

ПЕРЕВАГИ «ЗЕЛЕНОГО» ЕНЕРГЕТИЧНОГО КУРСУ ДЛЯ ГРОМАД



Переваги «зеленого» енергетичного курсу для громад

Розробник: Громадська організація «Агентство з відновлюваної енергетики»

Авторський колектив: Тетяна Желізна, Семен Драгнєв, Анатолій Баштовий, Анна Пастух, Володимир Крамар

Рецензент: Георгій Гелетуха

Матеріал підготовлено за підтримки Європейського Союзу та Міжнародного Фонду «Відродження» в рамках спільної ініціативи «EU4USociety» у межах проєкту «Сприяння переходу України до «зеленої» енергетики». Матеріал відображає позицію авторів і не обов'язково відображає позицію Міжнародного фонду «Відродження» та Європейського Союзу».

Європейський Союз складається з 27 держав-членів та їхніх народів. Це унікальне політичне та економічне партнерство, засноване на цінностях поваги до людської гідності, свободи, рівності, верховенства права і прав людини. Понад п'ятдесят років знадобилось для створення зони миру, демократії, стабільності і процвітання на нашому континенті. Водночас нам вдалось зберегти культурне розмаїття, толерантність і свободу особистості. ЄС налаштований поділитись своїми цінностями та досягненнями з країнами-сусідами ЄС, їхніми народами, та з народами з-поза їхніх меж.

Міжнародний фонд «Відродження» – одна з найбільших благодійних фундацій в Україні, що з 1990-го року допомагає розвивати в Україні відкрите суспільство на основі демократичних цінностей. За час своєї діяльності Фонд підтримав близько 20 тисяч проєктів, до реалізації яких долучилися понад 60 тисяч активістів та організацій України на суму понад 200 мільйонів доларів США.

Сайт: www.irf.ua

Facebook: [www.fb.com/irf.ukraine](https://www.facebook.com/irf.ukraine)



ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
1. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС ТА ПЕРЕВАГИ ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ	5
2. ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ	7
Біоенергетика	7
Вітроенергетика	10
Сонячна енергетика	13
Геотермальна енергетика	16
Мала гідроенергетика	16
3. ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ГРОМАД: СТАЛИЙ РОЗВИТОК, ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ, СОЦІАЛЬНЕ БЛАГОПОЛУЧЧЯ	19
4. ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В ГРОМАДАХ	22
Біоенергетика	22
Вітроенергетика	27
Сонячна енергетика	31
Мала гідроенергетика	36
Теплові насоси (геотермальні)	38
5. КРАЩІ ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В ГРОМАДАХ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ І УКРАЇНИ	40
Біоенергетичні села Юнде і Шеферай (Німеччина)	40
Енергетичний кооператив Оберросфе (Німеччина)	41
Комплексне використання місцевих ВДЕ в громаді Кечах-Маутен (Австрія)	42
Використання обрізок багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії (Польща, Іспанія)	43
Северинівка – «село без газу» (Україна)	47
Енергоефективне село Веселе (Україна)	48
Виробництво брикетів з агробіомаси сільськими кооперативами (Україна)	49
6. ІНСТРУМЕНТИ ФІНАНСОВОЇ ПІДТРИМКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ВДЕ В УКРАЇНІ	51

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БАУ – Біоенергетична асоціація України
БГУ – біогазова установка
ВДЕ – відновлювані джерела енергії
ВЕС – вітрова електростанція
ВЕУ – вітрова енергетична установка
ГЕС – гідроелектростанція
ІВЕ – Інститут відновлюваної енергетики
ККД – коефіцієнт корисної дії
НАНУ – Національна академія наук України
ОВБСН – обрізка та викорчовування багаторічних сільськогосподарських насаджень
ПП – побічні продукти
СЕС – сонячна електростанція
СЕСд – сонячні електростанції домогосподарств

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування
ТЕЦ – теплоелектроцентрально
ТН – тепловий насос
УВЕА – Українська вітроенергетична асоціація
COP – коефіцієнт перетворення (coefficient of performance)
IRR – внутрішня норма дохідності
PV – фотовольтаїчний (фотогальванічний)
мГЕС – малі гідроелектростанції
н.е. – нафтовий еквівалент
р.м. – робочі місця
с/г – сільське господарство
с.м. – суха маса



1. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС ТА ПЕРЕВАГИ ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Європейський зелений курс (European Green Deal¹) – комплексна стратегія і дорожня карта переходу Європи до сталої економіки, чистої енергетики і кліматичної нейтральності (тобто нульових викидів парникових газів) до 2050 року. Цей курс охоплює всі галузі економіки і, в першу чергу, стосується секторів енергетики, транспорту, сільського господарства, будівництва, а також металургії, цементної, текстильної та хімічної промисловості. Одним з важливих завдань є забезпечення економічного росту Євросоюзу без збільшення обсягу споживання енергетичних ресурсів.

Концепція Європейського зеленого курсу була представлена Єврокомісією у грудні 2019 року. З того часу в рамках його впровадження були розроблені та прийняті стратегії «Чиста енергія», «Інтеграція енергетичної системи», воднева, метанова, промислова стратегії, а також презентовані стратегії розвитку офшорної відновлюваної енергетики, збереження біорізноманіття, зменшення забруднення небезпечними хімічними речовинами та інші документи.

Досягнення кліматичної нейтральності Європи до 2050 року потребує комплексної реалізації великої кількості заходів у всіх секторах економіки, зокрема таких дій як:

- декарбонізація енергетики;
- впровадження відновлюваних джерел енергії;
- інвестування в екологічно чисті технології;
- підтримка інновацій у промисловості;
- розширення використання більш чистих, дешевих і менш шкідливих для здоров'я видів приватного і громадського транспорту;
- підвищення енергетичної ефективності будинків;
- співпраця з міжнародними партнерами з метою підвищення світових екологічних стандартів.

Лозунгом Європейського зеленого курсу є «не залишити жодну людину і місце поза увагою». Впровадження Зеленого курсу позитивно впливає майже на всі сфери життя людей, оскільки його головними задачами є ріст економіки, покращення стану навколишнього природного середовища, забезпечення чистої енергії, здорової їжі та екологічних продуктів (Рис. 1.1). З іншого боку, очікується, що велика кількість громадян і громад візьме активну участь в реалізації різноманітних кліматичних заходів у повсякденному житті для ефективного «озеленення» Європи та досягнення нульових викидів парникових газів до 2050 року. З цією метою був створений Європейський кліматичний пакт (European Climate Pact²) – платформа для обміну інформацією, індивідуальної та колективної підготовки і впровадження конкретних великих або малих кліматичних дій.



Рис. 1.1. Десять позитивних факторів впливу Європейського зеленого курсу на якість життя людей

¹ European Green Deal https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

² European Climate Pact https://europa.eu/climate-pact/index_en

В сьогоднішніх умовах Європейський зелений курс набуває ще більшої актуальності, оскільки Євросоюз вважає його оптимальним шляхом виходу економіки ЄС з кризи після закінчення пандемії COVID-19.

Цілі та задачі Європейського зеленого курсу є надзвичайно актуальними і для України, яка на сьогодні в значній мірі залежить від імпортованих викопних енергоносіїв. У 2019

році Україна імпортувала природного газу, вугілля, бензину, дизельного пального та інших нафтопродуктів на суму більше 15 млрд доларів США. Внесок викопних енергоносіїв у загальне постачання первинної енергії є переважаючим: вугілля – 29,0%, природний газ – 26,4%, нафта – 15,2%, тоді як частка відновлюваних джерел енергії залишається низькою – 4,9% (2019 р.) (Рис. 1.2).

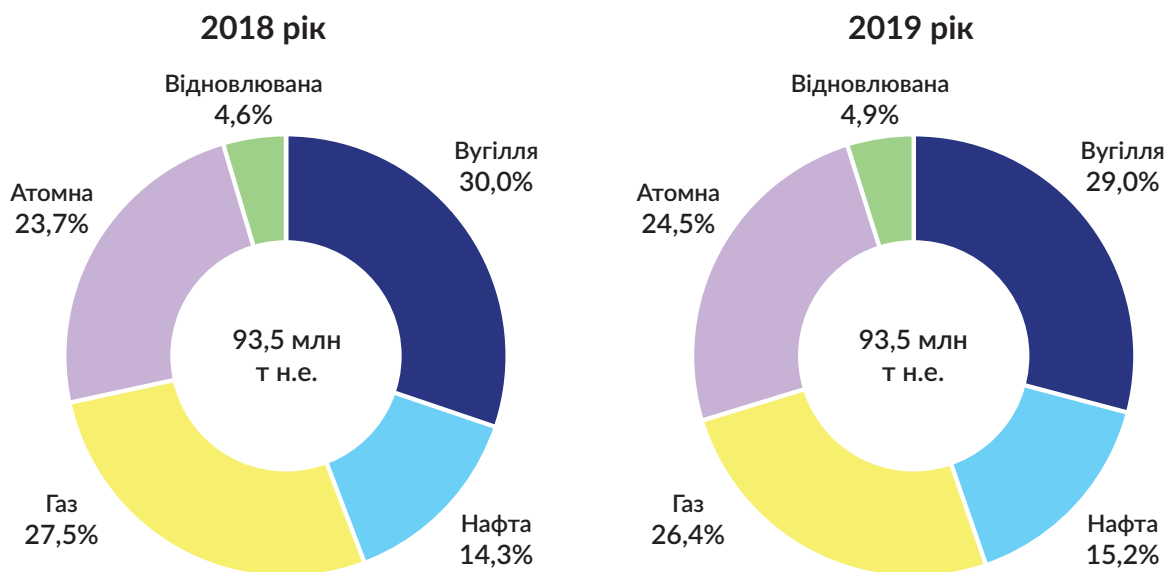


Рис. 1.2. Розподіл джерел енергії в загальному постачанні первинної енергії (за основними видами палива та енергії)³

Реалізація «зеленого» енергетичного переходу дасть можливість позбутися залежності від дорогих викопних палив і підвищити енергетичну безпеку країни, а також сприятиме економічному розвитку регіонів шляхом використання місцевих видів палива і відновлюваних джерел енергії, що призведе до створення нових робочих місць.

У січні 2020 року Міністерство енергетики та захисту довкілля України презентувало проєкт Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року⁴, розроблений з урахуванням цілей та завдань Європейського зеленого курсу. Концепція спрямована на досягнення кліматично нейтральної економіки країни до 2070 року. Серед основних напрямків декарбонізації економіки, включаючи енергетику як її важливу складову, визначені, зокрема, наступні:

- ріст частки ВДЕ у виробництві електроенергії з метою досягнення 70% у 2050 році;
- збільшення сталого виробництва і використання біомаси, біопалива та інших ВДЕ для підтримки реалізації «зеленого» переходу в різних секторах економіки;

• орієнтація нових ТЕЦ для централізованого опалення, передусім, на використання біомаси та біогазу;

• інтенсифікація широкомасштабного використання ВДЕ (біопалива та відходів, електричної та теплової енергії з ВДЕ) в промислових процесах для заміщення вуглецевмісних ресурсів.

На жаль, цей документ не отримав подальшого опрацювання і не набув статусу офіційного. Проте, у 2021 році в Уряді України розпочала роботу міжвідомча група із впровадження Європейського зеленого курсу, що підтверджує наміри країни рухатися цим напрямком.

Реалізація «зеленого» енергетичного переходу і досягнення кліматичної нейтральності України до 2070 року потребують широкомасштабного впровадження технологій відновлюваної енергетики. Відповідні проєкти можуть реалізовуватися як на рівні промислових, аграрних та інших підприємств, так і окремими громадами, роблячи свій внесок у досягнення загальної мети «озеленення» України.



Україна має добрі передумови для реалізації «зеленого» енергетичного переходу завдяки наявності значного потенціалу відновлюваних джерел енергії, які включають біомасу, енергію сонця і вітру, гідроенергію, геотермальну енергію. Потенціал ВДЕ розподілений дуже нерівномірно по території країни, але в кожному регіоні можна знайти оптимальні підходи до впровадження проєктів відновлюваної енергетики.

БІОЕНЕРГЕТИКА

Біоенергетика – галузь енергетики, яка передбачає використання біомаси для отримання енергії. Біомасою є невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження,

здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільськогосподарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу⁵. Найпоширенішими прикладами біомаси є дрова, деревна тріска, солома зернових культур, стебла кукурудзи та соняшника, енергетичні рослини, лушпиння соняшника, гній.

За даними 2019 року, експерти Біоенергетичної асоціації України⁶ оцінюють енергетичний потенціал біомаси в Україні у понад 23,6 млн т н.е. (економічно доцільний потенціал) (Табл. 2.1). Його найбільшими складовими є

Таблиця 2.1. Енергетичний потенціал біомаси в Україні (2019 р.)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн т	Потенціал, доступний для енергетики (економічний)	
		Частка теоретичного потенціалу, %	млн т н.е.
Солома зернових культур	37,5	30	3,84
Солома ріпаку	5,9	40	0,81
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	46,6	40	3,57
Побічні продукти виробництва соняшника (стебла, корзинки)	29,0	40	1,66
Вторинні сільськогосподарські залишки (лушпиння соняшника)	2,6	100	1,08
Деревна біомаса (паливна деревина, порубкові залишки, відходи деревообробки)	7,4	95	1,73
Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг, відходи ОБСН)	8,8	45	1,02
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,46
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	0,79
Біогаз з відходів та побічної продукції агропромислового комплексу	2,8 млрд м³ CH₄	42	0,99
Біогаз з твердих побутових відходів	0,6 млрд м³ CH₄	29	0,14
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	0,4 млрд м³ CH₄	28	0,09
Енергетичні рослини:			
- верба, тополя, міскантус*;	11,5	100	4,88
- кукурудза (на біогаз)*.	3,0 млрд м³ CH₄	100	2,57
Всього	-	-	23,63

* За умови вирощування на 1 млн га незадіяних сільськогосподарських земель.

⁵ Закон України «Про альтернативні види палива» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>

⁶ БАУ <https://uabio.org/>

сільськогосподарські залишки (46% загального обсягу) і енергетичні рослини (32%). Серед сільськогосподарських залишків найбільша частка

припадає на солому зернових культур (35%) та побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (33%) (Рис. 2.1).

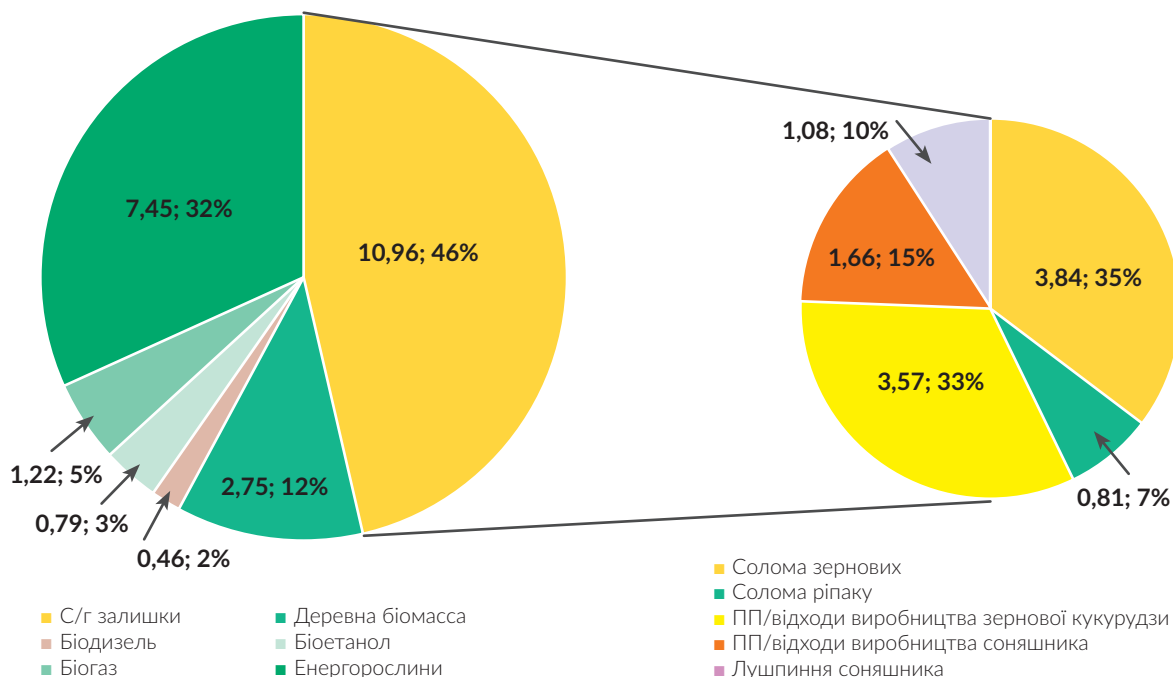


Рис. 2.1. Структура економічного потенціалу біомаси в Україні (2019 р.)

Оцінка потенціалу виконана з урахуванням засад сталого розвитку. Зокрема, прийнято, що лише обмежену частку соломи, стебел кукурудзи та інших первинних сільськогосподарських залишків можна вилучити з поля для енергетичних потреб. На практиці кожне господарство має вирішувати це питання індивідуально, виходячи з місцевих умов.

Особливий інтерес для біоенергетики являють енергетичні рослини – культури, які спеціально вирощуються для використання в якості палива або для виробництва біопалива. Прикладами класичних енергорослин є тополя, міскантус, верба, акація. Енергетичні рослини можна вирощувати на малопродуктивних або забруднених землях, що супроводжується позитивним впливом на якість ґрунту. До енергетичних рослин також відносять традиційні сільськогосподарські культури, що вирощуються як для отримання харчових продуктів, так і з метою виробництва біопалив – біодизельного пального (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, цукровий буряк), біогазу (кукурудза).

Визначення потенціалу класичних енергетичних рослин ґрунтується на інформації щодо наявних площ незадіяних сільськогосподарських

земель. Аналіз статистичних даних показує, що найбільші площі під вирощування енергорослин можуть бути використані в Херсонській, Донецькій, Луганській, Чернігівській, Київській та Одеській областях. Відповідно, в цих областях потенціал класичних енергетичних рослин є найбільшим у порівнянні з іншими регіонами України (Рис. 2.2).

За попередніми експертними оцінками БАУ, до 2050 р. потенціал біомаси в Україні може зрости до майже 48 млн т н.е./рік, тобто практично подвоїтися у порівнянні з теперішнім значенням. Основними факторами росту потенціалу є підвищення врожайності сільськогосподарських культур, в першу чергу, зернових; можливість подвоєння площ під класичними енергетичними рослинами та ріст їх врожайності; суттєве збільшення економічного потенціалу біогазу з різних видів сировини внаслідок дії ряду об'єктивних чинників; певний ріст частки рубки річного приросту деревини в лісах; перехід на моторні біопалива II покоління і нові види сировини для моторних біопалив I покоління.

Найбільшими складовими енергетичного потенціалу біомаси і надалі залишатимуться первинні сільськогосподарські залишки та

енергетичні рослини. Наявність достатніх обсягів сталих ресурсів біомаси наразі і в довгостроковій перспективі є ключовим фактором ефективного планування біоенергетичних проєктів.

Згідно даних Енергетичного балансу України за 2019 рік, внесок біопалив до загального постачання первинної енергії становить 3362 тис. т н.е., що складає 77% сумарного внеску всіх ВДЕ (Рис. 2.3, 2.4).



Рис. 2.2. Потенціал енергетичних рослин, призначених для виробництва твердого біопалива, по областях України (2019 р.)

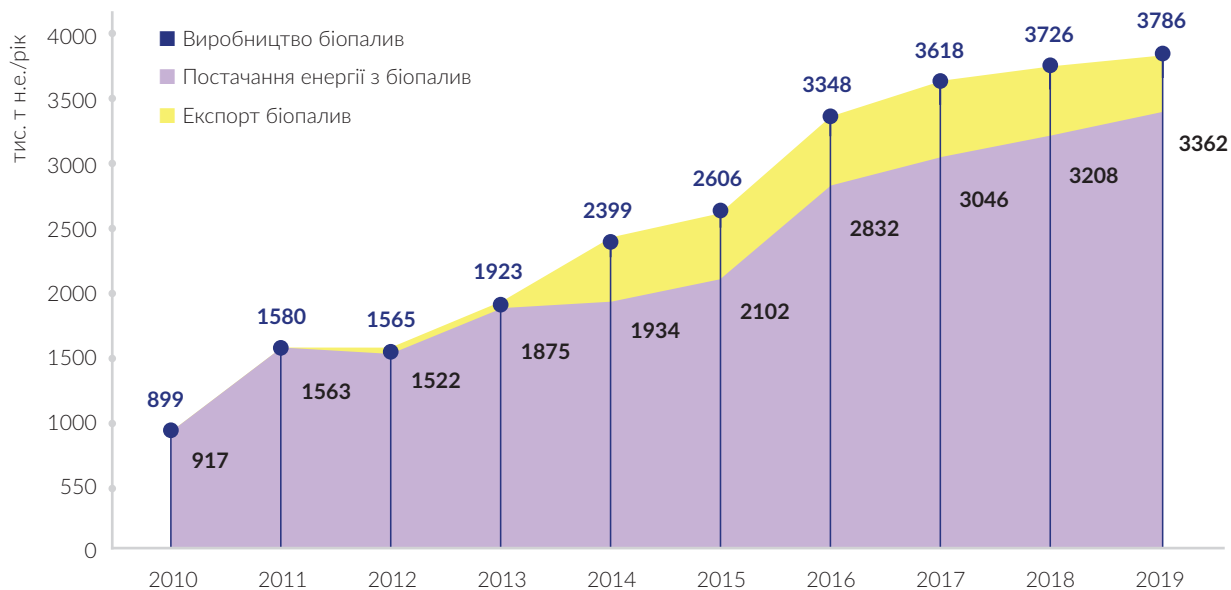


Рис. 2.3. Внесок біопалив до енергетичного балансу України, тис. т н.е.⁷

⁷ Дані Енергетичного балансу України за 2010-2019 рр., Державна служба статистики України <http://www.ukrstat.gov.ua/>

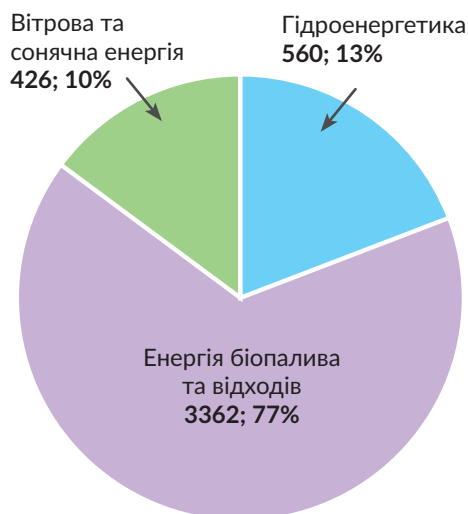


Рис. 2.4. Структура загального постачання первинної енергії з ВДЕ в Україні, тис. т н.е. (2019 рік)³

Сьогоднішній енергетичний потенціал біомаси використовується лише на 10-15%, причому структура його використання є протилежною структурі самого потенціалу. Так, найбільш активно для енергетичних потреб утилізується наразі деревна біомаса (дрова, деревна тріска), хоча її внесок у загальний обсяг потенціалу становить лише 12%. Натомість застосування найбільших складових потенціалу біомаси, таких як первинні сільськогосподарські залишки (42%) і енергетичні рослини (32%), складає від 0 до 3% в залежності від виду біомаси. Очікується, що до 2050 року ситуація кардинальним чином зміниться – виробництво і використання біопалив в Україні буде ґрунтуватися, головним чином, на сільськогосподарських залишках та енергетичних рослинах.

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

Вітроенергетика – сектор відновлюваної енергетики, який спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну енергію. Джерелом енергії вітру є сонце, оскільки воно є відповідальним за утворення вітру. Енергія руху атмосферних потоків, тобто енергія вітру, є перетвореною формою сонячної енергії. Вітер виникає через різницю в температурі нагрівання континентів і морів, полюсів і екватора, тобто через різницю тисків між окремими тепловими зонами. Ресурси енергії вітру є невичерпними, оскільки виникнення вітрів постійно підтримується сонячною енергією. Щоб найкраще використати вітрову енергію, важли-

во досконало розуміти добові та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані принаймні за останні 20 років.

Україна має достатньо високий кліматичний потенціал вітрової енергії, який забезпечує продуктивну роботу не лише автономних генеруючих систем, але й потужних ВЕС. Вітроенергетичний потенціал різних регіонів України характеризується середньорічними швидкостями вітру на рівні 7,0-8,5 м/с (на континенті – на висотах близько 100 м, на акваторіях – близько 50 м). Україна має територіальні можливості для будівництва рентабельних ВЕС як на суші, так і на морських акваторіях в межах територіальних вод⁸.

Інститутом відновлюваної енергетики НАН України складена карта розподілу швидкості вітру на території України (Рис. 2.5). Найбільш привабливими регіонами для використання енергії вітру є узбережжя Чорного та Азовського морів, гірські райони тимчасово окупованої АР Крим, територія Карпатських гір, Одеська, Херсонська та Миколаївська області.

За оцінками фахівців ІВЕ НАНУ, географічні умови території сходолу України дозволяють побудувати 438 ГВт економічно ефективних ВЕС на базі сучасних моделей вітрових електроустановок трьохмегаватного класу. Разом з потенціалом офшорних ВЕС це складатиме 688 ГВт (Рис. 2.6). Відповідне річне виробництво електроенергії може становити майже 2200 млрд кВт·год. Найбільший потенціал встановленої потужності та виробництва електроенергії ВЕС мають Дніпропетровська, Херсонська, Одеська та Запорізька області.

В Україні значне зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року після запровадження «зеленого» тарифу на електроенергію з ВДЕ.

«Зелений» тариф – це спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах ВДЕ (а з використанням гідроенергії – лише мікро-, міні- та малими ГЕС). За загальним правилом, «зелений» тариф встановлюється НКРЕКП строком до 31 грудня 2029 року.

«Зелений» тариф встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року (58,46 коп./кВт·год), помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електричної енергії, виробленої з ВДЕ.

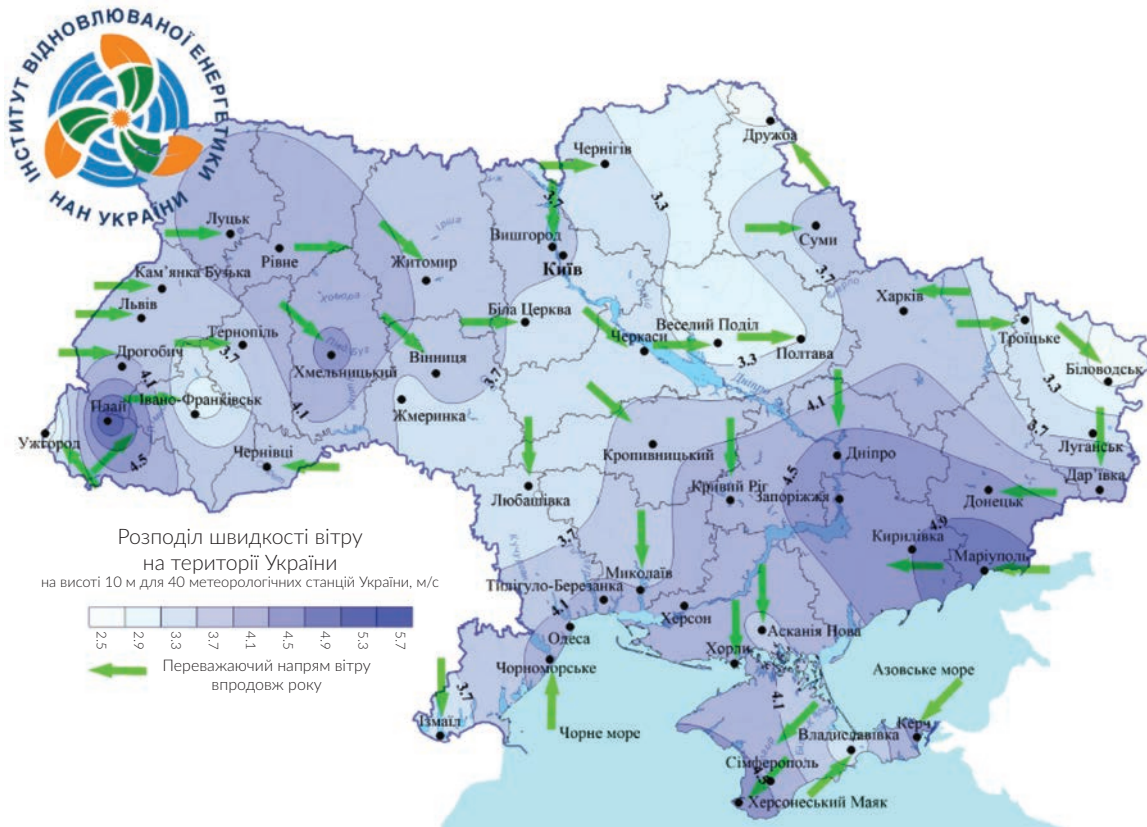


Рис. 2.5. Територіальний розподіл швидкості вітру в Україні?

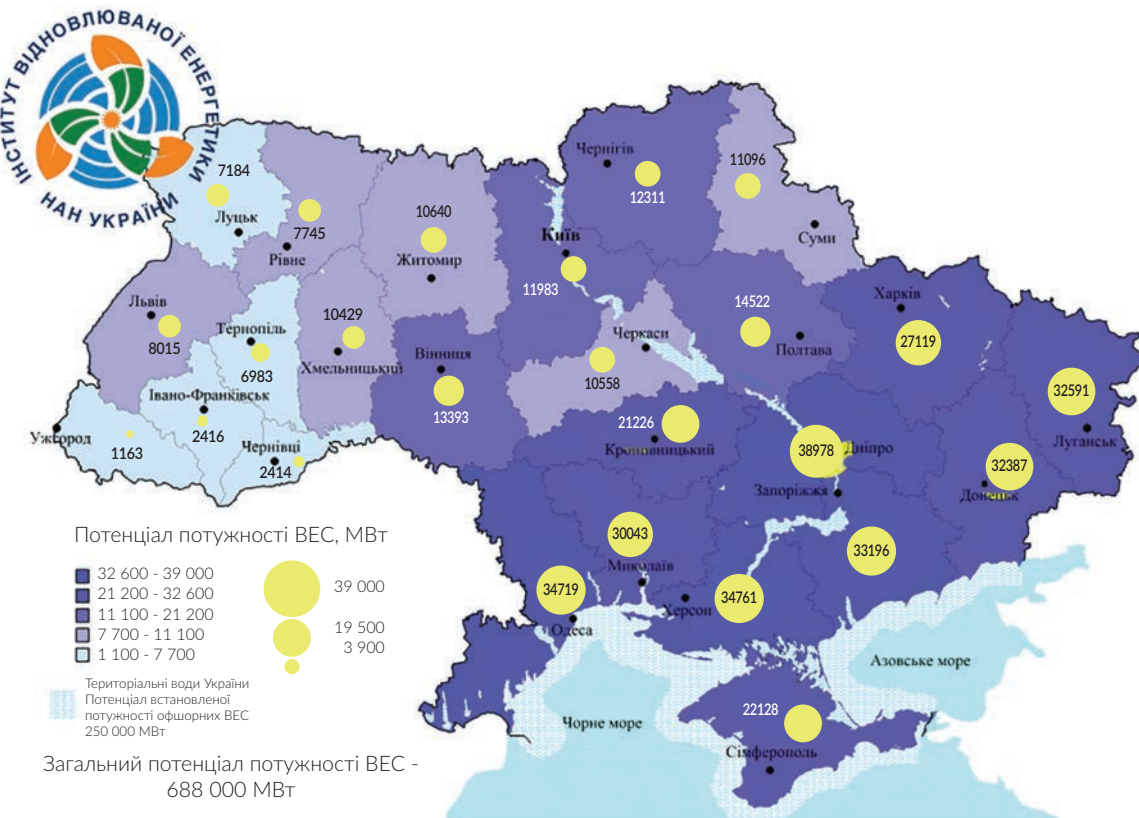


Рис. 2.6. Територіальний розподіл потенціалу потужності BEC в Україні, МВт?

Наразі, згідно із Законом України «Про альтернативні джерела енергії»¹⁰, «зелений» тариф розповсюджується на електроенергію, вироблену ВЕС та СЕС не тільки суб'єктів господарювання, але й енергетичних кооперативів

і приватних домогосподарств. Енергетичні кооперативи і приватні домогосподарства також можуть отримати «зелений» тариф на комбіновані вітро-сонячні генеруючі системи.

На сьогодні встановлено такі розміри «зеленого» тарифу для суб'єктів господарювання (в євро)¹¹:

Тип об'єкту	Потужність, кВт	Дата введення в експлуатацію							
		01.01.2017 31.12.2019	01.01.2020 31.10.2020	01.11.2020 31.12.2020	01.01.2021 31.03.2021	01.04.2021 31.12.2021	01.01.2022 31.12.2022	01.01.2023 31.12.2024	01.01.2025 31.12.2029
ВЕС одиночною потужністю	≤600	0,0538	0,0504	0,0504	0,0494	0,0494	0,0483	0,0478	0,0441
	>600-≤2000	0,0628	0,0588	0,0588	0,0578	0,0578	0,0567	0,0557	0,0515
	>2000	0,0941				0,0882			0,0772
Біомаса		0,1239			0,1239*				0,1239*
Біогаз		0,1239			0,1239*				0,1239*
СЕС	<1000	0,1390	0,1097	0,1097	0,1061	0,1061	0,1024	0,0987	0,0950
	≥1000	0,1277	0,1097						
	1000-75000			0,0788	0,0761	0,0435	0,0420	0,0405	0,0390
	>75000			0,0450	0,0435	0,0435	0,0420	0,0405	0,0390
СЕС на дахах або фасадах		0,1637	0,1228	0,1185	0,1185	0,1147	0,1147	0,1104	0,1066
ГЕС	<200	0,1745			0,1573				0,1395
	200-1000	0,1395			0,1255				0,1115
	1000-10000	0,1045			0,0942				0,0835
Геотермальна енергія		0,1502			0,1352				0,1201

* Згідно з ч. 3 Прикінцевих та перехідних положень Закону «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії», «зелений» тариф для виробників електричної енергії з **біомаси та / або біогазу** встановлюється виключно на електричну енергію, вироблену об'єктами, що **введені в експлуатацію до 1 січня 2023 року**.

Для приватних домогосподарств та енергетичних кооперативів встановлено наступні розміри «зелених» тарифів (в євро)¹²:

Встановлена потужність	Категорії об'єктів електроенергетики, для яких застосовується «зелений» тариф	Розмір тарифу з 01.01.2020, євро
До 30 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками приватних домогосподарств	0,1626
До 50 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками приватних домогосподарств	0,1809
До 50 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії вітру генеруючими установками приватних домогосподарств	0,1045
До 50 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії вітру та сонця на комбінованих вітро-сонячних генеруючих системах приватних домогосподарств	0,1228
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1228
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії вітру генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1045
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з біомаси генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1239
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з біогазу генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1239
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з енергії вітру та сонця на комбінованих вітро-сонячних генеруючих системах споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1228
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з гідроенергії генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1573
До 150 кВт	для електроенергії, виробленої з геотермальної енергії генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів	0,1352

¹⁰ Закон України «Про альтернативні джерела енергії» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

¹¹ <https://dlf.ua/ua/znizhenno-zeleni-tarifi-v-ukrayini/>

¹² Енергетичні кооперативи: енергонезалежність для громад / Мартинюк А.М., Сакалюк Д.С., Мар'юк О.В., Холодова Н.В., // Громадська організація «Екоклуб»

Законом також передбачена можливість для введених в експлуатацію з 1 липня 2015 року по 31 грудня 2024 року об'єктів електроенергетики отримати надбавку до «зеленого» тарифу за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва.

Надбавка за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва є фіксованою у визначених зазначеним Законом відсотках доплатою до «зеленого» тарифу, аукціонної ціни, пропорційною до рівня використання суб'єктом господарювання на відповідному об'єкті електроенергетики обладнання українського виробництва. Слід зазначити, що з серпня 2020 року розмір надбавки було підвищено.

Для об'єктів електроенергетики, що виробляють електричну енергію з ВДЕ, крім отримання «зеленого» тарифу, є законодавчо передбачена можливість брати участь в аукціонах з розподілу квоти підтримки (для об'єктів ВЕС більше 5 МВт, та для об'єктів, СЕС більше 1 МВт – обов'язкова участь в аукціонах). Аукціон з розподілу квоти підтримки – це спосіб визначення суб'єктів господарювання, які набувають право на підтримку у виробництві електричної енергії з ВДЕ.

Відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії», Кабінет Міністрів

України за поданням Міненерго, щороку, не пізніше 1 грудня, встановлює річну квоту підтримки та графік проведення аукціонів на наступний рік.

Аукціони з розподілу квоти підтримки проводяться за окремими альтернативними джерелами енергії. Кабінет Міністрів України може прийняти рішення про проведення аукціонів з розподілу квоти підтримки без розподілу за окремими альтернативними джерелами енергії (технологічно нейтральні аукціони) та/або аукціонів для інших альтернативних джерел енергії. Аукціони проводяться в електронній торговій системі відповідно до порядку проведення аукціонів з розподілу квоти підтримки, що затверджується Кабінетом Міністрів України. Аукціони запроваджуються з 1 липня 2019 року та проводяться по 31 грудня 2029 року. Однак, станом на липень 2021 року проведення аукціонів ще не розпочато.

За даними Української вітроенергетичної асоціації, станом на кінець 2020 року встановлена потужність ВЕС в Україні складала понад 1314 МВт (Рис. 2.7). Рекордним по введенню нових потужностей став 2019 рік – додатково було встановлено 637,1 МВт; у 2020 році – 144,2 МВт.

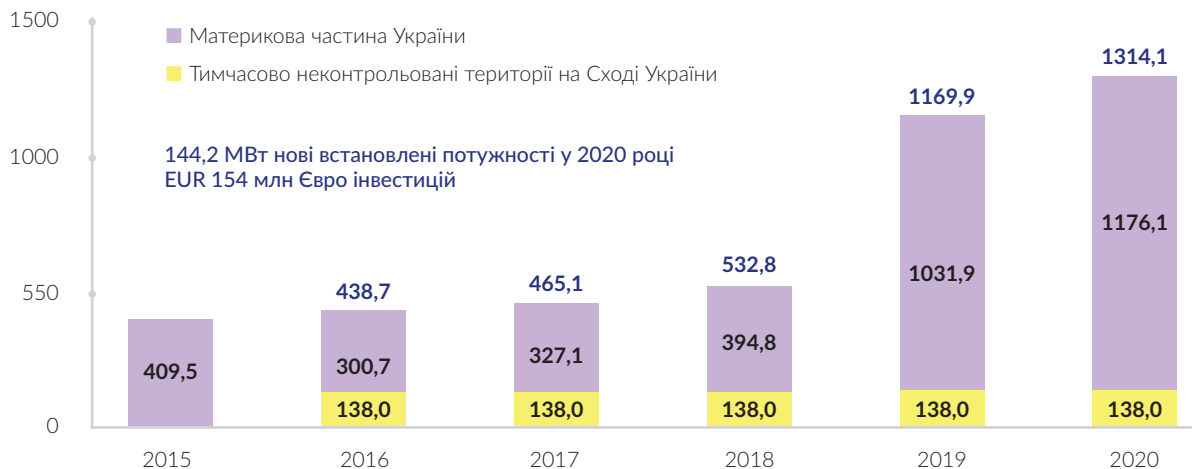


Рис. 2.7. Загальна встановлена потужність вітроенергетичного сектору України, МВт¹³

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження сонячного теплоенергетичного і фотоелектроенергетичного обладнання практично на всій території країни. Сезонний період для активного використання сонячної енергії у північних регіонах країни продовжується з квітня по вересень, а у південних – з березня по жовтень і становить

1900-2400 годин на рік. Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м² поверхні, 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 (Рис. 2.8).

В цілому, територія України відноситься до зон із середньою інтенсивністю сонячної радіації. Цілком очевидною визначальною тенденцією є збільшення густини сонячної радіації та кількість

¹³ Дані УВЕА <http://uwea.com.ua/>

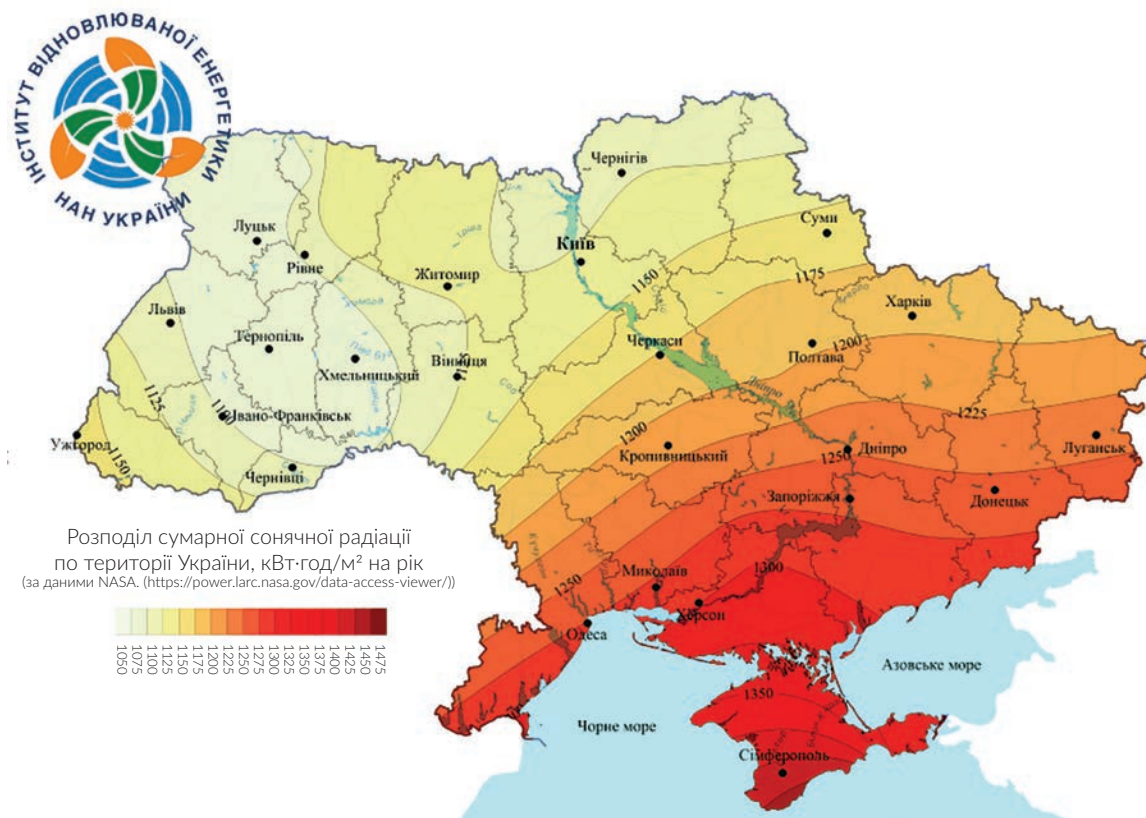


Рис. 2.8. Розподіл сумарної сонячної радіації по території України, кВт·год/(м²·рік)⁹

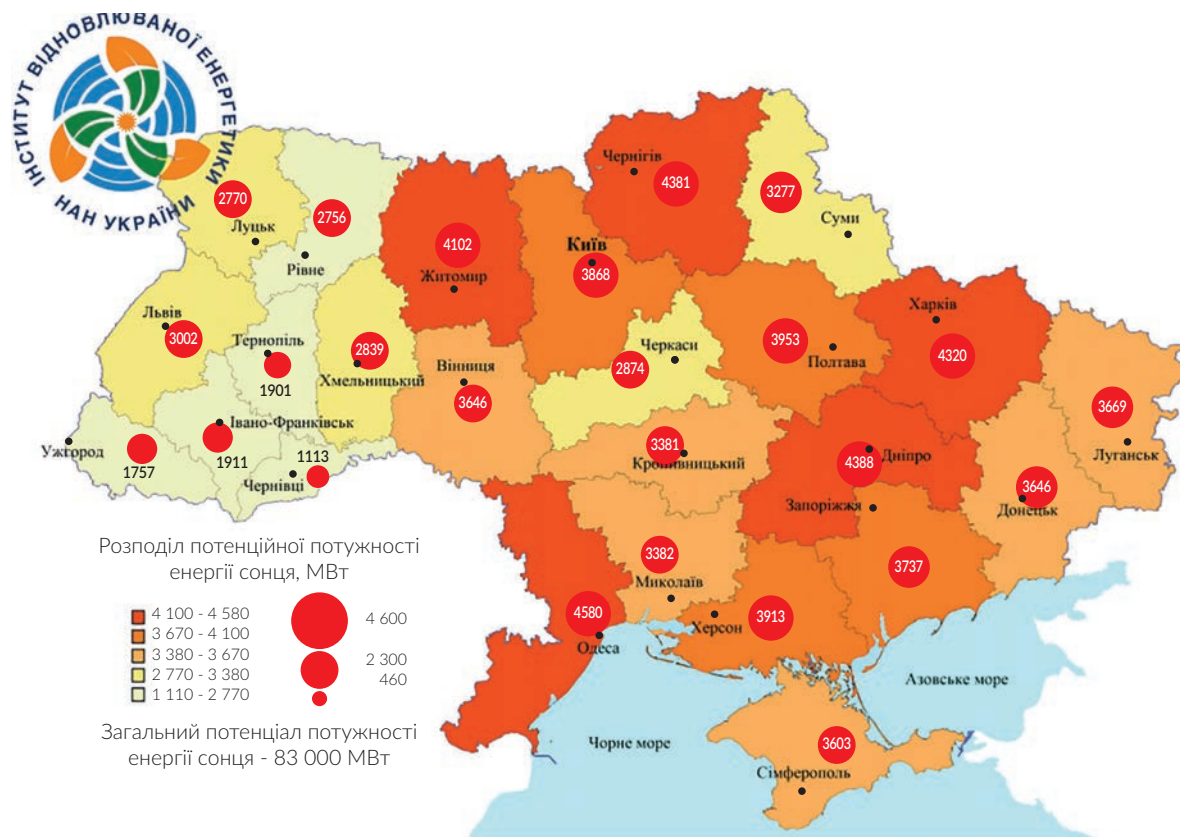


Рис. 2.9. Розподіл потенційної потужності енергії сонця, МВт⁹

сонячних днів у напрямку з Півночі на Південь із пропорційним збільшенням річного потрапляння сонячної радіації на 1 м² поверхні землі.

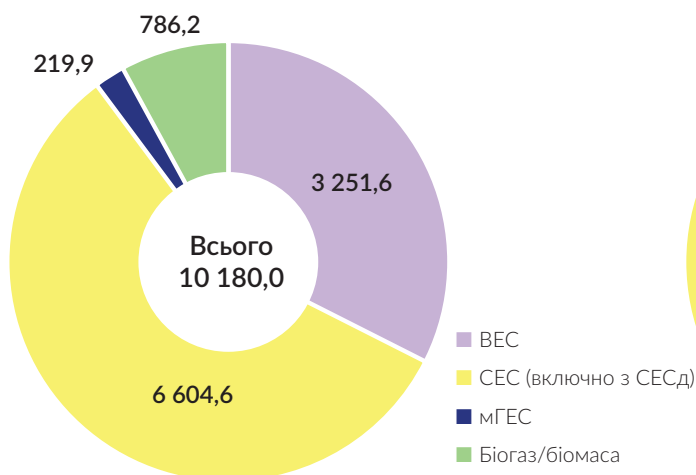
За результатами наукових досліджень, проведених ІВЕ НАН України, теоретична встановлена потужність СЕС становить близько 83 ГВт (Рис. 2.9), а річний потенціал виробництва електричної енергії СЕС в Україні – 100 млрд кВт·год/рік.

Перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід орієнтувати, в першу чергу, на використання фотоелектричних пристроїв. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв може повністю забезпечити не тільки потреби вітчизняних споживачів, але й експорт понад двох третин виробленої продукції.

На сьогодні сонячні електростанції мають найбільшу встановлену потужність серед всіх електростанцій на ВДЕ (без урахування великих ГЕС) – 6873 МВт (включно з СЕС домогосподарств) і виробляють найбільшу частку відновлюваної електроенергії в Україні – майже 65% (Рис. 2.10). Динамічний розвиток сонячної енергетики в Україні пов'язаний з тим, що протягом певного часу в країні діяв дуже високий «зелений» тариф на електроенергію, вироблену СЕС (Рис. 2.11).

Запровадження «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену СЕС приватних домогосподарств, сприяло значному розвитку даного напрямку генерації відновлюваної електроенергії. За даними Держенергоєфективності, станом на 01.04.2020 в Україні по «зеленому» тарифу працює понад 24 тис. СЕСд загальною потужністю понад 600 МВт¹⁵.

Виробництво електроенергії (млн кВт·год)



Встановлена потужність (МВт)

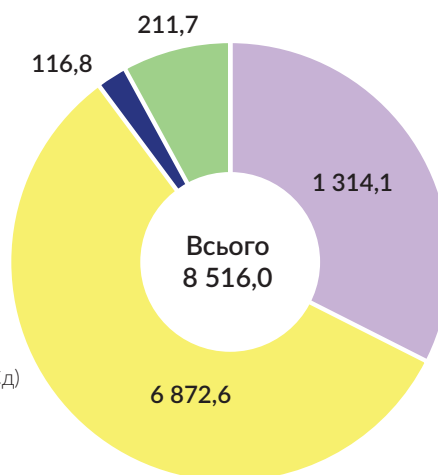


Рис. 2.10. Виробництво «зеленої» електроенергії (млн кВт·год) та встановлена потужність електростанцій на ВДЕ (МВт) за видами генерації станом на кінець 2020 року¹³

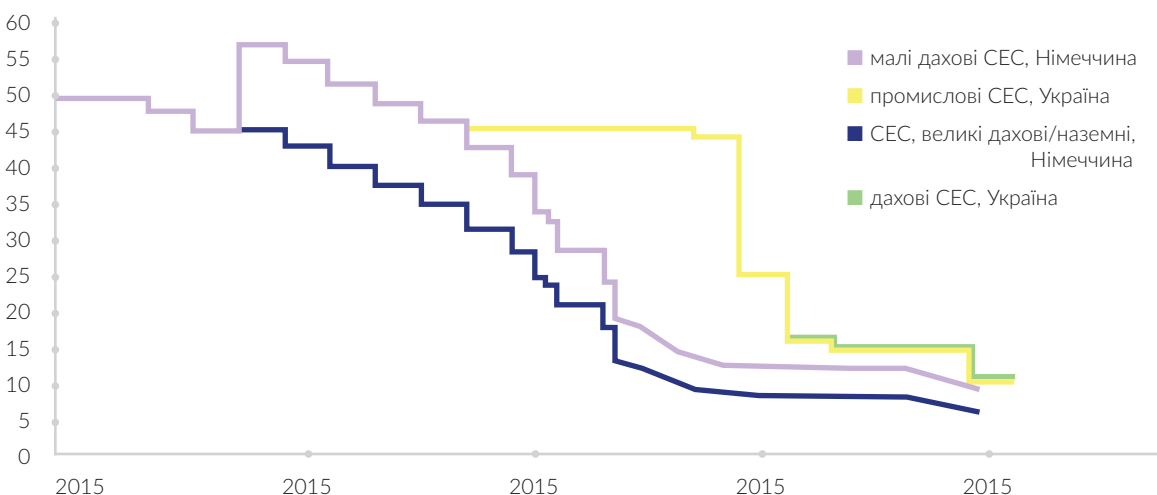


Рис. 2.11. «Зелений» тариф для СЕС в Україні і Німеччині, євроцентів/кВт·год¹⁴

¹⁴ Дані Асоціації сонячної енергетики України www.facebook.com/aseuofficial

¹⁵ Електроенергія з енергії сонця для вашої родини. Держенергоєфективності, проєкт ЄС Twinning <https://saee.gov.ua/uk/pressroom/3456>

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

Україна має достатню ресурсну базу і розвинуті геотермальні технології для вилучення та освоєння таких видів геотермальних джерел енергії⁹:

- субгеотермальні – тепло верхніх шарів Землі до глибини 500 м, яке використовується за допомогою теплонасосних установок;
- гідротермальні – тепло глибинних підземних термальних вод і парагідротерм, яке використовується за допомогою тепло- і електрогенеруючих установок;
- петротермальні – тепло перегрітих «сухих» гірських порід, яке використовується за допомогою свердловинних теплообмінників або шляхом створення штучних підземних проникних колекторів.

Найбільш поширеним і придатним в даний час для технічного використання джерелом геотермальної енергії в Україні є гідротермальні ресурси. Затверджені Міністерством екології та природних ресурсів України потенційні геотермальні ресурси становлять 27,3 млн м³/добу теплоенергетичних вод, а їх тепलोенергетичний потенціал з урахуванням особливостей термальних вод як теплоносія – 84 млн Гкал/рік. Найбільш сприятливими геотермічними умовами для освоєння гідротермальних ресурсів характеризуються Передкарпатський (Львівська, Івано-Франківська, частково Чернівецька області) та Закарпатський (Закарпатська область) прогини, Дніпровсько-Донецька западина (Чернігівська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська області), Степовий Крим та узбережжя Чорного моря (Херсонська та Одеська області). Найбільш ефективним і найпростішим способом використання енергії геотермальної води є безпосередній підігрів води в комунальному господарстві, в бальнеологічних та медичних закладах, у землеробстві і технологічних процесах.

Геотермальна енергія застосовується для виробництва електроенергії, теплопостачання житлових, комунально-побутових та промислових об'єктів, а також у технологічних процесах на підприємствах промислового та агропромислового комплексу (сушіння, виробництво холоду, теплова обробка матеріалів і продукції, теплично-парникові господарства, інше).

За розрахунками ІВЕ НАН України, річний технічно-досяжний енергетичний потенціал теплової геотермальної енергії в Україні складає

6,9 млн т н.е.; сумарний потенціал електричної потужності геотермальних ресурсів – 10,8 ГВт (Рис. 2.12).

Наразі найбільшого розвитку в Україні набув напрямок використання тепла верхніх шарів Землі за допомогою теплонасосних установок. Дані фіскального обліку митної служби України щодо імпорту теплових насосів та їх комплектуючих, а також відомості щодо понад 300 впроваджених теплонасосних установок одиничною потужністю від 6 до 500 кВт дозволяють оцінити сумарну теплову потужність теплових насосів, які використовуються в Україні, на рівні 1500-1600 МВт⁹.

Згідно із Законом України «Про альтернативні джерела енергії»¹⁰, отриману за допомогою теплових насосів аеротермальну, гідротермальну або геотермальну теплову енергію вважають видобутою з ВДЕ за умови, що кінцевий вихід енергії значно перевищує первинне споживання енергії, потрібної для приведення в дію теплових насосів.

При розрахунку кількості можливих обсягів споживання низькотемпературних геотермальних ресурсів в геокліматичних умовах різних регіонів України необхідно врахувати, що інтенсивна їх експлуатація може призвести до зниження температури ґрунтового масиву та їх швидкому виснаженню. Необхідно підтримувати такий рівень використання геотермальної енергії, який дозволив би експлуатувати джерело енергетичних ресурсів без шкоди для навколишнього середовища. Для кожного регіону України існує певна максимальна інтенсивність видобування геотермальної енергії, яку можна підтримувати тривалий час.

МАЛА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА

В Україні нараховується понад 63 тис. малих річок і водотоків загальною довжиною 135,8 тис. км. З них близько 60 тис. річок (95%) – дуже малі (довжина менше ніж 10 км); їхня сумарна довжина – 112 тис. км, середня довжина одного водотоку – 1,9 км. В Україні налічується 3212 малих річок довжиною трохи більше 1 км, їх загальна довжина складає близько 74 тис. км⁸.

Потенційні гідроенергетичні ресурси малих річок розподілені на території України надзвичайно нерівномірно. Так, у гірських областях (Львівській, Закарпатській, Івано-Франківській і Чернівецькій) зосереджено більше 70% усіх

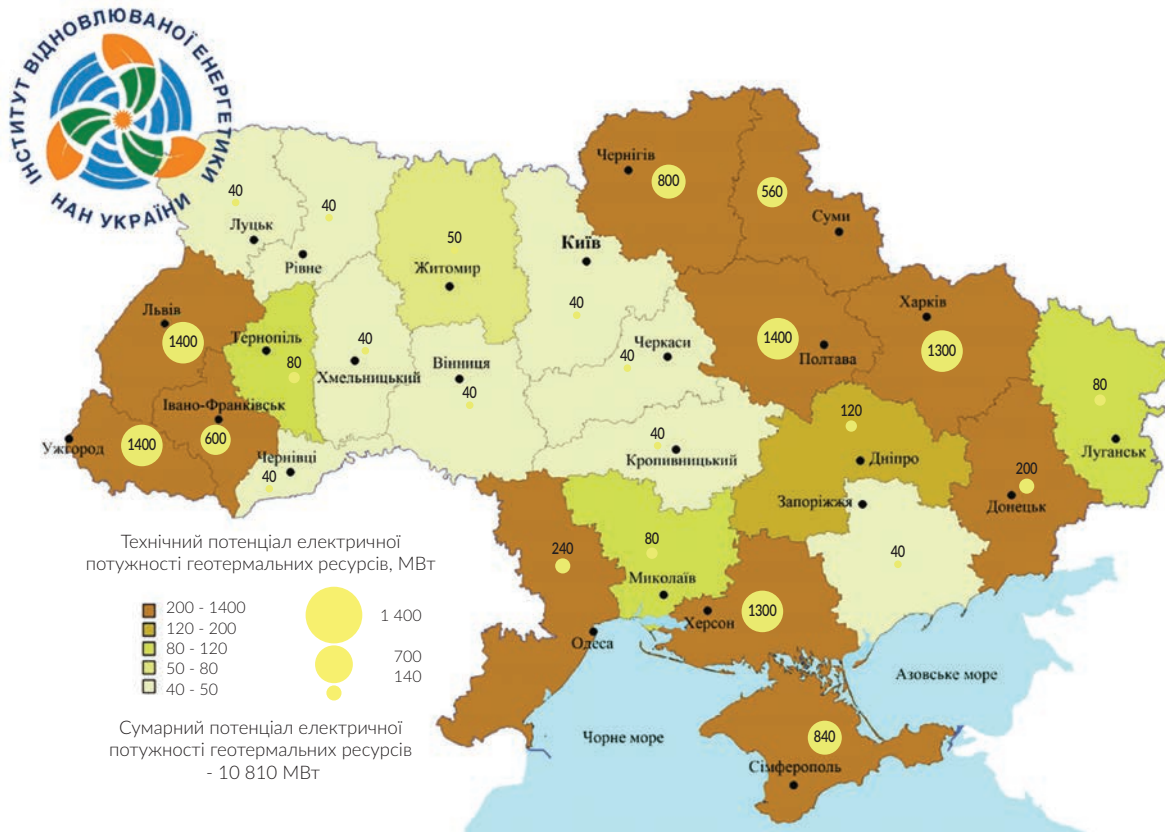


Рис. 2.12. Технічний потенціал електричної потужності геотермальних ресурсів, МВт⁹

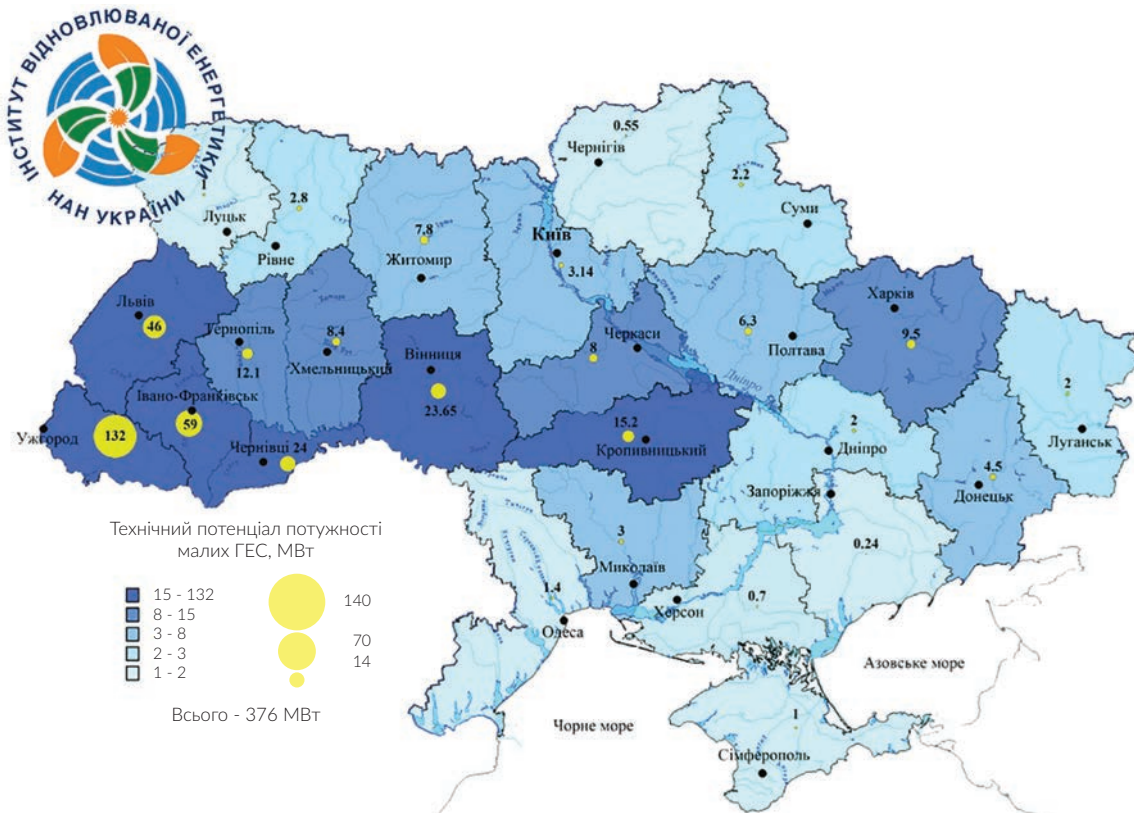


Рис. 2.13. Технічний потенціал потужності малих ГЕС, МВт⁹

енергетичних ресурсів малих річок, а в семи областях Подільської височини (Вінницькій, Житомирській, Київській, Кіровоградській, Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській) – всього 14%.

Фахівці ІВЕ НАН України оцінюють технічний потенціал малих річок України у 1270 млн кВт-год/рік (376 МВт встановленої потужності малих ГЕС) (Рис. 2.13). З них не освоєно близько 1000 млн кВт-год/рік.

Станом на кінець 2020 року загальна встановлена потужність малих ГЕС в Україні складає майже 117 МВт із середньорічним обсягом виробництва електроенергії близько 220 млн кВт-год. Порівняно з 2014 роком, приріст встановленої потужності малих ГЕС становить 37 МВт (Рис. 2.14).

Відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії»⁹, мала гідроелектростанція – електрична станція, що виробляє електроенергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої становить більше 1 МВт, але не перевищує 10 МВт. Крім того, розрізняють міні-ГЕС (200-1000 кВт) і мікро-ГЕС (< 200 кВт). Для кожного з цих видів ГЕС Законом встановлено величину «зеленого» тарифу на вироблену ними електроенергію.

Мікро-, міні- та малі ГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення для всіх регіонів Західної України, а для деяких районів Закарпатської та Івано-Франківської областей – джерелом майже повного енергозабезпечення.

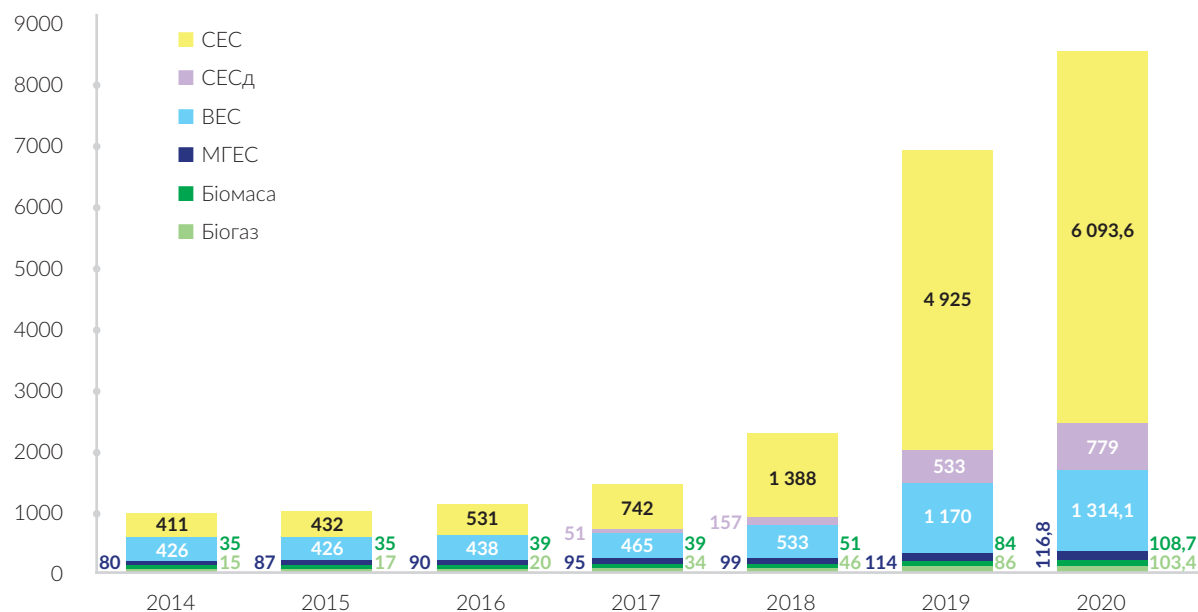


Рис. 2.14. Динаміка росту встановленої потужності об'єктів ВДЕ, які працюють за «зеленим» тарифом, МВт¹³

3. ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ГРОМАД: СТАЛИЙ РОЗВИТОК, ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ, СОЦІАЛЬНЕ БЛАГОПОЛУЧЧЯ

Впровадження технологій відновлюваної енергетики і реалізація відповідних проєктів на рівні громад має низку переваг для місцевих жителів і для загального розвитку сільських регіонів. По-перше, перехід на відновлювані джерела енергії сприяє підвищенню енергетичної безпеки і енергетичної незалежності. Так, наприклад, негазифіковані регіони зі значною залежністю від вугілля можуть замінити його

більш дешевими брикетами з біомаси для отримання теплової енергії. Потребу в електричній енергії можна задовольнити за рахунок введених невеликих сонячних та вітроелектростанцій. До речі, енергія вітру використовується людством здавна; вітряні млини для переробки зерна винайдені ще у середньовіччі. Наразі енергія вітру використовується для виробництва електроенергії.



а) Лінія з виробництва брикетів з соломи в с. Кінські Роздори Запорізької області¹⁶



б) ВЕС малої потужності в Данії¹⁷



в) Чотири СЕС по 30 кВт у Коломийському районі Івано-Франківської області¹⁸



г) Приклад комбінованої вітро-сонячної генеруючої системи

Рис. 3.1. Приклади установок відновлюваної енергетики в сільській місцевості

¹⁶ <https://www.061.ua/news/1988319/v-odnom-iz-sel-zaporozskoj-oblasti-resili-prevsat-solomu-i-buran-v-toplivnye-brikety-evropa-podderzala-i-vydela-600-000-griven>

¹⁷ <https://testfacilities.eu/listings/small-wind-test-lab/>

¹⁸ <https://www.solarstrategia.com/ua/>

Набувають популярності комбіновані вітро-сонячні генеруючі системи, які дають можливість використовувати переваги обох видів ВДЕ і забезпечують більш рівномірний графік генерації протягом року. У 2019 році було уведено «зелений» тариф на електроенергію, вироблену такими комбінованими установками потужністю до 50 кВт (приватні домогосподарства) і до 150 кВт (енергетичні кооперативи)¹⁹.

Реалізація проєктів з використанням ВДЕ сприяє сталому розвитку, зміцненню місцевої економіки і росту соціального добробуту громад. Впровадження технологій відновлюваної енергетики призводить до створення нових робочих місць, пов'язаних із вирощуванням або заготівлею біомаси, постачанням біопалива, будівництвом та обслуговуванням енергетичних установок. Якщо проаналізувати ситуацію із зайнятістю в секторі ВДЕ в глобальному масштабі, то із загальних 11 млн найбільша кількість створених робочих місць припадає на сонячну енергетику (33%, PV CEC), гідроенергетику (19%) і біоенергетику (19%, рідкі біопалива) (Рис. 3.2). В Євросоюзі структура зайнятості у сфері відновлюваної енергетики інша: найбільша кількість працівників пов'язана з сегментами твердої біомаси/біопалив (31% із загальних 1,2 млн р.м.), рідких біопалив (17%) та з вітроенергетикою (25%).

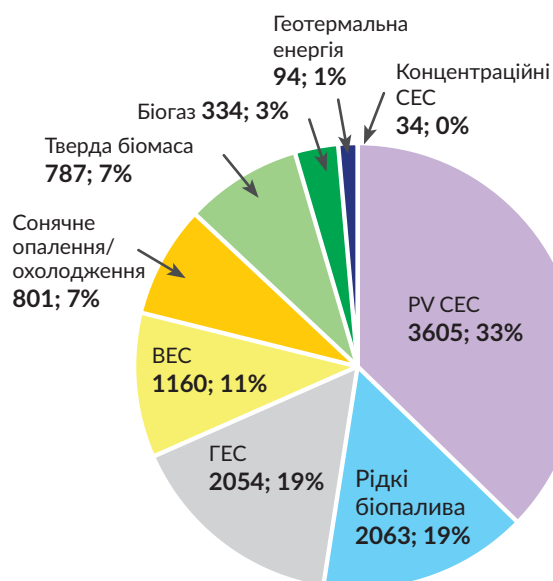


Рис. 3.2. Кількість працівників в секторі відновлюваної енергетики в світі у 2017-2018 рр. (тис. чол., % від загального)²⁰

Ретельно сплановані і впроваджені з урахуванням місцевих умов проєкти ВДЕ можуть бути привабливими бізнес-проєктами з позитивним впливом на фінансово-економічний стан громад. Наприклад, розглянемо випадок запровадження лінії з виробництва брикетів з біомаси, коли мешканці села або члени об'єднаної територіальної громади створюють енергетичний кооператив, в рамках якого виробляють брикети з біомаси для власного споживання. Такий кооператив може бути або новоствореним, або ж діяльність вже існуючого кооперативу (наприклад, ягідного або садового) розширюється на виробництво паливних брикетів. Перевагами такого підходу є можливість використання дешевої (або навіть безкоштовної) власної біомаси (наприклад, соломи), відсутність плати за оренду виробничого приміщення, можливість придбання членами кооперативу вироблених брикетів по собівартості.

Результати попереднього ТЕО свідчать про те, що проєкт з виробництва брикетів з соломи в рамках енергетичного кооперативу має термін окупності менше 5 років з внутрішньою нормою дохідності понад 20% (Табл. 3.1). Ці доволі гарні показники можуть бути додатково покращені за рахунок варіювання певних вхідних параметрів проєкту. Так, зменшення вартості сировини (соломи) всього на 10% призводить до скорочення простого терміну окупності проєкту до 4,5 років і збільшенню IRR до 23%.

В залежності від наявних місцевих ресурсів біомаси, брикети можна виробляти з інших видів сировини, таких як стебла кукурудзи, виноградна лоза, лушпиння соняшника, стебла малини, очерет, енергетична верба, міскантус (Рис.3.3).

Вільні землі громади можуть використовувати для самостійного вирощування енергетичних рослин або здавати в оренду компаніям, що займаються цим видом бізнесу. Енергетичні рослини можуть вирощуватися на малопродуктивних або забруднених землях, справляючи позитивний вплив на якість ґрунту.

Заміщення викопних палив і скорочення викидів парникових газів, досягнуте в результаті впровадження проєктів ВДЕ на рівні громад, є важливим внеском до загальнонаціональної цілі по декарбонізації та «озелененню» енергетики України.

¹⁹ Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» (№ 2712-VIII від 25.04.2019) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text>

²⁰ RENEWABLES 2019, GLOBAL STATUS REPORT

https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

Показник	Значення показника
Продуктивність брикетувальної лінії, кг/год	160
Встановлена потужність електричного обладнання, кВт	23
Вартість обладнання з монтажем і пусконаладженням, тис. грн	829
Капітальні витрати, тис. грн	975
Річний обсяг виробництва брикетів*, т	320
Вхідна вологість сировини (солома пшениці), %	15
Необхідна річна маса сировини, т	331
Витрати на виробництво біопалива без вартості сировини, грн/т	1280
Витрати на сировину, грн/т брикетів	648
Собівартість фасованих у мішки брикетів, грн/т	1985
Ціна реалізації, грн/т, без ПДВ	2200
Річний дохід, тис. грн/рік	704
Чиста приведена вартість (NPV), грн.	76477
Внутрішня норма рентабельності (IRR), %	20,1
Простий термін окупності (PBP), років	4,8
Дисконтований термін окупності (DPP), років	8,2
Індекс прибутковості (PI)	1,1
Скорочення викидів парникових газів, т CO2екв./рік	278

A woman in a red shirt and dark pants stands next to a tall stalk of sugarcane. The stalk is significantly taller than her, reaching up to the top of the frame. The background shows a clear blue sky with some clouds.

Рис. 3.3. Приклади плантацій енергетичних рослин

7. Створення більш локальної циркулярної економіки.



4. ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В ГРОМАДАХ

БІОЕНЕРГЕТИКА

Біоенергетика пропонує широкий спектр технологій для виробництва теплової енергії, електроенергії, комбінованого виробництва тепла та електроенергії, а також отримання твердого, газоподібного і рідкого біопалива. Для реалізації на рівні громад видається доцільним рекомендувати впровадження ліній брикетування біомаси через ті переваги, які дає даний напрямок.

Переваги брикетів з біомаси

Перспективним напрямком впровадження біоенергетичних технологій на рівні громад є виробництво паливних брикетів з біомаси. Тверді біопалива можуть виступати в ролі прямих замінників природного газу та інших викопних палив при виробництві теплової енергії. Брикети – це покращене біопаливо з прогнозованою якістю, тому їх часто називають «евродровами».

Серед основних переваг використання паливних брикетів з біомаси можна виділити наступні:

- Відповідність вимогам котельного обладнання, кращі екологічні показники при спалюванні.
- Можливість застосування в існуючих печах, побутових та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням. Брикети не потребують спеціалізованого обладнання на відміну від більш дорогих гранул з біомаси.
- Наявність значної сировинної бази, особливо для брикетів з біомаси сільськогосподарського походження.
- Відносно низька ціна. У брикетів ціна за одиницю енергії є порівняною з дровами при набагато кращих паливних характеристиках.
- Брикети є більш зручними та економічними, ніж дрова, при транспортуванні та зберіганні.

ні. За рахунок більшої енергетичної щільності вони потребують менших витрат праці при ручному завантаженні в котел.

- Брикети можуть виступати в ролі більш дешевого замінника вугілля, особливо в тих регіонах, де вугілля є дорогим.

Для громад можна рекомендувати наступний варіант виробництва паливних брикетів з біомаси. Мешканці села або кількох сіл створюють енергетичний кооператив, в рамках якого виробляють брикети з біомаси для власного споживання. Згідно Закону України «Про альтернативні джерела енергії»⁹, енергетичний кооператив – юридична особа, заснована відповідно до Закону України «Про кооперацію» або Закону України «Про споживчу кооперацію» для здійснення господарської діяльності з виробництва, заготівлі або транспортування паливно-енергетичних ресурсів, а також для надання інших послуг з метою задоволення потреб його членів або територіальної громади, а також з метою отримання прибутку, відповідно до вимог законодавства.

Як вже було сказано, такий кооператив може бути або новоствореним, або ж діяльність вже існуючого кооперативу розширюється на виробництво паливних брикетів. Перевагами виробництва в рамках енергетичного кооперативу є можливість використання дешевої або навіть безкоштовної місцевої біомаси (солома, лушпиння соняшника, стебла кукурудзи, очерет та ін.), відсутність плати за оренду виробничого приміщення, можливість придбання членами кооперативу вироблених брикетів по ціні, близькій до собівартості.

Запровадження бізнесу із виробництва і продажу брикетів сприяє підвищенню енергетичної незалежності регіонів, створенню нових робочих місць у сільській місцевості і розвитку місцевої економіки. На сьогодні в Україні вже

існують приклади успішної реалізації як грантових, так і бізнес-проектів з виробництва та споживання паливних брикетів з різних видів біомаси.

Види брикетів

Паливні брикети, вироблені з біомаси, являють собою спресовані матеріали циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми з поперечним розміром не менше 25 мм і довжиною 100-400 мм. Типовий діаметр – 60-75 мм, а довжина брикетів зазвичай не перевищує 5 величин діаметру. Стандартних розмірів у даного виду продукту немає.

Паливні брикети характеризуються різноманітністю форм, але загалом, виділяють три основних типи²¹ – NESTRO, RUF та Pini&Kay:

NESTRO (NIELSEN) – довгі брикети циліндричної форми або багатокутного перерізу, переважно, без внутрішнього отвору (Рис. 4.1а), отримані за рахунок застосування високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на гідравлічних, а NIELSEN – на ударно-механічних пресах. Брикети даного типу при виробництві можуть бути розділені як на шайби, так і на поліна. Форму брикету замовляє покупець. Виробничий процес характеризується невисокими вимогами до кваліфікації персоналу і до організації виробництва. Переваги брикетів типу NESTRO (NIELSEN): невисока собівартість, достатньо висока щільність (1,0-1,15 т/м³). Недолік: низька вологостійкість брикетів (необхідна хороша упаковка).

RUF – пресовані куби-цеглини (Рис. 4.1б), які виробляють на гідравлічних пресах за рахунок

високого тиску. Розміри брикету залежать від щільності вихідної сировини і прикладеного тиску. Гідравлічні преси вважаються найбільш надійним видом обладнання для брикетування, але мають високу вартість. Виробничий процес характеризується мінімальними вимогами до персоналу і до організації виробництва. Перевагою брикетів RUF є низька собівартість виготовлення. Недоліки: найнижча щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (0,75-0,80 т/м³); брикет не стійкий до вологи (потрібна хороша упаковка), а також до механічних пошкоджень, що негативно впливає на його стан після тривалого транспортування.

Pini&Kay – брикети, які мають циліндричну або багатогранну форму з наскрізним отвором всередині (Рис. 4.1в). Наявність такого отвору забезпечує кращий рух повітря при горінні брикету. Брикети Pini&Kay виробляються екструдерним способом на механічних (шнекових) пресах шляхом поєднання високого тиску і термічної обробки (випалювання). Висока температура пресування (250-350 °C) сприяє оплавленню і зміцненню поверхні брикетів, що є важливим для транспортування брикетів без пошкоджень. Виробничий процес характеризується жорсткими вимогами до вологості сировини (< 8%), необхідністю подрібнення сировини до дрібної фракції, значною енергоємністю та потребою у висококваліфікованому персоналі. Переваги даного типу паливних брикетів: стійкість до механічних пошкоджень, висока вологостійкість, найвища щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (1,1-1,4 т/м³). Недолік – висока собівартість.



а) NESTRO (NIELSEN)



б) RUF



в) Pini&Kay

Рис. 4.1. Загальний вигляд паливних брикетів різних видів

Сировина для виробництва брикетів

Сировиною для виробництва паливних брикетів може бути деревина м'яких і твердих порід, солома, очерет, лушпиння соняшника та гречки, костриця льону, інші рослинні відходи. Типові вимоги до сировини: вологість 6-12%, фракційний склад 2-10 мм (Табл. 4.1).

Об'єм брикету складає близько 1/10 об'єму витраченої на його виробництво сировини. Брикетування біомаси дозволяє суттєво збільшити насипну щільність та питому енергомісткість біопалива, що спрощує його логістику (транспортування, зберігання) і зменшує витрати на неї. Крім того, кінцевий продукт (брикети) має

²¹ Аналітична записка БАУ № 20 (2018) <https://uabio.org/activity/271/>

Таблиця 4.1. Характеристики окремих видів сировини для виробництва брикетів.

Сировина	Характеристики вихідної сировини		
	Насипна щільність, кг/м ³	Вологість, %	Фракція, мм
Лушпиння соняшнику	100	4-9	6-10
Лушпиння соняшнику (подрібнене)	260	6-9	2-5
Гречана лушпайка	160	5-12	2-5
Лушпайка рису	125	5-12	2-6
Тирса дубова	270	6-12	2-5
Тирса соснова	125	6-8	2-5
Солома (січка)	40-60	8-14	5-30

однорідніші якісні характеристики у порівнянні з неущільненою біомасою.

Якість брикетів в значній мірі залежить від вологості вихідної сировини. Розрізняють оптимальну і критичну вологості. Оптимальною є вологість 4-10%, при ній досягаються найкращі механічні характеристики брикетів. Однак, треба враховувати, що для деяких видів сировини верхньою межею вологості є 6-8%. Критичною називається вологість, при якій можливе формування брикету, але в ньому з'являються тріщини, і брикет втрачає товарний вигляд. Критична вологість знаходиться в межах 10-15%. При більш високій вологості отриманий брикет буде «розірваний» внутрішнім тиском вологи, що виникає при стисненні подрібненої маси.

Технологічні особливості виробництва брикетів

Типова технологічна схема виробництва паливних брикетів з біомаси включає сім операцій²²:

1. Приймання сировини

Приймання сировини проводиться на майданчику, розміри якого повинні давати можливість накопичувати як мінімум добовий запас біомаси для забезпечення її своєчасної і безперешкодної подачі для подальшої переробки. Необхідно врахувати, що якщо в якості вихідної сировини використовується солома, вона може бути упакована в прямокутні тюки або в рулони круглого перерізу, які вручну неможливо переміщувати. Для цього доцільно застосовувати вантажний візок або вилковий навантажувач.

Отже, до складу устаткування ділянки може входити допоміжне обладнання для транспортування біомаси.

Якщо брикетувальна лінія має невелику потужність і розташована неподалік джерела сировини, то сировина може доставлятися у вигляді соломи-січки або подрібнених стебел кукурудзи, тобто можна виключити етап тюкування агробіомаси і зекономити на цьому.

2. Подрібнення сировини

На стадії підготовки виконується подрібнення сировини до фракції, що відповідає вимогам певного брикетувального обладнання. Також необхідно забезпечити відсутність сторонніх включень у сировині (металеві домішки, каміння, пісок).

3. Калібрування сировини

Калібрування потрібне для відділення сировини з необхідним розміром часток. Для реалізації даної технологічної операції використовуються барабанні калібратори з отворами сит до 5-6 мм. Деякі виробники використовують подрібнювачі із ситами, що виконують функцію калібрування біомаси.

4. Сушіння подрібненої сировини

Подрібнена сировина по матеріалопроводу потрапляє в камеру сушильного агрегату. Відбір зайвої вологи здійснюється гарячим повітрям, виробленим теплогенератором, який може працювати як на самій біомасі, так і на природному газі.

Зазвичай сировину необхідно висушити до вологості 8-14%. Існують прес-брикетувальники з можливістю використання біомаси вологістю до 30%, яка може бути досягнута при належному зберіганні біомаси, а тому відпадає необхідність в операції сушіння.

Далі подрібнений і висушений матеріал пневмотранспортом подається в батарейний циклон, де відбувається його розділення із теплоносієм. Відпрацьований теплоносій викидається в атмосферу, а висушений матеріал подається на живильний пристрій прес-брикетувальника.

5. Пресування сировини у брикети

Формування з подрібненої рослинної маси міцного брикету забезпечується як фізико-механічними властивостями матеріалу, так і умовами протікання самого процесу брикетування. При цьому є певні вимоги до якості брикету, які необхідно виконати. Це, перш за все, щільність брикету (0,8-1,3 т/м³), його вологість, розміри (діаметр, довжина), а також правильність форми.

²² Дубровін В.О. Технологічне забезпечення та технічне оснащення виробництва і використання біопалива для виробничих потреб і обігріву приміщень в АПК [Рекомендації для агропромислових підприємств України] / Дубровін В.О., Мироненко В.Г., Лободко М.М., Лут М.Т., Сарана В.В., Гудзенко М.М., Грищенко О.М., Захарків Г.С. – К.: Холтех, 2009. – 32 с.

6. Охолодження

У процесі пресування сировина досягає температури більше 70 °С. Чим вище зусилля пресування, тим більша температура брикетів та краща їх якість. Охолодження необхідне для остаточного затвердіння готових брикетів, що робить їх придатними для зберігання і транспортування. У деяких пресів брикет після виходу із формоутворюючої насадки рухається по довгій направляючій, охолоджуючись при цьому.

7. Фасування

Надання виробленому продукту товарного вигляду – невід’ємна частина виробничого процесу. Тому на завершальному етапі підготовки

брикетів до реалізації їх фасують у мішки або поліетиленові пакети та складають на піддони.

Таким чином, при брикетуванні біомаси можуть використовуватися всі сім технологічних операцій або в деяких лініях тільки чотири: приймання сировини, її подрібнення, пресування у брикети та фасування готової продукції.

Головною операцією у технологічному процесі виробництва паливних брикетів з біомаси є пресування. Ця операція найбільш енергоємна і формує якість кінцевої продукції. Для брикетування біомаси використовують прес-брикетувальники двох типів: з поршневым і шнековим робочим органом (Рис. 4.2).



Рис. 4.2. Приклади прес-брикетувальників з поршневым (а) і шнековим (б) робочим органом.

Переваги поршневих пресів (ударно-механічних, гідравлічних): пресуючий робочий орган працює довго і не потребує проведення частих ремонтних робіт та обслуговування. Недоліки: періодичність робочого процесу, висока матеріаломісткість, великі габарити.

Переваги шнекових пресів: безперервний робочий процес, низька матеріаломісткість, менша маса і шумність, простота обслуговування, можливість отримання продукту більш високої щільності (у порівнянні з поршневими пресами).

Недоліки: зношення шнеку, необхідність прогріву перед запуском.

На ринку України представлене обладнання для виробництва брикетів широкого діапазону продуктивності. Вибір конкретної моделі залежить від характеристик сировини, рекомендованої заводом-виробником. В Табл. 4.2 представлено перелік деяких компаній, які пропонують в Україні обладнання для ліній брикетування продуктивністю від 150 до 500 кг/год по готовому продукту.

Таблиця 4.2. Перелік компаній, які пропонують обладнання для ліній брикетування в Україні

Компанія	Регіон / Місто	Вебсайт
ПП «Брикетуючі технології»	Бердичів	https://briq-tech.com/ua
ТОВ «АмеліАрт Україна»	Вінниця	https://ameliart.com.ua/
ТОВ «Зерма-Україна»	Каховка	http://tmgreenbull.com.ua/
ДП «Тривад»	Київ	http://trivad.com.ua
ГК «Біоєкопром»	Полтава	http://bioekoprom.com.ua
ПП Федякин	Дніпропетровська обл.	http://pres88.com.ua
ТОВ «Політрейд»	Харків	http://www.polytrade.com.ua/
ТОВ «КОМПАНІЯ ЛТС»	Миколаїв	http://www.lts.net.ua
ПП «Кийко»	Дніпро	http://kijko.com.ua
ТОВ «Інволд»	Київ	http://www.inworld.com.ua/

При виборі обладнання для брикетування, що буде використовуватися у проєкті громади, обов'язково слід брати до уваги наступне:

- зрілість, надійність та простота технології;
- необхідна продуктивність по кінцевому продукту (брикетам);
- відповідність сировини вимогам обладнання, можливість використання іншої сировини для брикетування без суттєвої зміни технологічного процесу;
- можливість забезпечення довгострокового постачання сировини для брикетів у необхідних об'ємах, а у випадку перебоїв – можливість диверсифікації постачання.
- комплексний підхід до організації виробництва брикетів з урахуванням усіх місцевих умов, наприклад, використання існуючих приміщень для обладнання, складів, існуючого підключення до електроенергії необхідної потужності, близькість до сировини/споживачів, можливість постачальника обладнання організувати виробництво «під ключ» та ін.;
- забезпечення виробником обладнання поточного, гарантійного та післягарантійного обслуговування;
- існуючі успішні приклади використання в Україні.

Паливні характеристики брикетів

Одним з важливих показників якості паливних брикетів є їх щільність, яка зазвичай становить 0,8-1,3 т/м³ при вологості пресованої біомаси 8-14%. Щільність є основним фактором, що визначає механічну міцність і водостійкість брикету.

Теплотворна здатність брикету залежить від виду сировини, з якого він виготовлений, і від вологості. Типовий діапазон значень нижчої теплоти згорання брикетів з біомаси – 16-18 МДж/кг (Табл. 4.3). Як видно з таблиці, характеристики брикетів можуть суттєво відрізнятися,

Таблиця 4.3. Характеристики брикетів з різних видів біомаси

Матеріал брикету	Зольність, %	Вологість, %	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Щільність, т/м ³
Солома	4,0-8,0	6,0-10,0	15,4-15,7	0,7-0,9
Качани, стебла кукурудзи	3,0	7,5-8,0	14,1-15,9	0,75-0,92
Стебла соняшника	4,3	6,0-12,0	немає даних	0,85-0,89
Лушпиння соняшника	2,9-3,6	6,0-8,0	18,6-18,9	1,09-1,15
Лушпайка рису	12,0-20,0	5,0-12,0	13,2-13,8	1,0-1,1
Деревна тирса	0,5-1,1	4,0-8,0	17,0-18,9	1,15-1,25
Виноградна лоза	1,5-3,5%	10,0-11,0	14,0-16,0	0,61-0,72
Очерет	4,0%	немає даних	16,8	1,12
Міскантус	3,1-4,5%	7,5-8,0	17,5-17,7	0,85

що у випадку необхідності потрібно враховувати на початковому етапі проєкту.

Брикети з біомаси можливо спалювати у побутових та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до ~100-150 кВт), що часто вже наявні у закладах бюджетної або соціальної сфери та у населення (Рис. 4.3). Це означає, що не потрібно проводити заміну або модернізацію існуючого котельного обладнання, що суттєво економить кошти для громади.



Рис. 4.3. Горіння брикетів в котлах невеликої потужності

Також на ринку представлені автоматизовані котли з бункером (до ~240 кВт), які пристосовані для використання брикетів із біомаси. Брикети меншої щільності (тобто «м'якіші» за рахунок пресування вологішої сировини) можна використовувати у потужних котлах із шнековою подачею. Шнек, виконаний з міцного металу, буде здатний розламувати такі брикети і забезпечувати їх безперебійну подачу в топку (Рис. 4.4).



Рис. 4.4. Шнекова система подачі брикетів в котел

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

Вітер – це природне явище руху повітря відносно земної поверхні, утворене внаслідок нерівномірного нагрівання атмосфери сонячною радіацією, і спрямоване із зони високого атмосферного тиску до зони низького, а також через силу Коріоліса, пов'язане з обертальним рухом Землі. До основних характеристик, що описують вітер, належать швидкість та напрям вітру. Ресурси вітру невичерпні, але через непостійність його швидкості, можливість енергетичного використання цього ресурсу суттєво залежать від місцевих умов та мінливості погоди.

Потужність вітрового потоку визначається за формулою:

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3,$$

де C_p – коефіцієнт потужності, що визначає, яка частка енергії вітру перетворюється турбіною у механічну роботу (теоретичне максимальне значення цього коефіцієнту за законом Беца складає 0,593. Сучасні ефективні вітрові турбіни досягають піку 75–80% межі Беца);

ρ – питома щільність (вага) повітря, кг/м³ ;
 A – площа, через яку протікає вітровий потік, м²;
 v – швидкість вітру, м/с.

З огляду на меншу у 800 разів питому щільність повітря порівняно із водою, розміри вітрових турбін набагато більші ніж у турбін гідроелектростанцій.

Потужність вітру обумовлюється його швидкістю і визначає дію вітру на наземні предмети або утворення хвиль на воді²³:

- 2...3 м/с – слабкий (ледь відчувається);
- 4...7 м/с – помірний (хитаються тонкі гілки дерев);
- 10...12 м/с – сильний (хитаються товсті гілки дерев);
- 15...20 м/с – буря;
- 20...30 м/с – шторм;
- більше 30 м/с – ураган.

Всесвітньою метеорологічною організацією для наближеної оцінки сили вітру застосовується 12-ти бальна шкала Бофорта, яка визначається середньою швидкістю вітру на стандартній висоті 10 м над відкритою рівною поверхнею.

Оптимальна швидкість вітру, придатного для енергетичного використання становить 4-25 м/с. Для характеристики вітру з точки зору можливості використання в енергетичних цілях, аналізують середні швидкості вітру за довгий період досліджень, повторюваність середніх швидкостей вітру, характеристики добової та річної змін швидкостей вітру, довжину вітрових періодів та періодів затишку²⁴.

Важливою характеристикою також є вертикальний профіль швидкості вітру, на який впливає рельєф, рослинний покрив території та розміщення будівель поблизу вітрової енергетичної установки. Особливо негативно впливають на рух вітру великі перешкоди. Тому, для оцінки можливості розміщення ВЕУ використовується характеристика шорсткості територій (Табл. 4.4), що дозволяє визначити оптимальну висоту башти, на якій бажано розмістити вітрову турбіну.

Перед прийняттям інвестиційних рішень необхідно провести ґрунтовний аналіз ресур-

Таблиця 4.4. Шкала шорсткості території²³

Тип території	Клас шорсткості	Довжина шорсткості [м]	Енергія (%)
Поверхня води	0	0,0002	100
Повністю відкрита місцевість, наприклад аеропорт, трав'яністі луки тощо	0,5	0,0024	73
Відкриті орні поля з низькими поодинокими будівлями	1	0,03	52
Присадибна ділянка з декількома будівлями та 8 метровою огорожею, віддаленою на 1250 м	1,5	0,055	45
Присадибна ділянка з декількома будівлями та 8 метровою огорожею, віддаленою на 500 м	2	0,1	39
Присадибна ділянка з декількома будівлями та 8 метровою огорожею, віддаленою на 250 м	2,5	0,2	31
Села, малі містечка, сільськогосподарські угіддя з численними огорожами, ліс або рельєфні ділянки	3	0,4	24
Великі міста з високими будинками	3,5	0,8	18
Мегаполіси з висотними будівлями та хмарочосами	4	1,6	13

²³ Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.

²⁴ Титко Р., Калініченко В.М. Відроджувальні джерела енергії (досвід Польщі для України). Навчальний посібник. 2-ге вид. – Варшава: OWG, 2010. – 530 с.

сів вітрової енергії конкретної території, використовуючи докладні багаторічні метеорологічні спостереження, і визначити місце для будівництва вітрових енергетичних установок з огляду на існуючу інфраструктуру і характеристики шорсткості.



Рис. 4.5. ВЕУ Дністровської вітроелектростанції

Вітроенергетичні системи спочатку перетворюють кінетичну енергію вітру у механічну, а потім, якщо потрібно, і у електричну енергію. Відповідно до функціонального призначення вітроустановки поділяються на: мережеві, автономні, призначені для виконання механічної роботи²⁵.

Мережеві вітроенергетичні системи під'єднують до електричної мережі, що створює передумови для більш швидкого повернення інвестицій за рахунок реалізації електричної енергії за стимулюючим «зеленим» тарифом. Розмір «зеленого» тарифу за діючою системою підтримки становить від 50,6 євро/МВт-год для ВЕУ потужністю менше 600 кВт до 90,5 євро/МВт-год для ВЕУ потужністю понад 2 МВт, введені в експлуатацію у 2021 р.

Для виробництва електричної енергії використовуються агрегати двох основних типів: з вертикальною та горизонтальною віссю обертання. Найбільше розповсюдження отрима-

ли ВЕУ з горизонтальною віссю обертання, які розділяються на малі, середні та великі і мають потужність від 4 Вт до 3 МВт (Табл. 4.5). Офшорні вітроелектростанції, які встановлюють на континентальних шельфах, будують ще більшими – потужністю до 12 МВт і висотою понад 200 м (Рис. 4.6).

Сучасні вітрові електростанції можна розділити на наземні, прибережні, офшорні і плавучі. Наземні вітроелектростанції на сьогодні найбільш поширені, і вони, як правило, встановлюються на пагорбах. Прибережні вітроелектростанції будують на невеликій відстані від берега моря або океану, в місцях де спостерігається стійка вітряна погода, спричинена нерівномірним нагріванням поверхні суші і водойми. Офшорні вітроелектростанції будують в морі на відстані 10-12 км від берега на ділянках з регулярними морськими вітрами та невеликою глибиною, а електроенергія передається на сушу підводними кабелями. Плавучі вітроелектростанції будуються на спеціальних платформах, які можуть переміщатись до місця їх тимчасового розміщення, але поки що комерційні установки такого типу малопоширені.

Україна має значний технічно-досяжний потенціал розвитку офшорної вітроенергетики на мілководних територіях великих акваторій – Азовського та Чорного морів, затоки Сиваш, водосховищ Дніпровського каскаду ГЕС, лиманів²⁷. Але, з огляду на географічні обмеження, для більшості громад можливе використання лише наземних вітроелектростанцій.

Через високу вартість інфраструктури та витрат на підключення до ліній електропередач одиночні комерційні вітроенергетичні установки об'єднують у вітропарки. Єдиною важливою вимогою для вітроелектростанцій є високий середньорічний рівень вітру. Крупні вітропарки можуть складатися з понад 100 одиничних вітроенергетичних установок.

Таблиця 4.5. Класифікація вітроенергетичних установок з горизонтальною віссю обертання за діаметром ротору та потужністю²⁶

		Діаметр ротору, м		Площа поверхні лопатей, м ²		Стандартна потужність, кВт	
Малі	Мікро	0,5	1,25	0,2	1,2	0,004	0,25
	Міні	1,25	3	1,2	7,1	0,25	1,4
	Домогосподарства	3	10	7	79	1,4	16
Малі комерційні		10	20	79	314	25	100
Середні комерційні		20	50	314	1963	100	1000
Великі комерційні		50	100	1963	7854	1000	3000

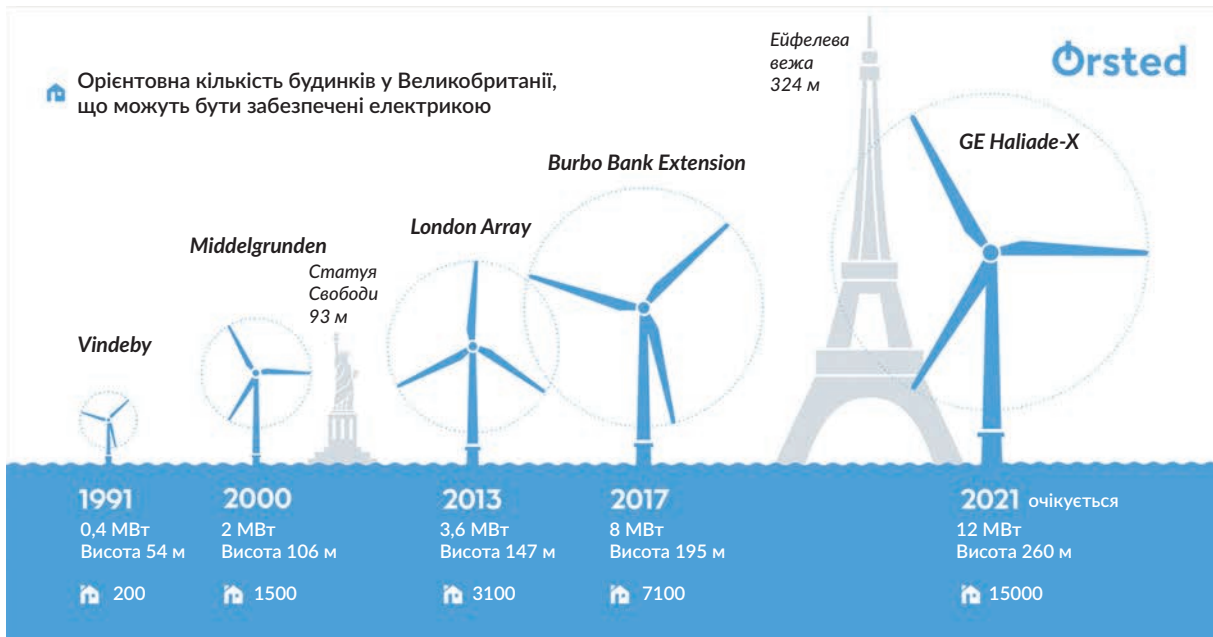


Рис. 4.6. Еволюція офшорних вітрових електростанцій з 1991 до 2021 рр.²⁸

Типова вітроенергетична установка складається з вітроприймального пристрою, редуктора, електричного генератора, опорно-поворотного пристрою та системи управління ВЕУ. Вітер приводить у рух ротор вітроприймального пристрою, який приймає кінетичну енергію повітряного потоку, передає її через редуктор на генератор, що виробляє електричну енергію (Рис. 4.7).

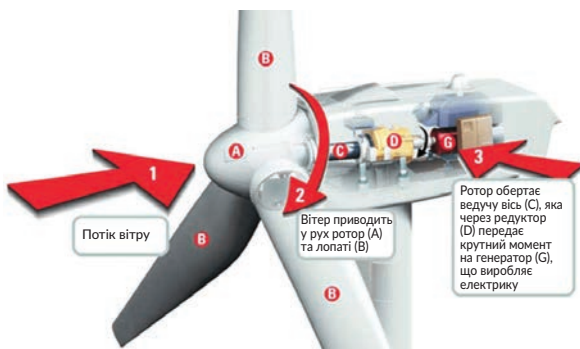


Рис. 4.7. Принцип роботи вітрової електростанції

Вітроприймальні пристрої можуть використовувати для перетворення енергії вітру підйомну силу або силу опору²⁹. Пристрої, що використовують підйомну силу, переважають, оскільки можуть розвивати у декілька разів

більшу силу, ніж пристрої з дією сили аеродинамічного опору. Останні, крім того, не можуть обертатися зі швидкістю, що перевищує швидкість вітру. Внаслідок цього вітроколеса, на які діє підйомна сила, можуть бути більш швидкохідними і мати краще співвідношення потужності і маси при меншій вартості одиниці встановленої потужності.

Вітроколесо може бути виконане з різним числом лопатей: від однолопатевого до багатолопатевого (з числом лопатей до 50 і більше). Найбільшого поширення в світі набула конструкція з трьома лопатями як більш стійка до вібрацій при зміні напрямку вітру, хоча подекуди ще зустрічаються і дволопатеві. Для зниження вигинаючих навантажень біля кореня, лопатям часто надають форму, що звужується до периферії. Вітроколеса виготовляють іноді фіксованими за напрямом, тобто вони не можуть обертатися щодо вертикальної осі, перпендикулярної напрямку потоку. Такий тип пристроїв застосовується тільки за наявності одного, пануючого напрямку вітру. У більшості ж випадків система, на якій закріплене вітроколесо, виконується поворотною, тобто такою, що орієнтується за напрямом вітру. У малих вітродвигунів з цією метою зазвичай використовуються хвостові оперення, у великих – сервосистеми. Для обмеження частоти обертання вітроколеса при великій швидкості вітру застосовується ряд

²⁷ Біла Книга 2021 Офшорна вітроенергетика та «зелений» водень: відкриття нових меж енергетичної потужності України https://www.asterslaw.com/ua/press_center/publications/white_paper_2021_offshore_wind_energy/

²⁸ <https://orsted.co.uk/energy-solutions/offshore-wind>

²⁹ Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 552 с.

способів, зокрема установка лопатей у флюгерне положення, використання клапанів, які встановлюються на лопатях або обертаються разом з ними, а також інші способи. Лопаті можуть бути безпосередньо закріплені на валу вітроколеса або ж обертаючий момент може передаватися від його обода через вторинний вал до генератора чи іншої робочої машини.

Трилопатевий вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання (Рис. 4.8) складається з опори (башти) 3, закріпленої на фундаменті 1. На опорі 3 за допомогою поворотного механізму 5 закріплена гондола 6, в якій міститься електрогенератор 7, що через трансмісію 10 сполучений з ротором із закріпленими на ньому лопатями 11, які за допомогою системи зміни кута атаки 12 можуть повертатись навколо своєї осі, тим самим вловлюючи повітряний потік.



Рис. 4.8. Схема трилопатевого вітрогенератора з горизонтальною віссю обертання

Ротор прикритий ковпаком 13. Зміна кута атаки лопатей і поворот гондоли вітрогенератора здійснюється за командою системи стеження за напрямом і швидкістю вітру 8. Для захисту лопатей від руйнування при збільшенні швидкості вітру призначена гальмівна система 9. Доступ до вітрогенератора для проведення ремонту і технічного обслуговування забезпечується сходами 4, які розміщені всередині башти 3. Електричний струм, що виробляється генератором 7, подається до силової шафи 2, звідки розподіляється в електромережу.

Продуктивність лопатевого вітрогенератора залежить від частоти обертання вітроколеса та його діаметра. Частота обертання вітроколеса залежить від швидкості вітру, а діаметр вітроколеса безмежно збільшувати неможливо.

Основною перевагою лопатевих вітрогенераторів є порівняно високий коефіцієнт використання енергії вітру (до 42%), проте таким системам властивий і ряд недоліків. Серед головних з них слід виділити досить високу складність конструкції, пов'язану з необхідністю застосування високих башт (до 80 метрів і більше), складних механізмів регулювання кроку лопатей і орієнтації ротора вітрогенератора за вітром. Розміщувати такі агрегати вигідно в місцях з середньорічною швидкістю вітру понад 3,5-4 м/с для невеликих станцій та понад 6 м/с – для станцій великої потужності.

При вірно вибраній вітроустановці, місця та висоти по всій території України можливо отримати від 1 кВт встановленої потужності ВЕС від 2200 до 3000 кВт-год генерації в рік³⁰. У Табл. 4.6 представлено перелік деяких компаній, які пропонують в Україні обладнання для вітрових електростанцій та послуги з проектування і сервісу.

Таблиця 4.6. Перелік компаній, які пропонують обладнання для вітрових електростанцій та послуги з проектування і сервісу в Україні

Компанія	Регіон / Місто	Вебсайт
Греса-Груп	Київ	https://ggc.com.ua/
Атмосфера.UA	Київ та представництва у регіонах	https://www.atmosfera.ua/uk
Аванте	Київ	https://avante.com.ua/
Альтеко Груп	Київ	https://altec.com.ua/
Green System	Запоріжжя	https://greensystem.com.ua/
ІКНЕТ	Київ	https://iknet.com.ua/
ГП «Метрополія»	Київ	https://metropoliya.com.ua/
Fuhrlander Віндтехнологі	Краматорськ	http://fw.com.ua/
Група компаній MCL	Київ	https://mcl.kiev.ua/

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА

Енергія із сонця не забруднює довкілля. Її можна виробляти, поки світитиме Сонце. Використання сонячного випромінювання доцільне для генерації теплової та електричної енергії і можливе на всій території України (потенціал сонячної енергетики приведений у розд. 2). Існує два основних напрямки сонячної енергетики: сонячна електроенергетика та сонячна теплоенергетика³¹ (Рис. 4.9).

Сонячна електроенергетика – це напрямок сонячної енергетики, що займається перетворенням енергії сонячного випромінювання на електричну енергію.

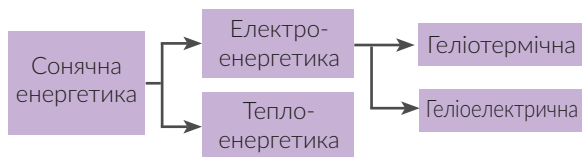


Рис. 4.9. Напрямки сонячної енергетики

Відповідно, сонячна теплоенергетика – це напрямок сонячної енергетики, що займається перетворенням енергії сонячного випромінювання на теплову енергію для потреб опалення, гарячого водопостачання, забезпечення різних технологічних потреб у тепловій енергії.

Обидва напрямки розвиваються паралельно та можуть бути ефективно використані для потреб громад.

Переваги сонячної енергетики: відновлюваність та доступність (Сонце – безперерйне джерело енергії), екологічність (використання сонячної енергії зазвичай не пов'язане із забрудненням навколишнього середовища, заміщення викопного палива призводить до зменшення викидів парникових газів), безшумність (в більшості сонячних установок не використовуються рухомі частини), економічність та низькі експлуатаційні витрати, універсальність (сонячна енергія може використовуватися для різних цілей) та ін. Деякі недоліки: висока початкова вартість (особливо складних систем, а також систем з акумулюванням енергії), непостійність (день/ніч, зміна погодних умов), необхідне місце для монтажу та ін.

Сонячна електроенергетика

Існує два основних принципи перетворення сонячної енергії на електричну. При машинному (геліотермічному) методі відбувається перетворення концентрованої сонячної енергії у теплову, яка потім перетворюється на електричну, аналогічно до того, як це відбувається на сучасних електростанціях (Рис. 4.10). Такі технології використовуються для вироблення електроенергії у промислових масштабах.



Рис. 4.10. СЕС баштового типу, тарілчасті та з параболічними концентраторами

³¹ Тутко Р. Калініченко В. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України), 2012. – 649 с.

Інший принцип – геліоелектричний – використовує методи прямого перетворення променевої енергії в електричну на основі явища фотоефекту за допомогою фотоелектричних перетворювачів, що називаються сонячними елементами, з яких утворюють сонячні панелі. Зазвичай сонячна панель містить кількість сонячних елементів кратних 12, а саме 12, 24, 36, 48, 60 та 72. Номінальна потужність такої панелі складає від 30 до 350 Вт (є панелі з потужністю >500 Вт), відповідно вага та розмір збільшуються з ростом потужності. На сьогодні реальний ККД сонячних панелей, які масово доступні споживачам, лежить у діапазоні від 17 до 23%.

Постійні розробки нових зразків фотоелектричних матеріалів призвели до появи великої кількості сонячних панелей. Серед них:

- кремнієві, у т.ч. моно- та полікристалічні, аморфні види;
- із телуриду кадмію;
- напівпровідникові панелі із селену, індію, галію та міді (CIGS);
- полімерні модулі.



Рис. 4.11. Гнучка, монокристалічна та полікристалічна жорсткі панелі

За механічними властивостями розрізняють:

- жорсткі;
- гнучкі;
- одно- та двосторонні панелі.

Усі види панелей демонструють високі експлуатаційні якості – вони практично не потребують обслуговування, потребуючи тільки очищення робочої поверхні від пилу, який погіршує їх експлуатаційні характеристики. Кожний вид панелей має як свої переваги, так і недоліки, що необхідно враховувати при прийнятті інвестиційних рішень (наприклад, сонячна панель з високим ККД має високу ціну, панелі без покриття можуть бути механічно пошкоджені, хоча мають невелику вагу). На сьогодні серед альтернативних варіантів найрозповсюдженішими залишаються кремнієві панелі. Реальний ККД монокристалічних сонячних панелей досягає 23%, термін служби – >25 років. Полікристалічні панелі дешевші на ~20%, ККД становить до 18%, характерною особливістю є підвищена ефективність вироблення електроенергії в похмуру погоду.



Сонячні панелі широко використовують для промислової генерації електроенергії потужними СЕС (Рис. 4.12).



Рис. 4.12. CEC Desert Sunlight Solar Farm потужністю 550 MWm у Каліфорнії

Разом з тим, завдяки широким можливостям масштабування, сонячні панелі ефективно можна використати для приватних домогосподарств та комунальних об'єктів громад. У залежності від поставленої цілі можна розглянути три основних варіанти використання сонячних електростанцій:

1) Сонячна електростанція для часткової компенсації власних потреб в електричній енергії

Така електростанція складається із мережевого інвертора та пристрою обмеження генерації, щоб унеможливити перетоки енергії в мережу (розумний лічильник).

В денний період часу, коли є споживання, а також сонячна активність, розумний лічильник

зчитує інформацію про потужності споживання енергії об'єктом, передає цю інформацію інвертору, який в свою чергу збільшує або зменшує свою вихідну потужність, щоб забезпечити необхідну кількість енергії, якої зараз потребує об'єкт.

Переваги: низька вартість обладнання та можливість використання чистої енергії в побуті.

Недоліки: відсутність можливості забезпечити живлення об'єкту такою СЕСд, коли в центральній мережі зникає напруга, оскільки інвертор переходить в режим очікування.

2) *Сонячна електростанція для власних потреб в електричній енергії з можливістю продажу надлишків такої енергії у мережу*

Має ті ж технічні властивості, що і СЕСд для власних потреб. Крім того, є можливість продавати енергію в мережу за «зеленим» тарифом, який діє в Україні до 2030 року. Завдяки цьому інвестиції в СЕСд повернуться впродовж 4-6 років.

Порядок продажу, обліку та розрахунків за вироблену електричну енергію з СЕСд, регулюється постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 312 (Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії).

Переваги: короткий строк окупності і можливість подальшого прибутку.

Недоліки: СЕСд вимикається, якщо в центральній мережі зникає напруга; в мережу можна продавати лише надлишок згенерованої енергії (частину енергії буде споживати об'єкт).

3) *Сонячна станція для автономного забезпечення об'єкту*

Таку СЕСд доцільно використовувати, якщо в будинку немає електроенергії взагалі або вона періодично зникає. У денний період часу сонячні панелі генерують енергію, яка заряджає системи накопичення енергії (аккумуляторні батареї), а також покриває денне споживання об'єкту. У вечірній та нічний період часу енергія з аккумуляторних батарей перетворюється за допомогою інвертора і живить навантаження, допоки є залишковий заряд в аккумуляторах.

Переваги: повна автономність і безперебійність, надійність електропостачання.

Недоліки: більша вартість, ніж перших двох типів СЕСд; великий термін окупності.

На ринку України є достатньо компаній у всіх регіонах країни, які можуть допомогти у реалізації таких проєктів (проєктування, монтаж, пусконаладження, навчання, гарантійне та післягарантійне обслуговування).

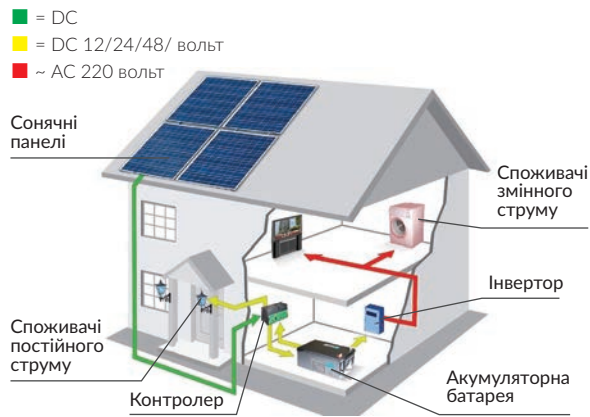


Рис. 4.13 Структурна схема сонячної станції для будинку

Сонячна теплоенергетика

В Україні, як в інших країнах світу, геліосистеми для підігріву води знайшли застосування у санаторно-курортних комплексах, приватних будинках, готелях, громадських спорудах, оздоровчих та спортивних закладах та ін. У сільськогосподарському виробництві пріоритетними напрямками застосування сонячної енергії є геліосистеми, що забезпечують гарячою водою тваринницькі ферми. Великі перспективи використання енергії сонця є у тепличному вирощуванні овочів і процесах їхньої переробки та сушіння. Саме ці напрямки і є перспективними з точки зору використання у громадах нашої країни, так як використання енергії сонця призводить до суттєвої економії паливно-енергетичних ресурсів.

Напрямок отримання теплової енергії за допомогою сонця активно розвивається у всьому світі. У Табл. 4.7 приведена інформація щодо сонячних теплових колекторів у країнах-лідерах в ЄС у 2020 році (за даними EurObserv'ER). Можна відзначити велику площу таких установок в Європейському Союзі (майже 2 млн м²) та їх теплову потужність (майже 1,4 ГВт_т). Беззаперечним лідером є Німеччина.

Загалом технологія сонячних теплових колекторів (геліоустановок, які перетворюють енергію сонячного випромінювання на теплову енергію для різних потреб) у цілому практично доведена до досконалості. Існують можливості подальшого зниження ціни виготовлення таких систем за рахунок великих об'ємів виробництва, вдосконалення технологічних процесів і матеріалів та маркетингу.

Активні геліосистеми (в яких абсорбуючий сонячне випромінювання елемент – сонячний колек-

Таблиця 4.7. Поверхня та потужність сонячних теплових колекторів у країнах ЄС (2020 р.)

Країна (топ 5)	Засклені колектори		Незасклені колектори	Всього, м²	Еквівалентна потужність (МВтт)
	Плоскі колектори	Вакуумні колектори			
Німеччина	544 000	99 000		643 000	450,1
Греція	304 500			304 500	213,2
Іспанія	177 168	10 496	2 986	190 650	133,5
Польща	159 370	1 830		161 200	112,8
Франція	120 812			120 812	84,6
ЄС, всього	1 788 579	143 674	7 837	1 940 090	1358,1

тор – є самостійним окремим пристроєм, що не відноситься до будівлі) можна класифікувати:

- за призначенням (системи гарячого водопостачання, опалювання, комбіновані системи для цілей теплохолодозабезпечення);
- за видом теплоносія, що використовується (рідинні – вода, антифриз та повітряні);
- за тривалістю роботи (цілорічні, сезонні);
- по технічному рішенню схем (одно-, дво-, багатоконтурні).

Залежно від робочої температури колектори можна поділити на три групи:

- низькотемпературні: температура теплоносія до 100 °С. Зазвичай, це звичайні плоскі колектори;
- середньотемпературні: температура теплоносія 30-165 °С. Це вакуумні колектори з трубкою heat-pipe;
- високотемпературні: температура теплоносія 20-300 °С. Вакуумні колектори з рефлекторами та концентраторами.

Конструкцій сонячних установок, які призначені для отримання теплової енергії, та їх модифікацій велика кількість. Наприклад, на Рис. 4.14 показаний плаский засклений колектор, розмішений на земельній ділянці, та вакуумні трубчаті сонячні колектори, змонтовані на даху будівлі.

Схеми включення сонячних колекторів у схеми теплозабезпечення можуть бути як досить простими з природною циркуляцією теплоносія, так із використанням автоматики у складніших комбінованих схемах (Рис. 4.15).

Приклади уже згаданих високотемпературних сонячних колекторів приведені на Рис. 4.16. Зазвичай для досягнення максимальної ефективності такі системи обладнують слідкуючими системами, які повертають конструкцію за рухом сонця.

Незасклені сонячні колектори, які найкраще підходять для низькотемпературних систем через відсутність утеплювача та засклення, часто використовують для підігріву басейнів (Рис.

4.17). Такі колектори зазвичай роблять зі стабілізованого пластику, що не піддається впливу ультрафіолетових променів.



Рис. 4.17. Незасклений сонячний колектор для підігріву води

Не дивлячись на уявну простоту використання сонця для отримання електричної або теплової енергії, при виборі тієї чи іншої технології потрібно враховувати великий перелік факторів, що можуть суттєво вплинути на реалізацію проєкту. Це, наприклад (перелік не повний): чітко визначене технічне завдання (наприклад, часткове опалення/електроспоживання, комбінована система теплопостачання, підігрів води для гарячого водопостачання і т.д.), продуктивність системи, територіальні умови використання (кліматична зона, кількість сонячних днів, інтенсивність сонячної радіації протягом року і т.д.), сезонні особливості (ефективність використання у різні періоди року, температурні обмеження в літній та холодний сезони), можливість правильної орієнтації сонячних панелей/колекторів, площа, яку можна задіяти для сонячної системи, обмеження за габаритами та вагою, ергономічність та зовнішній вигляд, механічна міцність до ударів, доступність на ринку, термін експлуатації, гарантійне та післягарантійне обслуговування і т.д.

Перед прийняттям інвестиційного рішення рекомендується провести техніко-економічну оцінку проєкту, визначити його сильні та слаб-



Рис. 4.14. Приклади встановлення сонячних колекторів для отримання гарячої води

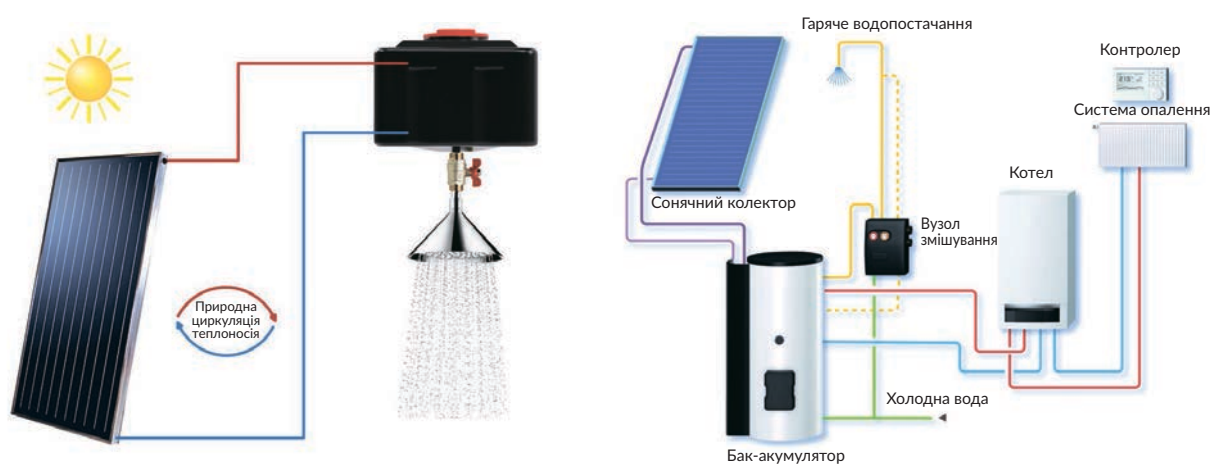


Рис. 4.15. Приклади схем використання сонячних колекторів



Рис. 4.16. Високотемпературні колектори

кі сторони, оцінити можливі ризики, виробити стратегію зменшення або нівелювання наслідків при виникненні ризиків, провести аналіз надійних компаній, які надають профільні послуги на ринку.

Таблиця 4.8. Перелік компаній, які пропонують обладнання для сонячних технологій та послуги з проектування, монтажу і сервісу в Україні

Компанія	Регіон / Місто	Вебсайт
Ecotech Development	Київ	https://solarhome.com.ua/
ION Solar	Чернігів	https://ionsolar.com.ua/
Vaillant	Україна	https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/
Акредитовані партнери Укргазбанку	Україна	https://www.ukrgasbank.com/private/credits/eco_energy/acred_partners
ТОВ «КУА «Екоцентр»	Тернопіль	http://www.ecosvit.net/
ТОВ «Магма Енерджи»	Київ	https://www.magmaenergy.com.ua/
ТОВ «Сахара»	Київ, Івано-Франківськ, Львів, Тернопіль	https://сахара.ua/

МАЛА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА

ГЕС – це електростанція, що виробляє електроенергію завдяки напору води, яка надходить на лопаті гідротурбіни і таким чином приводить в дію генератори. Для роботи гідроелектростанції потрібен перепад висоти русла річки. Щоб його створити, будують греблю, що також слугує водосховищем та дає змогу працювати ГЕС у будь-який час. Гідрогенератори мають більш технічно складну конструкцію в порівнянні з вітро- та сонячними генераторами. Вони працюють в досить агресивному середовищі і мають максимальне навантаження за однаковий часовий інтервал: ГЕС, на відміну від ВЕС та СЕС, за той же часовий проміжок мають більший коефіцієнт використання встановленої потужності (зміна середньої швидкості води не така суттєва, як зміна швидкості вітру чи сонячної радіації).

Виходячи з типу водяних потоків, можуть застосовуватися такі види гідроелектростанцій:

Руслові. У більшості випадків їх ставлять на рівнинах, де вода має невеликий потік.

Стаціонарні. Їх застосовують в місцях, де річки мають швидкий потік води.

Гідроелектростанції, які ставляться в точках перепаду висоти водяного потоку.

Мобільні установки. У більшості випадків вони споруджуються з використанням рукава з армованих матеріалів. Для мобільних ГЕС часто досить лише невеликого потічка.

Міні-ГЕС є невеликою гідроелектростанцією, яка виробляє відносно малу кількість електрич-

У Табл. 4.8 представлено перелік деяких компаній (інформація взята з відкритих джерел), які пропонують в Україні обладнання для сонячних технологій та послуги з проектування, монтажу і сервісу.

ної енергії. Дане обладнання не має чіткого визначення, єдиною його характеристикою виступає потужність. За своїм принципом роботи малі гідроелектростанції практично нічим не відрізняються від потужних станцій. Вода тут також виступає в якості джерела сили, яка і обертає лопаті турбіни.

Для впровадження проєктів з використанням гідроенергії на рівні громад є сенс розглядати міні/мікро-ГЕС, які є безгреблевими. В основу роботи міні/мікро-ГЕС покладено використання невеликих природних водних потоків. Ця технологія може бути гарною альтернативою централізованому водо- і енергопостачанню в тих районах, де воно відсутнє зовсім або відчувається його постійний брак. Визначення поняття міні/мікро-ГЕС залежить від показника потужності – обладнання потужністю до 200 кВт (мікро-ГЕС) і потужністю до 1000 кВт (міні-ГЕС)¹⁰.

Найпростіший підхід – робити безгреблеву ГЕС, тому що спорудження греблі досить складне і дороге заняття, що вимагає певних узгоджень. Безгреблеві ГЕС називають проточними. Існує чотири основних варіанти проточних міні/мікро-ГЕС: водяне колесо, гірляндна ГЕС, ротор Дар'є і пропелер.

Водяне колесо має будову колеса з лопатями. Його встановлюють перпендикулярно напрямку течії в річці, занурюючи менш ніж на половину лопатями у воду. Колесо рухається, коли течія попадає на його лопаті, і в свою чергу обертає ротор генератора через карданну, зубчасту або іншу передачу. Це найбільш простий і

універсальний вид турбіни для міні/мікро-ГЕС. Конструкція є компактною, займає мінімальну площу і має найбільший ККД.

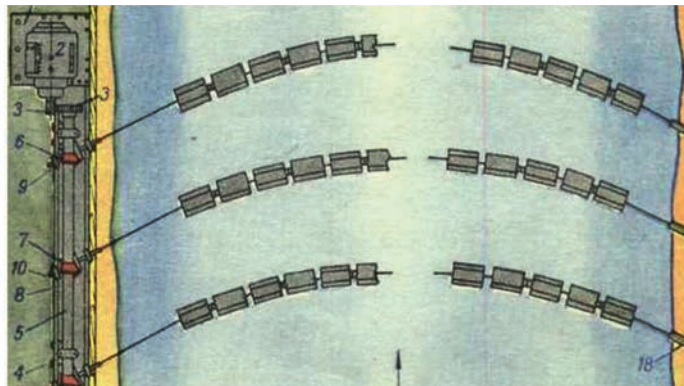
Водяне колесо іноді називають саморобною ГЕС. У саморобних моделях часто можна зустріти в якості генератора перероблений на постійні магніти автомобільний генератор. Існують також колеса-турбіни зі спеціальними лопатками, оптимізованими під струмінь рідини. Але це досить складні конструкції заводського виготовлення.

Гірляндна міні/мікро-ГЕС – це конструкція, яка складається з довгих тросів, кінці яких крі-

пляться на різних берегах річки. Один кінець троса з'єднаний з підшипником, а інший – з валом генератора. На самому тросі жорстко встановлені один за одним циліндричні ротори, що робить конструкцію схожою на гірлянду. Ротори на тросі занурені у воду і обертаються під дією потоків води. В свою чергу ротори обертають троси, передаючи обертання валу генератора через зубчасті передачі. Така конструкція має невисокий ККД, є доволі матеріалоємною і приховує певну небезпеку для оточуючих через наявність схованих під водою складових частин.



а) Водяне колесо



б) Гірляндна конструкція



в) Міні/мікро-ГЕС з вертикальним ротором



г) Пропелер

Рис. 4.18. Види проточних міні/мікро-ГЕС

Ротор Дар'є – вертикальний ротор, у принцип роботи якого покладена різниця тиску, що створюється на лопатях. Різниця тиску виникає за рахунок обтікання рідиною складних поверхонь. Ефект подібний підйомній силі суден на підводних крилах або підйомній силі крила літака. Недоліками ротору є складність конструкції і виготовлення, а також необхідність примусового запуску для початку роботи. Але він

привабливий тим, що вісь ротора розташована вертикально і відбір потужності можна робити над водою, без додаткових передач. Такий ротор буде обертатися при будь-якій зміні напрямку потоку.

Пропелер – це своєрідний підводний вертикальний ротор з маленькими лопатями, встановлений в трубу. Невеликий розмір лопатей – оптимальний варіант, щоб значно знизити опір

і на порядок підвищити швидкість обертання. Товщина лопатей і діаметр труби залежать від швидкості течії в місці монтажу ротора. Обертання передається через редуктор на ротор генератора. Цей вид турбіни є найбільш спеціалізованим, оскільки турбіна виготовляється під умови течії в місці монтажу, щоби швидкість води в трубі збільшувалася.

Таким чином, з точки зору простоти виготовлення і отримання максимального ККД з мінімальними витратами, з описаних вище рекомендується вибрати конструкцію типу водяне колесо або пропелер.

Компанії, що займаються в Україні проектуванням та будівництвом мікро-, міні- та малих ГЕС:

Назва компанії	Регіони роботи	Вебсайт/Контакти
MCL (Київ)	Всі області України	https://mcl.kiev.ua
ТОВ «Гідропауер» (с. Голошино Івано-Франківської обл.)	Івано-Франківська, Львівська, Закарпатська, Чернівецька області	http://hydropowerllc.com.ua/
ТОВ «Акванова Девелопмент» (Київ)	Всі області України	http://aquanovadevelopment.com.ua/
ТОВ «Вотерструм» (Луцьк)	Західна Україна	https://www.poshuk.com/41549303
ПМП «Люкс» (Тернопіль)	Тернопільська обл.	roman_deren@gmail.com (067) 332 46 70
ЗЕА «Новосвіт» (Вінниця)	Всі області України	https://zeanovosvit.com.ua/
ТОВ «Енергоінвест» (Вінниця)	Всі області України	http://energoinvest.vinnitsa.com/

ТЕПЛОВІ НАСОСИ (ГЕОТЕРМАЛЬНІ)

Тепловий насос – агрегат, який трансформує розсіяну теплову енергію повітря, ґрунту чи води у відносно високопотенційне тепло для нагрівання об’єкта (води чи повітря). Приблизно 75% цієї теплової енергії можна збирати безкоштовно із природи – повітря, ґрунту, води, причому для роботи самого теплового насоса необхідно використати тільки 25% енергії (у вигляді електроенергії). Теплові насоси здатні не тільки опалювати приміщення, але й забезпечувати гаряче водопостачання, а також кондиціювання повітря. Але при цьому в них повинен бути реверсивний клапан, оскільки саме він дозволяє агрегату працювати у зворотному режимі.

Розглянемо детальніше можливості геотермальних теплових насосів, які використовують енергію ґрунту (ТН земля-вода або ґрунт-вода). Температура під землею (незалежно від клімату і пори року) залишається стабільною протягом усього року. У той час як температура повітря може сильно варіюватися в залежності від пори доби (день, ніч) і року (літо, зима), температура всього на метр нижче поверхні землі залишається в межах 10-20 °С цілий рік. Земля здатна підтримувати постійну температуру, оскільки поглинає майже половину сонячного тепла, яке

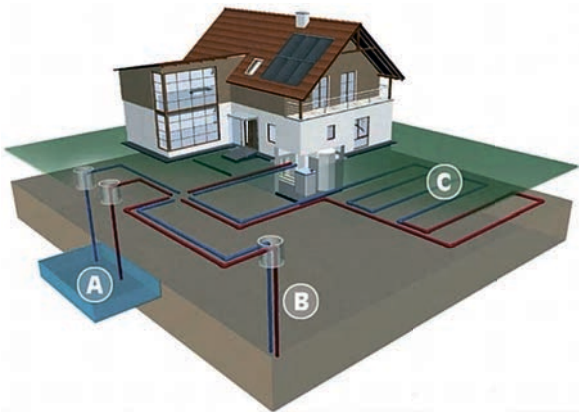
потрапляє на її поверхню. Геотермальні системи можуть використовувати цю вільну енергію за допомогою ряду підземних труб, що формують геотермальний контур. Ця технологія забезпечує доступ житловим будинкам, об’єктам соціальної сфери або офісам до нескінченного джерела енергії для опалення, охолодження та гарячого водопостачання.

Коли температура на вулиці падає, геотермальний тепловий насос «втягує» із землі тепло, концентрує його і переміщує в будівлю. По мірі підвищення температури зовнішнього повітря, геотермальний ТН збирає «зайве» тепло у будинку і переносить його в більш холодну землю. Можливість пасивного охолодження за допомогою ґрунтового теплового насоса є унікальною перевагою цієї технології.

У геотермальній системі використовуються труби малого діаметра з поліетилену високої щільності, приховані під землею – геотермальний контур. У контурі циркулює незамерзаюча рідина (пропіленгліколь) або вода (в залежності від типу контуру) для переміщення теплової енергії в будинок і назад (Рис. 4.9). Тип контуру залежить від доступної площі, складу ґрунту і витрат на установку.

Горизонтальний контур використовується там, де є достатня площа землі. Він складається з однієї або кількох траншей, викопаних за допомогою екскаватора або ланцюгового

траншеєкопача. В траншеї встановлюються поліетиленові труби високої щільності, а траншеї засипаються. Типовий будинок потребує від 1 до 3 тис. м² площі для траншей. Вертикальний контур використовують, коли площа обмежена. Свердловини просвердлюють за допомогою бурової установки; в них опускають пару труб зі спеціальними фітингами з U-подібним вигином. Типовий будинок вимагає від двох до п'яти свердловин з відстанню між отворами близько 6 метрів. Вертикальний контур є ефективнішим, ніж горизонтальний; його застосування дає можливість в подальшому висаджувати на поверхні землі рослини, дерева. Горизонтальний ґрунтовий колектор може охолодити ґрунт над собою, що виключає посадку дерев.



A – зонди, опущені до водоносного горизонту,
 B – вертикальний ґрунтовий колектор,
 C – горизонтальний ґрунтовий колектор
 Рис. 4.19. Види контурів геотермального теплового насосу³²

Якщо поруч з будинком знаходиться водойма достатнього розміру, можна встановити закритий водяний контур. Серію спіральних замкнутих контурів занурюють на дно водойми. Для середнього будинку зазвичай достатньо площі 2 тис. м², глибини – 2,5 м. Відкритий водяний контур використовується там, де є значні запаси якісної підземної води. Свердловина

повинна мати достатню пропускну здатність, щоб забезпечити адекватний потік як для побутового використання, так і для установки геотермального теплового насоса. Для отримання 1 кВт теплової потужності потрібний потік 5 л на хвилину.

Геотермальний тепловий насос має перевагу над іншими видами ТН (повітря-повітря, повітря-вода) завдяки стабільно прогнозованому COP, тому що температура внутрішніх шарів землі є стабільною. COP теплового насосу – це коефіцієнт продуктивності його роботи (аналог ККД), що є відношенням виробленої теплової енергії до витраченої електроенергії, необхідної для роботи ТН. Чим вище COP, тим нижчі експлуатаційні витрати на систему.

В Україні багато компаній займаються встановленням та сервісним обслуговуванням геотермальних теплових насосів. Деякі приклади таких компаній з різних регіонів країни:

TERMOS (Київ)	https://termos.ua
Інженерні проекти (Київ)	https://en-pro.com.ua/
Центр теплових насосів (Київ)	https://teplonasos.kiev.ua
GeoSun (Бровари, Київська область)	https://geosun.com.ua
TEPLOSFERA (Півне)	https://teplosfera.com/
ALTERNETICA (Львів, Трускавець, Івано-Франківськ)	https://alternetica.com.ua
Економ Тепло (Львівська, Волинська, Івано-Франківська області)	https://ekonomteplo.com.ua/
GEOТепло (11 областей України)	https://www.geoteplo.com.ua/
Юрський Горизонт (15 областей України)	https://www.burenie-ug.com.ua/uk

³² <https://otivent.com/uk/teplovij-nasos-dlja-opalennja-svojimi-rukami>

5. КРАЩІ ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В ГРОМАДАХ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ І УКРАЇНИ

БІОЕНЕРГЕТИЧНІ СЕЛА ЮНДЕ І ШЕФЕРАЙ (НІМЕЧЧИНА)

В Німеччині набув популярності і розвитку напрямок створення біоенергетичних сіл – таких, що задовольняють свою потребу в тепловій та електричній енергії за рахунок місцевої біомаси. Наразі в країні налічується вже більше 100 біоенергетичних сіл, існують плани по суттєвому збільшенню їх кількості. Дуже часто впровадження біоенергетичних установок доповнюється використанням інших відновлюваних джерел енергії. Наприклад, тільки у 2018 році п'ять біоенергетичних сіл Німеччини встановили сонячні колектори, які подають вироблену теплову енергію в локальну мережу ЦТ. Технічна сторона проєктів відновлюваної енергетики завжди супроводжується соціальною, тобто зустрічами з місцевим населенням для роз'яснення переваг «зеленого» переходу.

Міністерством харчової промисловості та сільського господарства Німеччини розроблено наступні загальні критерії віднесення села до біоенергетичного³³:

- принаймні 50% потреби громади в теплі та е/е задовольняється за рахунок місцевої біомаси (зазвичай впроваджується котел на деревній трісці та/або БГУ на силосі кукурудзи);
- активна участь жителів у розробці ідей і прийнятті рішень;
- сировина (біомаса) принаймні частково виробляється і постачається жителями села із дотриманням критеріїв сталості;
- виробництво енергії з біомаси може доповнюватися використанням інших ВДЕ;
- впровадження та регулярний перегляд заходів з енергоефективності та енергозбереження;
- локальне впровадження проєктів ВДЕ – регіональна вигода.

Село Юнде (Jühnde, Нижня Саксонія) – перше в Німеччині село, що з 2006 року повністю задовольняє свою потребу в теплі і електроенергії за рахунок біомаси. Надлишок електроенергії продається в мережу по «зеленому» тарифу. Повне впровадження проєкту, в якому взяли участь місцева громада і адміністрація, зайняло п'ять років. Наразі село має власну біогазову ТЕЦ, котел на деревній трісці і фотовольтаїчну СЕС^{34,35}.



Рис. 5.1. Біоенергетичне село Юнде (Німеччина)

³³ Germany's Bioenergy Villages <https://www.greenbuildingadvisor.com/article/germanys-bioenergy-villages>

³⁴ Community energy in Germany: existing models, public-private funding and good practice examples, 2014 <https://www.communitypower.eu/images/GemanyD32.pdf>

³⁵ 100% renewable energy atlas <https://www.100-percent.org/juehnde-german>

Для біогазової ТЕЦ потужністю 700 кВт_{ел} місцеві фермери щорічно постачають близько 17 тис. т біомаси (гній, силос кукурудзи). Зброджений залишок від роботи біогазової установки використовується на полях як цінне добриво.

В селі Юнде була споруджена локальна теплова мережа довжиною 5,5 км. В мережу постачається тепло від біогазової ТЕЦ і котла на деревній трісці потужністю 500 кВт, який покриває пікові навантаження в зимовий період.

Загальні інвестиції в реалізацію проєкту склали 5,3 млн євро. З них 1,3 млн євро забезпечило Агентство з відновлюваної енергетики Німеччини (FNR) для виконання ТЕО і часткового покриття витрат на спорудження локальної теплової мережі. Проєкт також був фінансово підтриманий адміністрацією землі Нижня Саксонія і програмою LEADER.

Іншим прикладом є село Шеферай (Schäferrei, Баварія), де у 2004 році місцева громада прийняла рішення впровадити біогазову установку для заміщення споживання мазуту і забезпе-

чення власного надійного енергопостачання. Завдяки реалізації цього проєкту Шеферай стало першим біоенергетичним селом в Баварії. Протягом двох років було споруджено біогазову ТЕЦ 560 кВт_{ел}+640 кВт_т і локальну теплову мережу довжиною 2,1 км. Сировиною для БГУ є силос кукурудзи та інших культур, тритікале, трав'яна маса, гній, зернові відходи. Вироблена електроенергія подається в електромережу. Влітку надлишок теплової енергії використовується в сушарці для сушки лісоматеріалів і дров. У 2010 році довжина локальної теплової мережі була збільшена до 3,5 км, і до неї приєдналося сусіднє село. Пізніше в Шеферай було впроваджено ще одну невелику БГУ потужністю 80 кВт_{ел}^{36,37}.

Наразі біоенергетичне село постачає теплову енергію також на районному рівні, реалізуючи ідею енергонезалежного регіону. З 2011 року в Шеферай працює технічна школа, де студенти знайомляться з роботою реальних установок відновлюваної енергетики.



Рис. 5.2. Біогазова ТЕЦ в селі Шеферай (Німеччина)

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КООПЕРАТИВ ОБЕРРОСФЕ (НІМЕЧЧИНА)

Створення енергетичних кооперативів для впровадження об'єктів відновлюваної енергетики, володіння і управління ними є розповсюдженим явищем в Німеччині. Цей напрямок почав розвиватися приблизно з 2006-2007 років і набув піку розвитку у 2011 році, коли за один рік було створено майже 200 кооперативів. На сьогодні в країні нараховується більше 1000 енергетичних кооперативів з кількістю членів від 3 до більше 3000 чоловік. «Біоенергетичне

село» є одним з видів загальної концепції енергетичних кооперативів в Німеччині.

Типовим прикладом є енергетичний кооператив села Оберросфе (Oberrospe). Мешканці цього села у 2006 році вирішили перейти з мазуту і природного газу на деревну тріску для виробництва теплової енергії. Проведене ТЕО показало, що проєкт буде економічно доцільним, якщо принаймні 120 домівок (з існуючих 240) приєднаються до локальної теплової мережі. Для реалізації проєкту у 2007 році був створений енергетичний кооператив, який вклав 700 тис. євро власних коштів в проєкт (загальні ін-

³⁶ The bioenergy village Schäferrei

<https://www.technikerschule-cham.de/en/english/renewable-energies/the-bioenergy-village-schaeferrei.html>

³⁷ SUCCESSFUL BIOENERGY VILLAGES IN EUROPE <https://cordis.europa.eu/project/id/691661/results>

вестиції – 3,8 млн євро). Решта інвестицій була покрита за рахунок урядового гранту (200 тис. євро), гранту ЄС (800 тис. євро) і кредиту (2,1 млн євро)^{38,39}.

Будівництво котельної потужністю 850 кВт і прокладання теплотраси довжиною 7 км було розпочато у квітні 2008 року, а запуск котельної відбувся вже у жовтні цього ж року. Деревна біомаса постачалася з найближчого лісу та від обрізки лісосмуг вздовж сусідніх доріг; додатково закупалася деревна тріска від постачальників. Котельня обладнана циклоном і електростатичним фільтром. Бак для зберігання гарячої води має об'єм 15 тис. л. Пікові навантаження покриваються мазутним котлом.

Протягом 2008-2009 рр. біоенергетичний проєкт Оберросфе був доповнений двома даховими фотовольтаїчними СЕС 77 кВт та 78 кВт. У 2012 році було споруджено біогазову ТЕЦ, яка постачає тепло в локальну теплову мережу. Це дало можливість удвічі зменшити споживання деревної тріски котельною.



Рис. 5.3. Об'єкти відновлюваної енергетики у с. Оберросфе (Німеччина)

У 2015 році с. Оберросфе увійшло до новоствореного енергетичного кооперативу, що складається з 7 сусідніх біоенергетичних сіл. Кооператив займається централізованою закупівлею деревної тріски і вивозом золи, надає своїм членам у користування техніку. Члени кооперативу мають можливість отримувати певні послуги і обмінюватися професійним досвідом.

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ МІСЦЕВИХ ВДЕ В ГРОМАДІ КЕЧАХ-МАУТЕН (АВСТРІЯ)

Громада Кечах-Маутен (Kötschach-Mauthen) на півдні Австрії є прикладом ефективного комплексного використання місцевих джерел відновлюваної енергії. Громада з населенням близько 3600 чоловік має річну потребу у 47,9 ГВт·год тепла, 14,4 ГВт·год електроенергії та 39,6 ГВт·год пального для транспортних засобів. Громада розташована в гірській лісистій місцевості і має обмежено розвинуте сільське господарство. Наявні ВДЕ включають, головним чином, деревну біомасу і гідроенергію, які вже протягом багатьох років активно використовуються для забезпечення енергетичної незалежності Кечах-Маутен³⁵.

Активна реалізація проєктів ВДЕ почалося в громаді ще у 1990-х роках, а у 2006 році навіть було створено групу активістів під назвою «Енергонезалежна Кечах-Маутен». Сьогодні ця група опікується всіма екологічними та енергетичними питаннями громади, спілкується зі стейкхолдерами, веде інформаційно-просвітницьку діяльність.

Наразі громада Кечах-Маутен займається експлуатацією великої кількості установок відновлюваної енергетики, які включають 21 міні-ГЕС загальною потужністю 9 МВт_{ел}, 4 котельні на деревній трісці та лісових залишках загальною потужністю 2,8 МВт_т, БГУ на гної 0,8 МВт_{ел}, а також одну ВЕС і кілька сонячних та фотовольтаїчних установок.

Загальна потреба громади в енергії забезпечується за рахунок ВДЕ на > 75%, у тому числі тепла енергія – 56%, електроенергія – більше 100% (надлишок продається в мережу). Теплова енергія постачається споживачам через 3 окремі локальні мережі загальною довжиною 6,5 км. Надлишкове тепло від біогазової установки подається в одну з тепломереж, що скорочує споживання біомаси котельною в літній

³⁸ Smart Villages and Renewable Energy Communities https://enrd.ec.europa.eu/sites/default/files/enrd_publications/smart_villages-capacity_tools-renewable_energy_communities-v08.pdf

³⁹ Oberrospe. A village is getting rid of oil and gas http://www.bioenergiesdorf-oberrospe.de/images/wissenstransfer/BEDO_Presentation_Englisch.pdf



Рис. 5.4. Громада Кечач-Маутен (Австрія) і її котельня на деревині

період. Крім того, регіональна та національна адміністрації підтримали заміну старих пічок у населення громади на сучасні побутові котли на деревині.

Впровадження енергооб'єктів на ВДЕ сприяло створенню нових робочих місць, зростанню добробуту жителів громади, а також розвитку екотуризму в регіоні.

ВИКОРИСТАННЯ ОБРІЗОК БАГАТОРІЧНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ НАСАДЖЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ (ПОЛЬЩА, ІСПАНІЯ)

В польському селі Венява (Wieniawa) використовують тюковані обрізки яблуневих дерев для виробництва теплової енергії для опалення адміністративної будівлі і шкільного комплексу. Обрізки яблуневих дерев у вигляді тюків постачає компанія Gospodarstwo Sadownicze, сади якої площею 36 га розташовані на відстані 6 км від села. Біомаса продається по середній ціні дров (за суху масу), яка оприлюднюється Центральним офісом статистики Польщі. Річне споживання біомаси від обрізки яблуневих дерев котлами с. Венява складає близько 130 т (с.м.), при цьому основним паливом для них залишається солома. Перевагою обрізок є нижча ціна порівняно з тюкованою соломомою і кращі паливні характеристики⁴⁰.

Котельня для опалення адміністративної будівлі має два котли номінальною потужністю 600 кВт і 250 кВт. Із загального обсягу споживання біомаси 400 т/рік (с.м.), 10% (40 т/рік) забезпечують обрізки, що еквівалентно 200 тюкам/рік. Котельня шкільного комплексу має



Рис. 5.5. Котельні на біомасі в с. Венява (Польща) і загальний вигляд тюкованих обрізок яблуневих дерев

⁴⁰ Звіт проєкту uP_running Програми Горизонт 2020 – D6.4 Flagship success cases update (second release)
<https://www.up-running.eu/observatory-of-appr-experiences/>

два котла по 300 кВт. Сумарно вони споживають близько 353 т (с.м.) біомаси на рік, з яких 90 т/рік (500 тюків/рік) – обрізки яблуневих дерев (25% загального обсягу біопалива).

Ініціатором проєкту енергетичного використання обрізків став власник компанії Gospodarstwo Sadownicze, який шукав ефективний шлях для утилізації відходів від зимової обрізки яблуневих дерев. Спочатку він використовував частину обрізків для опалення своєї домівки, а решту спалював на місці. Розуміючи негативний вплив відкритого спалювання на оточуюче середовище і марну витрату цінного ресурсу, власник Gospodarstwo Sadownicze у 2013 році організував збір і тюкування обрізків, після чого домовився з адміністрацією с. Венява про постачання цієї біомаси для соломоспалюючих котлів, що опалюють адміністративну будівлю (з 2004 р.) і шкільний комплекс (з 2012 р.). Проєкт був реалізований за власні кошти підприємця.

У містечку Вілафранка-дель-Пенедес (Vilafranca del Penedes, Іспанія) з 2015 року

обрізки виноградної лози використовуються для опалення та гарячого водопостачання чотирьох громадських будівель. Біомаса обсягом 150 т/рік (вологістю 20%) спалюється в котлі потужністю 500 кВт; вироблена теплова енергія подається в локальну теплову мережу. Особливості виноградної лози як палива були враховані при виборі конструкції котла, а також систем зберігання і подачі палива. Обрізки виноградної лози у вигляді крупної тріски постачаються з виноградарів, розташованих в межах 15 км від містечка. Постачальники – 50 фермерів, що є членами місцевої асоціації фермерів⁴¹.

Проєкт був ініційований муніципалітетом Вілафранка-дель-Пенедес на виконання Плану дій зі сталої енергетики, розробленого для Угоди мерів щодо клімату та енергії. Фінансування (600 тис. євро) проєкт отримав в рамках програми ЄС LIFE+. Використання біомаси для виробництва теплової енергії призвело до заощадження природного газу і електроенергії, а також створення нових робочих місць.



Рис. 5.6. Крупна тріска з обрізок виноградної лози, що використовується як паливо в котлі 500 кВт м. Вілафранка-дель-Пенедес (Іспанія)

ПРОЄКТИ «100% ЕНЕРГІЇ З ВДЕ» В ГРОМАДАХ КРАЇН ЄС⁴²

Енергетична незалежність громад зараз вже далеко не рідкість. Ще в 2018 році більше 100 міст світу були забезпечені на 70 чи більше відсотків відновлюваною електричною енергією⁴³. Проте, найбільш цікавими щодо набутого досвіду видаються проєкти в громадах, що досягли стовідсоткового забезпечення своїх потреб не тільки в тепловій, але й в електричній енергії завдяки використанню ВДЕ. При цьому, громади країн Європейського Союзу, як найбільш

близьких до України за кліматичними умовами, можуть продемонструвати приклади сучасного технологічного підходу до теплопостачання з використанням відновлюваних джерел енергії.

Практика впровадження відновлюваних джерел енергії в громадах ряду країн Європейського Союзу переконливо доводить, що ретельне планування енергетичної політики на місцевому рівні, цілеспрямовані зусилля по впровадженню ВДЕ, а також сприятливі умови законодавчої підтримки відновлюваної енергетики здатні вже зараз перетворити не тільки окремі

⁴¹ Zeim проєкту uP_running Програми Горизонт 2020 – D6.3 Flagship success cases update (first release) <https://www.up-running.eu/observatory-of-appr-experiences/>

⁴² <https://www.100-percent.org/>

⁴³ <https://www.originenergy.com.au/blog/did-you-know-there-are-now-more-than-100-cities-mostly-powered-b/>

селища, але й цілі регіони на енергонезалежні, що не тільки забезпечують власні потреби в тепловій та електричній енергії за рахунок ВДЕ, але й можуть експортувати надлишки енергії до навколишніх регіонів. Нижче наведені деякі з таких проєктів.

Селище Dardesheim, Німеччина

Населення: 750 чол.

Площа: 1 кв.км.

Статус: споживається 100 % енергії з ВДЕ



Джерела енергії: 32 вітротурбіни сумарною потужністю 70 МВт, що в 40 разів перевищує потреби міста, електрична батарея-накопичувач для згладжування нерівномірності, дві біогазові установки, 9 СЕС (фотовольтаїка), також сонячні модулі ГВП для окремих будинків, кілька котельних на біомасі. Є пункт зарядки електромобілів. Дві місцеві компанії-автоперевізники почали переводити автомобілі на біодизель з місцевого ріпаку.

Güssing, Австрія

Населення: 3660 чол.

Площа: 49 кв.км.

Споживається 100% енергії з ВДЕ.



Джерела енергії: СЕС, біогазова установка, ТЕЦ на біомасі, мережа ЦТ. На ТЕЦ встановлено

першу в світі діючу установку газифікації біомаси за принципом циркулюючого киплячого шару.

Проєкт розпочато в 1990 році з метою створення нових робочих місць, наповнення місцевого бюджету, досягнення контролю над енергозабезпеченням міста.

На даний час, створено 60 нових компаній, 1500 нових робочих місць, щорічні надходження від продажу енергії становлять 17 млн USD на рік.

Brunico (Bruneck), Італія

Населення: 15,5 тис.чол.

Площа: 45 кв.км.

Споживається 100% енергії з ВДЕ.

Виробляється більше електричної та теплової енергії, ніж споживається.



Джерела енергії: електроенергія виробляється даховими СЕС (сумарна потужність 3 МВт), двома біо-ТЕС на відходах деревини (сумарна потужність котлів 20 МВт), трьома когенераційними установками (4,5 МВт_{те}, 5 МВт_т), кількома міні-ГЕС сумарною потужністю 4,4 МВт.

Опалення забезпечують 750 кв.м. сонячних термічних модулів з теплонакопичувачем (об'єм 3000 м³), а також мережа ЦТ довжиною 120 км, що поєднує котельню на біомасі (9 МВт), біогазову станцію на полігоні ТПВ (1,5 МВт) та забезпечує теплом 2000 будинків.

Saint-Julien-Montdenis, Франція

Населення: 1,6 тис.чол.

Площа: 33 кв.км.

Споживається 100% енергії з ВДЕ.

Виробляється на 150% більше електричної енергії, ніж споживається.

Джерела енергії: ГЕС 2 МВт, кілька СЕС, сонячні теплові модулі, котельні на біомасі.

Впроваджується гнучка система керування електричною генерацією, а також батареї-накопичувачі електроенергії, пов'язані з окремими СЕС.

Kisielice, Польща
Населення: 2,2 тис.чол.
Площа: 3,4 кв.км.
Споживається 100% енергії з ВДЕ.



Джерела енергії: 50 вітротурбін сумарною потужністю 94,5 МВт, будується ще одна ВЕС на 24 МВт. Також є котельня на соломі, з двома котлами сумарною потужністю 6 МВт. Солому постачають місцеві фермери. Котельня приєднана до мережі ЦТ, що забезпечує теплом 250 будинків (90% всього населення). Біогазова когенераційна установка, що працює на силосі кукурудзи, має 1 МВт теплової та 1 МВт електричної потужності.

Місцеві фермери мають дохід по 5 тис. євро на рік завдяки наданню в оренду землі під кожен з вітротурбін. Планується додаткове впровадження сонячних термомодулів, теплових насосів, тощо.

ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІ РЕГІОНИ В КРАЇНАХ ЄС

Регіон RHEIN – HUNSRÜCK, Німеччина
Населення: 103 тис.чол.
Площа: 991 кв.км.
Споживається 100% енергії з ВДЕ.
Регіон є експортером електроенергії.



Використовується широкий спектр можливих технологій: ВЕС, СЕС, генерація метану, використовуючи надлишок електроенергії. Є електрична батарея-накопичувач, станція зарядки електромобілів.

Опалення: котельні на деревній трісці, котли на деревних гранулах, теплові насоси з ґрунтовими теплонакопичувачами, ТЕЦ на ріпаковій олії, мережа ЦТ. Біогазові установки: виробництво біометану з подачею в газову мережу. Проект починався із заходів з енергоефективності, є ряд будівель класу «passive house» та «zero emission».

Аналіз досвіду досягнення енергетичної незалежності громадами Європейського Союзу дозволяє зробити ряд висновків щодо основних складових досягнутого успіху:

- Енергетичні спільноти мають великий потенціал збільшення використання енергії з ВДЕ. На них в ЄС покладаються великі надії в контексті Європейського Зеленого Курсу, що знаходить відображення в удосконаленні та розширенні їх законодавчої підтримки.
- Місцеві енергетичні ініціативи народжуються силами окремих громадян, спільнот однодумців, місцевої влади та бізнесу, та реалізуються на основі співпраці всіх зацікавлених сторін, завдяки, в тому числі, законодавчим механізмам підтримки ВДЕ.
- Енергетична незалежність громад можлива вже сьогодні, на рівні як окремих населених пунктів, так і цілих районів. Першочергове значення має постановка відповідних

цілей та їх послідовна реалізація, часто шляхом «маленьких кроків».

- З точки зору практичної реалізації, вже зараз є комплекс технічних рішень, технологій та обладнання, що дозволяють створення гнучких та ефективних енергетичних систем, що можуть забезпечити енергонеалежність громад, використовуючи весь спектр джерел відновлюваної енергії, доступних в кожній місцевості.

- В країнах, подібних до України за кліматичними умовами, енергетична незалежність громад, як правило, досягається завдяки використанню біомаси та біогазу для потреб опалення, причому широко застосовуються мережі ЦТ з приєднанням кількох джерел, включаючи котельні на біомасі, біогазі, когенераційні установки на біогазі, звалящому газі з полігонів ТПВ, а також ТЕЦ на біомасі.

**Регіон MECKLENBURG - VORPOMMERN,
Німеччина**
Населення 1,6 млн. чол.
Площа 23 тис. кв. км.
Споживається 100% енергії з ВДЕ.



Виробляється близько 120 % від необхідної кількості електроенергії на основі місцевих ресурсів ВДЕ. Джерела енергії – ВЕС (1600 турбін), 1700 СЕС, 32 біогазові установки.

Впроваджено першу в Німеччині комерційну батарею-накопичувач електричної енергії, що може, як стверджують, замінити звичайне джерело електричної енергії потужністю 50 МВт.

Земля CARINTHIA, Австрія
Населення 557 тис. чол.
Площа 9536 кв.км.
Споживається 100% електроенергії з ВДЕ.



70% енергії для опалення отримується з ВДЕ. Джерела енергії: ГЕС, ГАЕС, СЕС, опалення біомасою.

Регіон EXTREMADURA, Іспанія
Населення: 1 088 тис.чол.
Площа: 41 634 кв.км.
Споживається 100% енергії з ВДЕ.



Джерела енергії: СЕС, ВЕС, ГЕС. Очікується впровадження 150 МВт потужностей на біомасі. В регіоні розміщено більше 40% всіх концентраційних СЕС Іспанії.

Як буде показано далі, деякі громади в Україні вже ідуть по шляху якнайширшого впровадження відновлюваних джерел енергії для досягнення енергетичної незалежності.

СЕВЕРИНІВКА – «СЕЛО БЕЗ ГАЗУ» (УКРАЇНА)

У 2011 році село Северинівка (Вінницька область) відмовилося від газу, стало енергонезалежним і з гордістю назвало себе «село без газу». Процес відмови від газу розпочався з поїздки представників села до Чехії і ознайомлення з проектом «Пасивний будинок», де вся енергія вироблялася на місці з деревної тріски. Після цього придбали дробарку, за допомогою якої отримували деревне паливо для опалення спочатку сільради (новий піролізний котел окупився за один сезон), а пізніше також спортзалу, будинку культури, школи, дитячого садку, санаторію. Для отримання коштів на біомасові котли і будівництво котельень зверталися до міжнародних фондів, районної та обласної адміністрації. Було створено місцеве комунальне підприємство «Северин», на яке покладено відповідальність за належне функціонування нових енергетичних об'єктів^{44,45}.

В дитячому садку і спортивному комплексі додатково до котлів на біомасі встановлено вакуумні сонячні колектори. Для опалення місцевої амбулаторії було використано геотермальний тепловий насос із горизонтальним зовнішнім теплообмінником і системою теплої підлоги. Це обладнання окупилося за чотири роки за рахунок різниці вартості опалення геотермальною енергією порівняно з природним газом. Крім того, працюють два міні-вітряки.

⁴⁴ <http://pard.org.ua/navnnichchinseloseverinivkanepotrebugazu.html>

⁴⁵ <https://decentralization.gov.ua/news/5312>

Вироблена електроенергія використовується для викачування води із свердловини і освітлення приміщення спортзалу.

У 2017 р. на непридатних для сільськогосподарського виробництва землях було закладено плантації енергетичної верби та сільфії. Отримане біопаливо споживається котельними Северинівки.

В селі створено навчально-демонстраційний Центр енергоефективності сільських територій. Метою роботи Центру є проведення навчання, розповсюдження інформації і обмін досвідом впровадження енергоефективних проєктів з іншими громадами.



Рис. 5.8. Об'єкти відновлюваної енергетики у с. Северинівка (Вінницька область)

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ СЕЛО ВЕСЕЛЕ (УКРАЇНА)

Проєкт «Енергоефективне село»⁴⁶ визнано Кабінетом Міністрів України та Радою Європи кращим проєктом у галузі енергоефективності, що реалізується у сільських населених пунктах. Проєкт отримав перемогу у конкурсі «Кращі практики місцевого самоврядування» у 2015 році, а у 2016 – визнаний кращим соціальним проєктом у сфері енергоефективності, що впроваджується в Україні.

Село Веселе у Харківській області стало першою енергоефективною та енергонезалежною громадою України і входить наразі до Харківського енергетичного кластеру. Селу, в якому мешкає всього 1800 чоловік, вдалося повністю забезпечити себе місцевими енергоресурсами⁴⁷.

Енергоефективне село Веселе – успішний приклад, як громада змогла залучити зовнішнє фінансування, майже не витрачаючи власні кошти для переходу на широке використання ВДЕ. Всі проєкти були реалізовані із використанням ресурсів міжнародної технічної допомоги, що демонструє іншим громадам можливість розв'язання місцевих проблем за рахунок зовнішніх (небюджетних) ресурсів⁴⁸.

У Веселому успішно діє ціла низка об'єктів відновлюваної енергетики⁴⁹:

- Брикетувальна лінія для соломи.
- Модульна котельня на брикетах з соломи (2 котли по 0,4 МВт).
- Тепловий насос.
- СЕС 1,2 МВт.
- Дахова сонячна батарея (СЕС).
- Вуличне освітлення з використанням сонячної енергії.

Завдяки використанню теплової енергії з біомаси і виконаній комплексній термомодернізації вдалося на 82% заощадити на опаленні школи; в опалювальний період 2018/2019 рр. це склало 3265 тис. грн. Надлишок вироблених брикетів з соломи продається населенню. На опаленні клубу та бібліотеки заощаджено 75% коштів, що було еквівалентно 896 тис. грн в опалювальний період 2018/2019 рр. Амбулаторія є енергетично автономною будівлею – її енергопостачання забезпечується за допомогою встановленого теплового насосу і дахової сонячної батареї. СЕС дає енергію для освітлення школи, дитячого садка та сільського клубу. Також впроваджено освітлення 5 км вулиці світлодіодними лампами.

Енергоефективне село Веселе стало майданчиком для демонстрації сучасних технологій підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії у малих населених пунктах.

⁴⁶ <https://forum.o2.ua/ua/projects/118>

⁴⁷ <https://decentralization.gov.ua/news/10438>

⁴⁸ <http://www.biowatt.com.ua/trends/rezultati-proektu-energoefektivne-selo-u-harkivskij-oblasti/>

⁴⁹ <https://bit.ly/3uMBB41>



Рис. 5.7. Об'єкти відновлюваної енергетики у с. Веселе (Харківська область).

ВИРОБНИЦТВО БРИКЕТІВ З АГРОБІОМАСИ СІЛЬСЬКИМИ КООПЕРАТИВАМИ (УКРАЇНА)



Завод з виробництва брикетів з соломи збудований і запущений у 2016 році в с. Кінські Роздори Запорізької області в рамках програми ЄС/ПРООН «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду». Селяни розробили бізнес-план, організували кооператив «Злагода-2015» і звернулися в офіційне представництво програми в Запорізькій області. Як результат, на реалізацію проєкту було виділено 80% від потрібних інвестицій; решту вклав кооператив (10%), забезпечили обласний та селищний бюджети (10%). Загальні витрати на запуск брикетної лінії з ударно-механічним пресом склали 772,5 тис. грн. Основними рушійними силами проєкту стали висока вартість вугілля в регіоні і наявність доступної місцевої сировини (соломи)^{50,51}.

Потужність виробництва по готовій продукції становить 250-300 кг/год. Брикети NIELSEN формуються компактні, щоб помістилися у



⁵⁰ <http://ecotown.com.ua/news/U-zaporizkomu-seli-za-koshty-OON-zbuduvaly-fabryku-z-vyrobnytstva-solom-yanykh-bryketiv/>

⁵¹ <https://www.061.ua/news/1988319/v-odnom-iz-sel-zaporozskoj-oblasti-resili-prevrasat-solomu-i-buran-v-toplivnye-brikety-evropa-podderzala-i-vydilila-600-000-griven>

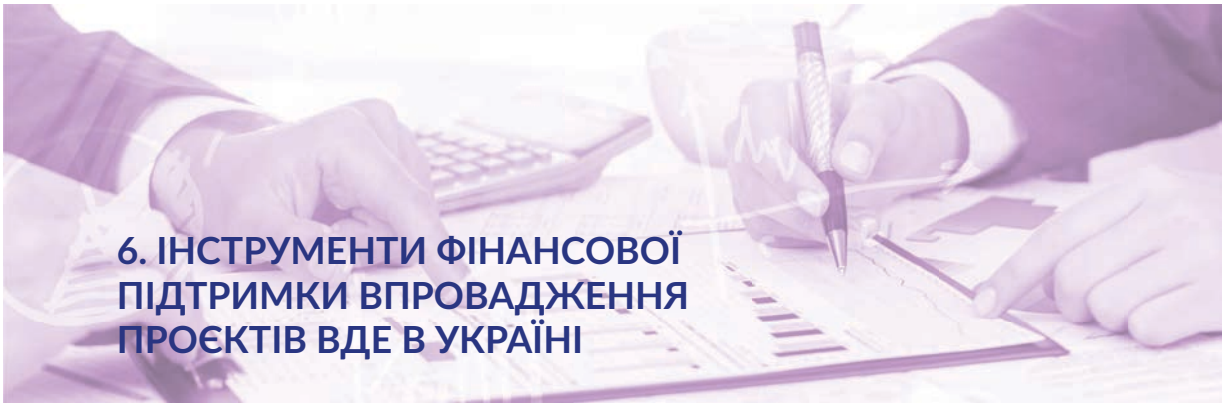
будь-який котел, піч або камін. Споживачем брикетів є місцеве населення, у будинках якого переважає пічне опалення. Члени кооперативу (наразі близько 50 чоловік) отримують брикети за собівартістю; надлишок вони можуть продавати. У перспективі кооператив має намір виготовляти брикети з лушпиння соняшнику, сухих гілок використаних новорічних ялинок.

Мешканці с. Лосятин Кременецького району Тернопільської області об'єдналися у два кооперативи, що займаються вирощуванням малини та суниці. Згодом кооператив «Ягідний край» трансформувався у енергетичний – відходи вирощування малини (обрізані стебла), які раніше просто спалювалися на полях, з початку 2017 року використовуються для виробництва паливних брикетів⁵².

Впровадження брикетувальної лінії було фінансово підтримано проектом ЄС/ПРООН. Члени кооперативу привозять сировину (зв'язки малини) до ангару, де розташовано брикетувальне обладнання, і звідси забирають свої брикети по собівартості. Таким чином жителі с. Лосятин забезпечені біопаливом власного виробництва, яке є набагато дешевшим за природний газ.



Рис. 5.8. Виробництво брикетів з соломи в с. Кінські Роздори (Запорізька область)



6. ІНСТРУМЕНТИ ФІНАНСОВОЇ ПІДТРИМКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ВДЕ В УКРАЇНІ

№ п/п	Назва	Засоби підтримки	Посилання
1.	«Зелений» тариф на електроенергію	Встановлення «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену з альтернативних джерел енергії, в тому числі для приватних домогосподарств та енергетичних кооперативів	Закон України «Про альтернативні джерела енергії» https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15
2.	Механізм часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва	Бюджетні кошти спрямовуються на забезпечення сільськогосподарських товаровиробників вітчизняною технікою та обладнанням для агропромислового комплексу шляхом здійснення часткової компенсації вартості техніки та обладнання, що закуплені у вітчизняних виробників та/або їх дилерів. До переліку зокрема, входять такі види обладнання як брикетуючі преси, брикетуючі екструдери, подрібнювачі, преси-гранулятори, теплогенератори на соломі, теплогенератори для зерносушарок на біопаливі, причепи-тюковози, тракторні навантажувачі, подрібнювачі тюків, тощо	Порядок використання коштів, передбачених у державному бюджеті для часткової компенсації вартості сільськогосподарської техніки та обладнання вітчизняного виробництва https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/130-2017-%D0%BF#Text Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України в ід 06 серпня 2020 року № 1485 «Про формування переліку вітчизняної техніки та обладнання для агропромислового комплексу, вартість яких частково компенсується за рахунок бюджетних коштів» https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=1a68c-be8-6ada-4faa-afd3-0e523dea87a0&-title=NakazMinisterstvaRozvitkuEkonomiki-TorgivliTaSil'skogoGospodarstvaUkrainiVid06-Serpnia2020-Roku1485-proFormuvanniaPereliku-VitchiznianoiTekhnikiTaObladnanniaDliaAgropromislovogoKompleksu-VartistYakikhChastkovoKompensutsi-aZaRakhunokBiudzhethnikhKoshtiv
3.	Звільнення від сплати ввізного мита та податку на додану вартість при ввезенні деяких видів обладнання на митну територію України	Механізм ввезення на митну територію України без сплати ввізного мита та податку на додану вартість техніки, обладнання та устаткування, що використовуються для виготовлення та споживання біологічних видів палива, які класифікуються за кодами згідно з УКТЗЕД, визначеними у статті 7 Закону України «Про альтернативні види палива», що не виробляються та не мають аналогів в Україні, а також визначені Кабінетом Міністрів України	Закон України «Про альтернативні види палива» https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text Порядок ввезення на митну територію України техніки, обладнання, устаткування, технічних та транспортних засобів, що використовуються для розвитку виробництва і забезпечення споживання біологічних видів палива https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/581-2011-%D0%BF#Text

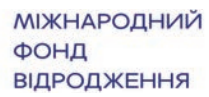
4.	USELF, Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні http://www.uself.com.ua/index.php?id=9&L=2	Програма USELF є кредитною лінією в обсязі до 140 мільйонів євро, відкритою Європейським Банком Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) для сприяння реалізації проєктів з використання відновлюваних джерел енергії в Україні. Надаються: • Кредити від 1,5 мільйонів євро • Мінімальні операційні витрати • Довгострокове фінансування з обмеженим правом регресу • Безоплатна технічна допомога Але, щоб отримати право на отримання кредиту в рамках USELF, компанії та проєкти мають відповідати певним інституційним, фінансовим і технічним критеріям.
5.	Ощадбанк, програма «Зелена енергія» та кредитні програми від міжнародних фінансових установ https://www.oschadbank.ua/ua/private/loans/kredituvannya-na-obladnannya-shcho-viroblya-zele-nu-energ-yu	«Зелена енергія», для фізичних осіб: Строк кредиту: від 1 до 7 років Основне забезпечення: товар, що придбається за рахунок кредиту Максимальна процентна ставка 17,99% річних (єдиний розмір) Разова комісія за надання кредиту: 2,99% від суми кредиту Власний внесок: від 30% від вартості товарів та робіт з їх встановлення, монтажу та запуску в експлуатацію Сума кредиту: від 100 000 до 1 000 000 гривень Кредит надається на придбання, встановлення, монтаж та запуск в експлуатацію наступних товарів: • станції сонячного теплопостачання; • сонячні панелі для виробництва електроенергії; • тепловий насос; • сонячні батареї/акумулятори; • вітрові станції та генератори; • додаткове обладнання і матеріали до вищезазначених товарів. Також, пропонується ряд кредитних програм від міжнародних фінансових установ, в т.ч. в євро (до 12,5 млн).
6.	Укргазбанк, Еко-Банкінг https://www.ukrgasbank.com/eco	ПЕРЕВАГИ ЕКО-БАНКУ • Спеціальні відсоткові ставки за еко-кредитами • Унікальна методика, розроблена банком у співпраці з Міжнародною фінансовою корпорацією (IFC), допомагає реалістично оцінити очікувані результати на етапі попереднього розгляду. Це дозволяє за потреби коригувати проєкт для досягнення оптимальних показників окупності та економії енергозатрат • Проста й швидка процедура оформлення кредиту • Гарантії надійності державного банку • Співпраця з акредитованими партнерами дозволяє прискорити узгодження проєкту Приватним клієнтам - кредитування еко-проєктів фізичним особам. Клієнти малого та середнього бізнесу - кредитування еко-проєктів суб'єктів господарювання з виручкою за рік до 300 млн грн (згідно форми 2)*, комунальних підприємств та організацій, лізингових компаній, ОСББ та ФОП». Корпоративні клієнти - кредитування еко-проєктів суб'єктів господарювання з виручкою за рік понад 300 млн грн (згідно форми 2)* та муніципалітетів.
7.	Укресімбанк, програми підтримки «зеленої» енергетики спільно з МФО https://www.eximb.com.ua/bank/press/history/2020-rik-pochatok-sistemnoi-transformacii.html	Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) у своєму звіті «Екологічне кредитування у країнах Східного партнерства ЄС» відзначила ключову роль Укресімбанку у фінансуванні «зелених ініціатив». Згідно з оприлюдненими ОЕСР даними, Укресімбанк є найактивнішим банком з реалізації спільних з міжнародними фінансовими організаціями (МФО) кредитних ліній з підвищення енергоефективності бізнесу та захисту довкілля в регіоні Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії. За програмами екологічного кредитування МФО співпрацюють із 70 банками регіону, але Укресімбанк є незаперечним лідером серед цих фінансових установ, оскільки реалізує найбільшу кількість таких кредитних ліній. Загалом Укресімбанком за програмами сталого розвитку МФО залучено близько 500 млн. дол. США, із застосуванням яких профінансовано майже 100 проєктів з енергоефективності та відновлюваних джерел енергії загальною вартістю понад 800 млн. дол. США.

8.	ProCreditBank, «Зелене» фінансування https://www.pro-creditbank.com.ua/business-clients/loans/green-finance/	Банк фінансує інвестиції, що мають чистий позитивний вплив на довкілля, за допомогою зелених кредитів. Такі кредити видаються на інвестиції у енергоефективність, відновлювані джерела енергії та захист довкілля. Банк свідомо прагне збільшити частку таких кредитів у своєму портфелі до 20%. Станом на 30 червня 2020 року частка зелених кредитів складає 18,8% від загального кредитного портфелю банку. Отримати зелене фінансування від банку можуть бізнес-клієнти на такі цілі: ● Сонячні електростанції ● Виробництво енергії з біомаси ● Біогазові заводи ● Високоєфективні машини та устаткування для виробництва ● Сільськогосподарська техніка ● Системи опалення, вентиляції, охолодження, освітлення ● Зрошувальні системи ● Обладнання для ресурсоефективного виробництва ● Системи переробки та утилізації відходів ● Системи очищення води та повітря ● Обладнання для мінімальної та нульової технології землеробства ● Інвестиції в органічне землеробство та виробництво органічних продуктів Умови кредитування проектів з відновлюваної енергетики: ● максимальний строк фінансування – 84 місяці ● максимальна сума фінансування – 10 млн євро ● інвестиція клієнта – від 20% вартості проекту ● забезпечення – корпоративні права на об'єкт відновлюваної енергетики, а також додаткова застава, не пов'язана з проектом (необхідний розмір застави визначається на Бізнес комітеті) ● можливе відстрочення погашення капіталу до 12 місяців та адаптація графіка на весь термін кредиту згідно з сезонністю у виробленні електроенергії
9.	Мегабанк, Фінансування енергозберігаючих проектів https://www.megabank.ua/ua/corporate/credits/energy	Фінансуються, в тому числі: заміна котлів на більш ефективні котли та/або інші види палива (зміна палива); ● машини та обладнання для виробництва; ● невеликі установки поновлюваних джерел енергії. Кредит на енергозбереження можуть отримати юридичні особи, що мають наступні характеристики: ● форма власності – приватна; ● штат працівників складає не більше 250 постійних працівників; ● зареєстровані відповідно до чинного законодавства України. Умови кредитування: ● валюта кредиту – UAH, USD, EUR; - сума кредиту – до 5 млн. UAH.; - термін кредитування – до 5 років.
10.	Райффайзен Банк Аваль Фінансування енергоефективності https://raiffeisen.ua/korporativnim-kliientam/finansuvannya/finansuvannya-energoefektivnosti https://raiffeisen.ua/storage/files/ee-leaf-let-2021.pdf	Вітрові турбіни, біомаса, вітрові парки, біогазові електростанції: ● Установка джерел відновлюваної енергії (ВЕ) – вітрові турбіни, сонячні панелі для виробництва гарячої води, котли на біомасі для виробництва тепла ● Заміна ВЕ обладнання – котлів, малопотужних турбін ● Модернізація – ТЕЦ, котлів, турбін Птахоферми, свиноферми, теплиці, вирощування зернових: ● Виробництво тепла та електроенергії з біогазу ● Виробництво тепла з біомаси; теплові генератори ● Заміна сільгосптехніки ● Ізоляція будівель ● Частотно-регульовані приводи на електромотори Умови: ● Пільгова відсоткова ставка: 12,5%; ● Термін кредитування: до 5 років; ● Початковий внесок: від 30%; ● Валюта кредиту: гривня

Також, фінансуванням «зеленої» енергетики в Україні займається ряд інших закордонних та міжнародних фінансових установ:

Назва установи	Контактна інформація
Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР)	Адреса: 03150, м.Київ, вул.Антоновича,46 – 46-А, бізнес-центр «Династія», 3-й поверх Телефон: (+38 044) 277-11-00 Факс: (+38 044) 277-11-60 Ел. пошта: FilippoJ@ebrd.com Веб-сайт: http://www.ebrd.com/pages/country/ukraine.shtml Графік роботи: понеділок - п'ятниця 9.00 - 18.00
Програма FINTECC (ЄБРР)	Тетяна Маркута Олександр Ніколаєнко mailto:FINTECC_UKR@ebrd.com https://fintecc.ebrd.com/region/eap-ru
Європейський Інвестиційний Банк (EIB)	Жан-Ерік Де Загон (Jean-Erik De Zagon), голова представництва ЄІБ в Україні Б. 101, вул. Володимирська, 01033, Київ, Україна +380 4439-08018 +352 4379-67495 kiev@eib.org https://www.eib.org/attachments/country/eib_in_ukraine_uk.pdf
Глобальний Екологічний Фонд (GEF)	https://www.thegef.org/country/ukraine
KfW Group	KfW Office Kyiv: Director KfW Office: Kurt Strasser Office Nr. 1, Velyka Vasylkivska Str. 44, 01004 Kyiv, Ukraine Phone: +38 04 45 81 19 55 Fax: +380 44 289 1125 kfw.kiew@kfw.de https://www.kfw-entwicklungsbank.de/International-financing/KfW-Development-Bank/Local-presence/Europe/Ukraine/
Світовий Банк (WB)	Київ, (380 44) 490-6671 Дніпровський узвіз, 1, 2 поверх, Київ 01010 Україна ukraine@worldbank.org https://www.worldbank.org/uk/country/ukraine

Міжнародна Фінансова Корпорація, IFC (World Bank Group)	Ukraine, Belarus, Moldova Regional Manager Jason Brett Pellmar Tel: +380 44 490 6400 Email: jpellmar@ifc.org https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/about+ifc_new/where+we+work	Ukraine Senior Country Officer Elena Voloshina Tel: +380 44 490 6400 E-mail: evoloshina@ifc.org	
Nordic Environment Finance Corporation (NEFCO)	Address: 51 Nyzhnii Val street, Business Center «Domino», 8th floor Kyiv 04071, Ukraine Tel. +380 44 287 0106 https://www.nefco.int/ https://www.nefco.int/fund-mobilisation/investments-in-eastern-europe/facility-for-energy-saving-credits/ https://dh-ukraine.nefco.int/ukr/contacts/		
U.S. Agency for International Development (USAID)	USAID/Kyiv 4 Igor Sikorsky Street, Kyiv, Ukraine, 04112 Телефон 380-44-521-5000 Факс 380-44-521-5245 Email kyvinfo@usaid.gov https://www.usaid.gov/uk/ukraine		
Eastern Europe Energy Efficiency and Environmental Facility (E5P)	EBRD Office Kiev Kiev Resident Office 46-46A Antonovycha Str., Kiev, 03150, Ukraine Tel: +30 44 354 4084 E-mail: kiev@kev.ebrd.com https://e5p.eu/ukraine	Lviv Resident Office 20 Dudaeva street Lviv Ukraine Tel: +38 032 261 50 66; +38 032 261 40 88	Odessa Resident Office 83/2, Serednya Str. Odessa Ukraine 65005 Tel: +38 048 705 31 06 +38 048 705 31 07
Фонд Східна Європа East Europe Foundation (EEF)	Адреса: 01033, Київ, вул. Саксаганського, 83, 3 поверх Тел/факс: 38 044 200-38-24, 38 044 200-38-25, 38 044 200-38-26 Email: info@eef.org.ua https://eef.org.ua/		

[illegible]