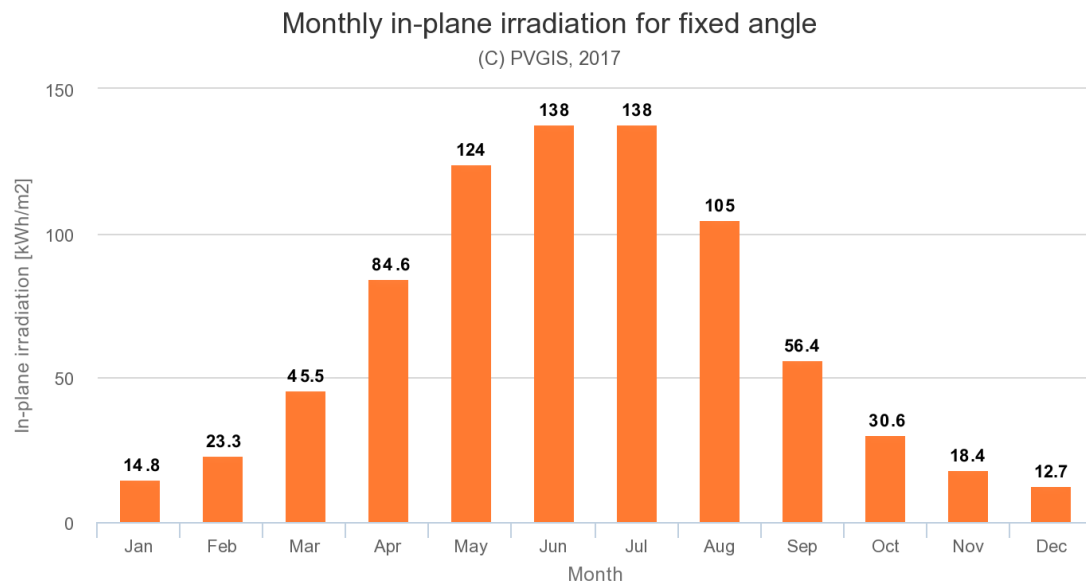
Назва об'єкту	Площа даху, кв.м	Теоретична встановлена потужність, кВт
1. ЗОШ №1 осн.корп	427,3	59,8
спортзал	370,9	51,9
2. ЗОШ №5	5480	767,2
3. ЗОШ №7	1919,7	268,8
4. ДНЗ №1	1276,5	178,7
5. ДНЗ №7	983,8	137,7
6. ДНЗ №8	579,6	81,1
7. ДНЗ №9	1157	162
Разом	12194,8	1707,3

Кількість виробленої електроенергії сонячними електростанціями залежить від показників сонячної радіації. Вони можуть залежати від географічних параметрів розташування об'єкту, від затінення деревами, сусідніми будівлями чи іншими елементами конструкції будівлі, так і від параметрів самої станції серед яких ключові – параметри фотоелектричних модулів та кут нахилу модулів.

Ці дані беруться до уваги при моделюванні річного виробництва електроенергії.

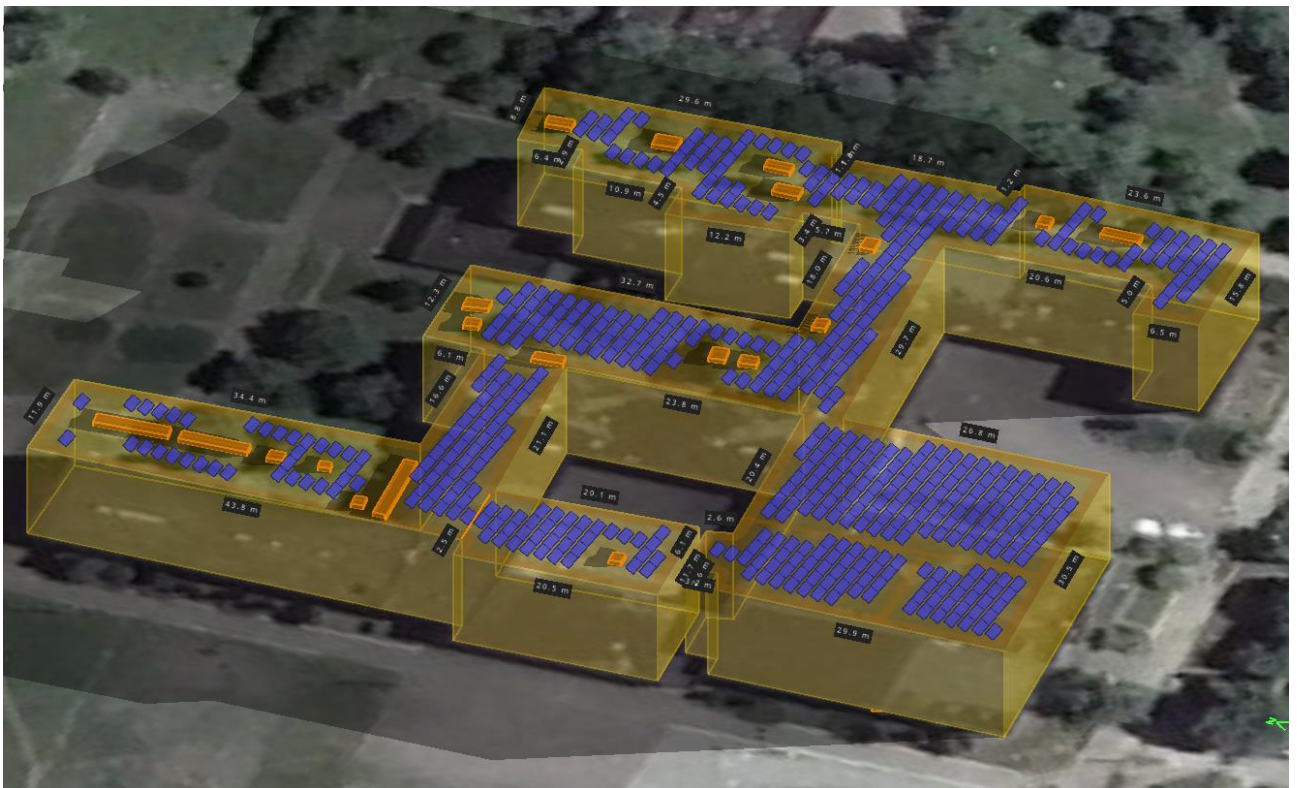
Для географічного розташування Чортківської ЗОШ №5 було визначено орієнтовний базовий річний обсяг виробництва сонячної радіації на 1 м² за допомогою програмного забезпечення JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)¹⁶.

¹⁶ https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html



На прикладі однієї з цих будівель була змодельована СЕС для даху будівлі ЗОШ №5 на основі картографічних та метеорологічних даних.

Ця модель є приблизною і не враховує всіх елементів конструкції даху. При моделюванні також було використано припущення, що весь дах є рівний, хоча одна з його частин має невеликий кут нахилу. При розробці реального проекту всі ці особливості мають бути враховані.



Розроблена модель передбачає кут нахилу панелей 35 °, орієнтацію на південь, використання фотовольтаїчних модулів Jinko Solar JKM340M-72.

За такого розташування модулів встановлена потужність станції складе 202 кВт. Це майже в чотири рази менше за теоретичну потужність, що зумовлено практичними особливостями конструкції даху та розташування будівлі.

Таблиця 3.2 Орієнтовна вартість проекту станції встановленою потужністю 200 кВт

Витрати	тис €
Фотоелектричні модулі	60
Обладнання для генерації та внутрішніх мереж	50
Монтажні та інші роботи	12
Приєднання до мереж	20
Проектні роботи та супровід	8
Підтримка проекту	10
Всього капітальних витрат	160

ВИСНОВКИ

Перехід на місцеві відновлювані джерела енергії є не лише ключовим інструментом сталого розвитку міста. Це дозволяє утримувати значні кошти в місцевому бюджеті та забезпечувати добробут членів громади. Водночас достатньо використовувати вже наявні ресурси.

Серед різних видів відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер, вода, біомаса, геотермальна енергія), з огляду на кліматичні умови та географічне розташування міста Чортків, найбільш простим та технічно доступним є використання енергії сонця та біомаси.

Першим кроком перед переходом на ВДЕ має бути скорочення енергоспоживання. Реалізація базових енергоефективних заходів в будівлях (утеплення стін, горища, встановлення автоматичної регуляції подачі тепла тощо) зменшує споживання на 30-40 %.

Другий важливий крок це інвентаризація всіх незадіяних ділянок. Для кожної з них може бути ефективним різне використання (становлення СЕС, ВЕС або ж вирощування енергетичних культур).

Загальне споживання енергоресурсів Чортковом в 2016 році становило 204,74 тис. МВт·год, з них найбільше це природний газ 125,49 тис. МВт·год.

Для заміщення природного газу в Чорткові можна використовувати деревне паливо та паливо з рослинних відходів. Енергетичного потенціалу лише рослинних відходів, які поновлюються щорічно, достатньо для покриття поточного споживання газу.

Енергетичний потенціал біоресурсів у 2016 році становив 800,80 тис. МВт·год, з них енергетичний потенціал стебел кукурудзи 304,30 тис. МВт·год та соломи пшениці, доступної для енергетичного використання – 215,06 тис. МВ·год.

Енергетичний потенціал деревини в ДП “Чортківське лісове господарство” за 2017 рік складає 162,96 тис. МВт·год., з них заготівля дров – 154,17 тис. МВт·год та відходи лісозаготівлі – 8,79 тис. МВт·год.

Енергетичний потенціал біогазу з гною тваринницьких ферм поруч з м. Чортків станом на 2019 рік для гною великої рогатої худоби складає 3635,5 МВт·год, для гною свиней – 9 973,9 МВт·год.

Використання рослинних відходів у вигляді паливних брикетів та пелет в умовах міста може мати додаткові переваги, оскільки таке паливо потребує менше місця для зберігання, дозволяє зменшити витрати на транспортування, та, відповідно, в процесі вибору постачальників можна розглядати виробників біопалива з віддалених районів.

Для м. Чортків показник середньорічної кількості сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні за даними PVGIS¹⁷ складає 1060 кВт·год/м². Це один з найменших показників на території України, проте цілком достатній для ефективного використання доступної сонячної енергії.¹⁸

Реалізація проектів сонячної енергетики можлива як на незалучених земельних ділянках, так і на дахах будівель усіх форм власності.

¹⁷ PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

¹⁸ Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії. ІВЕ НАНУ, Київ 2019.

Найбільш привабливими є великі площі ділянок чи дахів, оскільки вагому частку вартості сонячної електростанції займають роботи з проектування та підключення, які для станцій малої потужності можуть бути надто дорогими для забезпечення прийнятних термінів окупності.

Теоретично доступний потенціал наземних СЕС, що можна розмістити на землях запасу в Чортківському районі, становитиме 5691 МВт.

Ця величина є дуже приблизною і враховує лише землі запасу, що не використовуються та не враховує землі, які зараз використовуються для ріллі або є приватною власністю.

Проте загальний резерв підключення великих СЕС до всіх підстанцій в Чортківському районі становить – 28,3874 МВт. Тобто, для збільшення виробництва сонячної енергії необхідно розвивати мережі.

На основі проведеного аналізу дахів деяких шкіл та дитсадків м. Чорткова з плоскими дахами загальною площею 12 194 кв. м була попередньо проведена оцінка теоретичної потужності СЕС, що може бути споруджена на даху 1 707,3 кВт. Реальна потужність може бути значно меншою та залежати від географічних параметрів розташування об'єкту, затінення деревами, сусідніми будівлями, іншими елементами конструкції будівлі. Так, для школи з найбільшою площею даху (5480 кв. м) розрахункова встановлена потужність змодельованої станції склала 202 кВт, що в 4 рази менше, ніж теоретична. Це пояснюється конструктивними особливостями даху.

Практична реалізація проектів використання відновлюваних джерел енергії залежить від багатьох факторів: можливості залучення інвестицій, наявності вільних ділянок, можливості підключення до мереж, технічних обмежень тощо. Всі ці особливості мають бути враховані під час планування подальшого використання потенціалу місцевих відновлюваних ресурсів.

Проведені розрахунки свідчать про те, що потенціал відновлюваних джерел енергії, доступних для використання в місті Чортків, значно перевищує поточне споживання енергоресурсів.

ДОДАТОК

При ухваленні рішень щодо переведення системи теплопостачання на використання біопалива конфігурація та вид палива, що буде застосовуватись, приймається на основі розробленого техніко-економічного обґрунтування, яке розробляється на основі Програми розвитку системи теплопостачання комунального підприємства теплових мереж “Тернопільоблтеплокомуненерго”.

Так, вже було заплановано модернізацію котельні з встановленням котлів типу «Kalvis 950» для роботи на альтернативних видах палива¹⁹ по вул. С. Бандери, 56 (1 котел потужністю 0,817 МВт, паливо – тріска деревна, дрова) і котельні по вул. Пігути, 31 (2 котли потужністю 0,817 МВт паливо – тріска деревна, дрова)²⁰ в м. Чортків.

При розробці ТЕО необхідно прийняти до уваги всі різноманітні фактори, що потім суттєво впливають на технічні та фінансові аспекти впровадження.

Схема теплопостачання м. Чортків, розроблена до 2027 року передбачає три варіанти оптимізації системи централізованого теплопостачання:

Варіант 1. Теплозабезпечення споживачів ЦО від наявних джерел теплової енергії та модернізація окремих котелень.

Варіант 2. Теплозабезпечення споживачів ЦО від наявних джерел теплової енергії та відключення окремих багатоквартирних будинків з незначною кількістю споживачів, які користуються системою ЦО, та переведення їх на системи індивідуального опалення.

Варіант 3. Теплозабезпечення споживачів ЦО від наявних джерел теплової енергії та відключення окремих багатоквартирних будинків з незначною кількістю споживачів, які користуються системою ЦО, та переведення їх на системи індивідуального опалення, а також переведення окремих бюджетних споживачів на теплопостачання від автономних джерел.

Після ухвалення рішення щодо модернізації системи теплопостачання з використанням біопалива, проводиться вибір потужності та кількості котлів, оцінка капітальних витрат проекту.

Для цього проводиться аналіз помісячного відпуску тепла за кілька останніх років, теплового навантаження споживачів, наявність вільного місця (в наявній котельні та на прилеглий території) та під’їзних шляхів для доставки біопалива. На основі цих даних проводиться вибір виду біопалива та потенційних постачальників. Вибір паливної сировини базується в першу чергу на його доступності у найближчих постачальників, можливості його складування та зручності транспортування.

Особливості організації логістики біопалива передусім залежать від виду сировини – аграрні відходи, такі як солома чи кукурудза, деревина чи деревні відходи, або ж готове покращене біопаливо у вигляді гранул та брикетів. Зовнішніми факторами впливу на схему організації логістики є клімат, ґрунти і рельєф місцевості, масштаб, відстань перевезення. Таким чином

¹⁹ Програма “План дій сталого енергетичного розвитку та адаптації до змін клімату міста Чортків до 2030 року”

²⁰ Проведення комплексного дослідження ринку котлів, що працюють на біомасі в Україні. ПРООН, 2016 р.

визначаються межі схеми логістики біомаси, що можуть включати логістику заготівлі, складування та транспортування²¹.

Для порівняння співвідношення витрат на транспортування різних форм біопалива нижче наведені дані щодо орієнтовної вартості перевезення різними видами транспорту з посібника “Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні”.

Орієнтовна вартість перевезення сипучої біомаси різними видами транспорту (радіус транспортування приблизно 200 км)

Вид біомаси	Вартість транспортування, грн./т·км			
	Автомобільний транспорт		Залізничний транспорт	Річковий транспорт
	орендований	власний		
Солома неущільнена	4,55	1,78	0,35	0,53
Лушпиння неущільнене	1,90	0,75	0,35	0,53
Великі тюки соломи	1,59	0,62	0,48	0,72
Відходи від лісозаготівель	1,21	0,47	0,48	0,72
Тирса	1,21	0,47	0,31	0,47
Гранули з біомаси, деревна тріска, дрова, торф фрезерний	1,00	0,39	0,31	0,47
Брикети з біомаси	1,00	0,39	0,55	0,83

При використанні аграрної біомаси в умовах міста більш оптимальним з точки зору логістики є застосування ущільненого палива у вигляді пелет та брикетів. Паливо в цій формі дозволяє застосовувати автоматичну подачу палива та мінімізувати потребу в ручній праці, потребує менше місця для зберігання та менший вплив відстані до постачальника на ціну палива.

Площа ділянки, що необхідна для спорудження котельні, визначається прийнятими технічними рішеннями щодо потужності котельні, видом палива та типом котельного обладнання. Під час планування забудови (ДБН 360-92 “Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень”) для опалювальних котелень на твердому паливі, що стоять окремо та розміщені в районах житлової забудови, розмір земельної ділянки має бути не менше 1 га за теплопродуктивності 5-10 Гкал/год, 2 га для 10-50 Гкал/год, 3 га для 50-100 Гкал/год, 3,7 га для 100-200 Гкал/год та 4,3 га при теплопродуктивності 200-400 Гкал/год.

Площі ділянок можуть бути зменшені за умови дотримання вимог, що регламентуються іншими нормативними документами. Промислові об’єкти, що є джерелами забруднення навколишнього середовища, повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами. Зокрема мінімальна санітарно-захисна зона залежить від видів виробництва, класу небезпеки та санітарної класифікації підприємств, розмір якої визначено нормативними документами санітарного законодавства.

²¹ Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. Практичний посібник/За ред. Г. Гелетуки, USAID, 2016.

Санітарно-захисну зону встановлюють від джерел викидів до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, в тому числі дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, закладів соціального забезпечення, спортивних споруд тощо. Для теплових електростанцій, промислових та опалювальних котелень санітарно-захисна зона встановлюється від димарів та місць зберігання і підготовки палива, джерел шуму.²²

В Практичному посібнику з використання біомаси як палива у муніципальному секторі України як приклад оцінки техніко-економічних показників проектів котелень на біопаливі розглянуто кілька розрахованих варіантів для опалювальних котелень потужністю 500 кВт та 3000 кВт.

Основні техніко-економічні показники котелень на біопаливі

Потужність котельні	кВт	500	500	500	3000
Вид біопалива	-	дрова	гранули деревні	гранули з соломи	тріска
Калорійність біопалива	МДж/кг	10,5	17,5	16,7	9
Вартість біопалива, без ПДВ	грн/т	800	2500	2000	1050
Питомі капітальні витрати “під ключ”, без ПДВ	грн/кВт	2000	2000	2500	3000
Виробничі показники (річні)					
Плановий обсяг виробництва	Гкал	1152	1152	1152	6910
Витрата біопалива	т	530	315	331	3782
Економія природного газу	тис. м ³	158	158	158	948
Зниження викидів парникових газів	т CO ₂ e	300	300	300	1801
Економія коштів на закупівлі палива, без ПДВ	тис. грн	519	155	281	1684
Всього виробничих витрат, без ПДВ	тис. грн	771	1136	1010	6324
Амортизаційні нарахування річні	тис. грн	100	100	125	900
Всього витрат	тис. грн	871	1236	1135	7224
Виробнича собівартість	грн/Гкал	670	986	877	915
Повна собівартість	грн/Гкал	757	1073	985	1045

В той же час при реалізації біоенергетичних проектів необхідно приділяти увагу до екологічних параметрів функціонування теплогенеруючих установок. У процесі спалювання біомаси утворюються забруднювальні речовини, які разом із продуктами згоряння потрапляють в атмосферне повітря, та зола.²³

²² Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників державних та комунальних установ). ПРООН та ГЕФ, 2017.

²³ Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників державних установ та громадських організацій, що працюють у сфері екології). ПРООН та ГЕФ, 2017.

З метою попередження значного забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння, необхідно здійснювати постійний контроль за викидами забруднюючих речовин, вживати заходи і застосовувати пристрої для їх ефективного вловлювання, знешкодження та утилізації, що дозволить дотримуватися встановлених санітарних нормативів допустимого вмісту забруднювальних речовин в атмосферному повітрі.

Одним із відходів, що утворюється в процесі спалювання біомаси, є зола, яка з одного боку є забрудником, а з іншого – потенційним корисним добривом, оскільки містить поживні мінеральні речовини (таблиця 3), що були поглинуті рослинами з ґрунту в процесі їх вирощування. Зокрема, зола, що отримується при спалюванні деревини, багата на Са, тоді як зола, що отримується при спалюванні соломи і злакових, має великий вміст К.