

СПРИЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ БЕЗПЕЦІ ТА СТАЛОМУ РОЗВИТКУ МІСЦЕВИХ ГРОМАД В УКРАЇНІ



EMBASSY OF THE UNITED STATES
KYIV, UKRAINE



СПРИЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ БЕЗПЕЦІ ТА СТАЛОМУ РОЗВИТКУ МІСЦЕВИХ ГРОМАД В УКРАЇНІ

Розробник:

Громадська організація «Агентство з відновлюваної енергетики»

Авторський колектив:

Олександра Трибой, Світлана Радченко, Віталій Зубенко, Ольга Гайдай

Рецензент:

Тетяна Железна

Висловлюємо подяку Анні Пастух за цінні поради під час підготовки цього матеріалу та Кену Боссонгу за допомогу у підготовці інформації по розвитку ВДЕ у США.

Цей Посібник підготовлено в рамках виконання проекту “Сприяння енергетичній безпеці та сталому розвитку місцевих громад в Україні”. Мета проекту – сприяти зменшенню залежності від викопних палив 8 найбільш залежних від них областей України шляхом інформування про можливості впровадження ефективних технологій доступних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Найбільш залежними від викопного палива є Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Київська, Черкаська, Харківська, Івано-Франківська та Полтавська області, які разом споживають більше половини вугілля та газу в країні. У цих регіонах потрібно докласти більше зусиль для досягнення енергетичної незалежності. Цей процес може бути посилений підвищенням обізнаності щодо застосування ефективних та доступних технологій на відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ) з урахуванням найкращих практик, що застосовуються у США та в Україні.

Матеріал підготовлено за підтримки Відділу преси, освіти та культури Посольства США в Україні. Погляди авторів не обов’язково збігаються з офіційною позицією уряду США.

ЗМІСТ

1. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	04
2. РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СПОЛУЧЕНИХ ШТАТАХ АМЕРИКИ	29
3. ЕНЕРГІЯ З БІОМАСИ	47
4. ЕНЕРГІЯ ВІТРУ	66
5. ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ	86
6. ЕКСПЕРТНІ ПОРАДИ	105

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція

ВВП (ПКС) – валовий внутрішній продукт за паритетом купівельної спроможності

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ВЕС – вітрова електростанція (ВЕСд – вітроелектростанція домогосподарства)

ВЕУ – вітрова електроустановка

ГЕС – гідроелектростанція (мГЕС – мала гідроелектростанція потужністю від 1 до 10 МВт)

ГАЕС – Гідроакумуюча електростанція

ГО – громадська організація

Держстат – Державна служба статистики України

ЄБРР – Європейський банк реконструкції та розвитку

ЗПPE – загальне постачання первинної енергії

ККД – коефіцієнт корисної дії

КСЕ – кінцеве споживання енергії

НПДВЕ - Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

ОЕС України – Об'єднана енергетична система України

ООН – Організація об'єднаних націй

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку

ОТГ – об'єднана територіальна громада

СЕС – сонячна електростанція (нСЕС – наземна, фСЕС – фасадна)

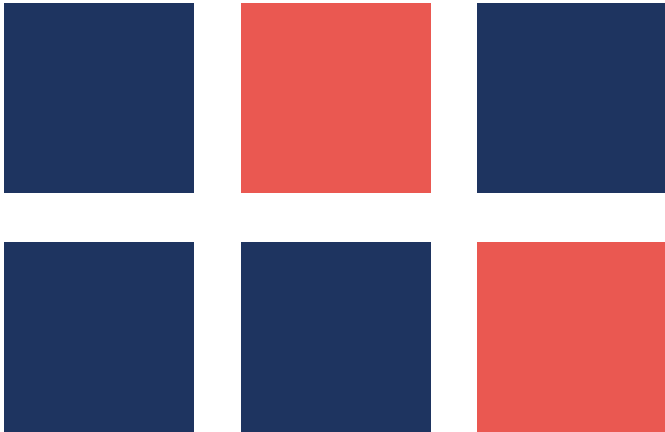
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування

ТЕС – теплова електростанція

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

ФЕ – фотоелектричні системи

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ



З початку періоду незалежності Україна планомірно рухається у напрямку сталого розвитку, починаючи з підписання Рамкової конвенції ООН про зміну клімату у 1992 році та продовжуючи цей шлях приєднанням до Паризької угоди 2015 р. і розробкою проекту Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року (2020 р.)¹ та Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року² (Рис. 1.1). Питанням декарбонізації економіки і енергетики приділяється все більша увага; відновлювані джерела енергії активно залучаються до паливно-енергетичного комплексу країни.

Рисунок 1.1



Таймлайн основних кліматично-енергетичних документів, прийнятих Україною

Офіційні цілі для ВДЕ у стратегічних документах

Основними стратегічними документами, які визначили цілі України щодо розвитку відновлюваних джерел, виступають Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року (НПДВЕ)², Енергетична стратегія України до 2035 року³, Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання⁴, Національна економічна стратегія на період до 2030 року⁵.

Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року (НПДВЕ)

Відповідно до міжнародних зобов'язань України за договором про Енергетичне співтовариство був розроблений Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року, схвалений у жовтні 2014 року Кабінетом Міністрів України. За прикладом Національних планів дій країн Європейського Союзу були визначені цілі для відновлюваних джерел, як загалом у кінцевому енергоспоживанні, так і по окремих секторах, таких як сектор виробництва теплової енергії та холоду, виробництва електроенергії та транспорт.

Таблиця 1.1

Цілі Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року

2020 рік	Валове кінцеве енергоспоживання	Виробництво тепла та холоду	Виробництво електроенергії	Транспорт
Частка ВДЕ	11%	12,4%	11%	10%

¹ — <https://mepr.gov.ua/news/34424.html>

² — <https://enecities.org.ua/novyny/kabmin-uhvalyv-strategiyu-ekologichno-bezpeky-ta-adaptatsi-do-zminy-klimatu-do-2030-roku/>

³ — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>

⁴ — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text>

⁵ — <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>

Енергетична стратегія України до 2035 року³

Схвалена у 2017 році Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" визначила цілі щодо частки ВДЕ до 2035 року у загальному постачанні первинної енергії, виробництві електроенергії та на транспорті.

Таблиця 1.2

Цілі Енергетичної стратегії України щодо частки ВДЕ до 2035 року

	Загальне постачання первинної енергії	Виробництво електроенергії	Транспорт
Частка ВДЕ	25%	25%	20%
Частка Біомаси	11%		

Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання до 2035 року⁴

У серпні 2017 року Кабінет Міністрів України схвалив Концепцію реалізації державної політики у сфері теплопостачання до 2035 року. Концепція спрямована, зокрема, на забезпечення енергетичної незалежності та безпеки України та зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище. Реалізувати цілі Концепції планується, зокрема, за рахунок переходу виробництва теплової енергії на використання альтернативних джерел, що зменшить споживання природного газу.

Таблиця 1.3

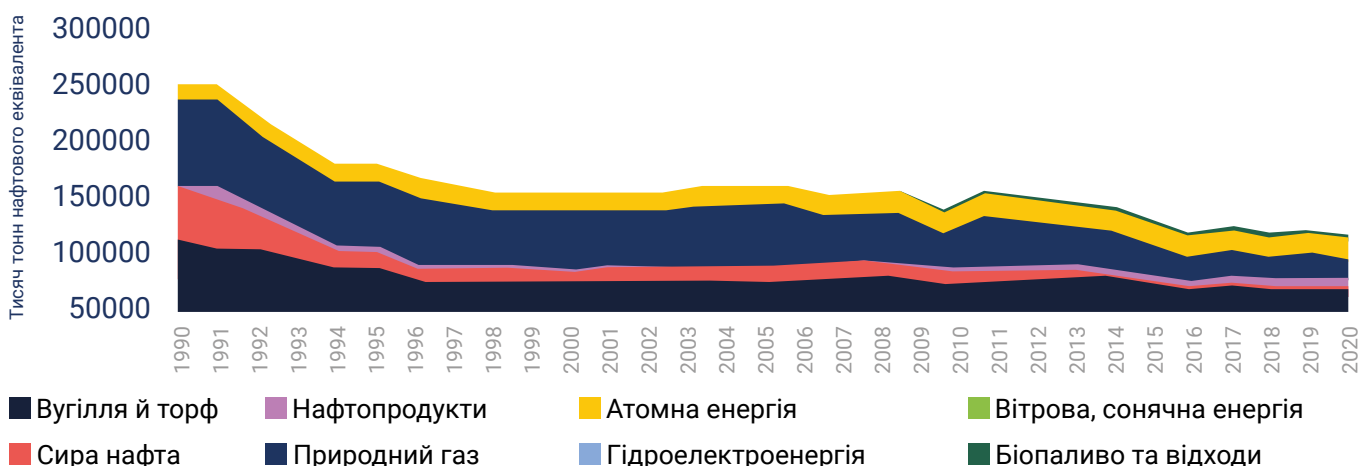
Цілі Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання щодо частки альтернативних джерел до 2035 року

	Ціль на 2019-2025 рр.	Ціль на 2035 р.
Частка використання альтернативних джерел у виробництві теплової енергії	30%	40%

Статистика розвитку ВДЕ в Україні

Основними складовими енергетичного балансу України останні 20 років залишаються вугілля, природний газ та атомна енергія (рис. 2), проте, починаючи з 2014 року, завдяки цілям, поставленим стратегічними документами та впровадженню механізмів підтримки частка відновлюваних джерел в енергобалансі України поступово зростає (рис.2а)⁶.

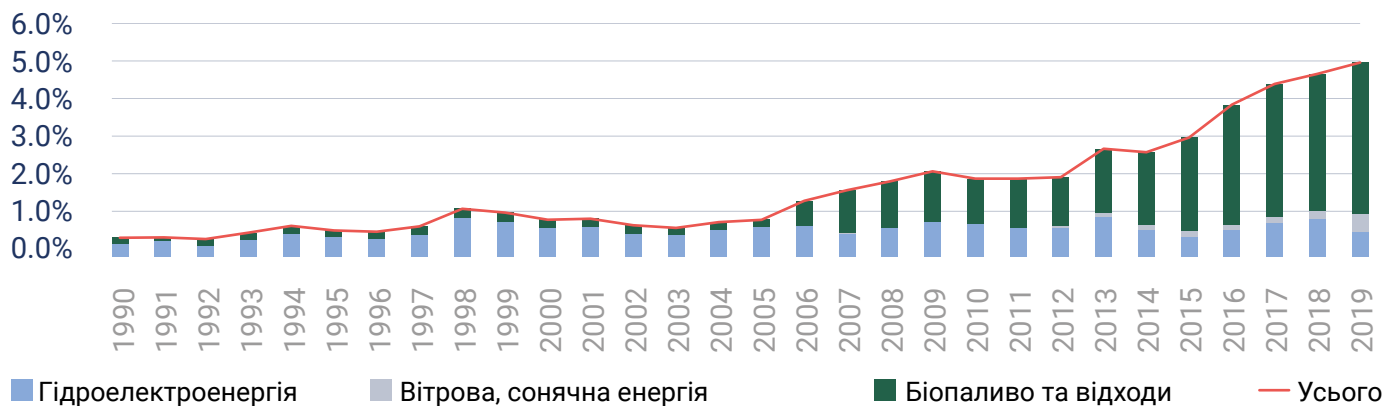
Рисунок 1.2



Таймлайн основних кліматично-енергетичних документів, прийнятих Україною

⁶ — Дані Держстату «Динамічні ряди показників енергетичних балансів за 1990-2019 роки» http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/drpeb/dr_u.htm

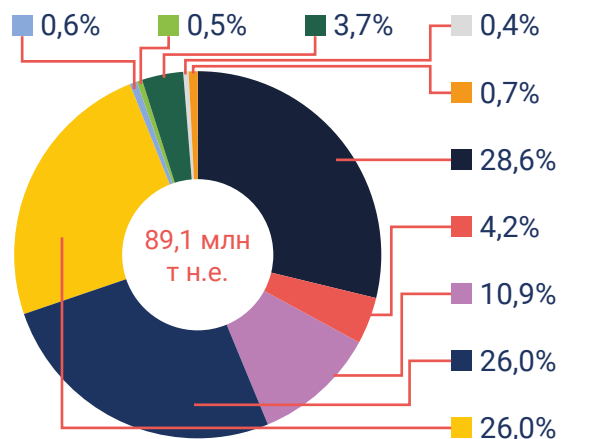
Рисунок 1.2а



Частка ВДЕ у ЗППЕ у 1990-2019 рр.

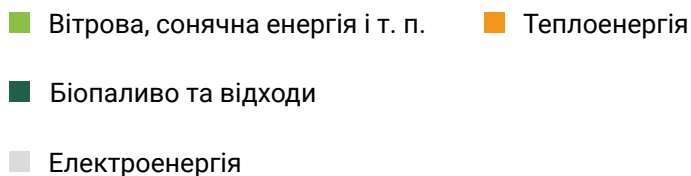
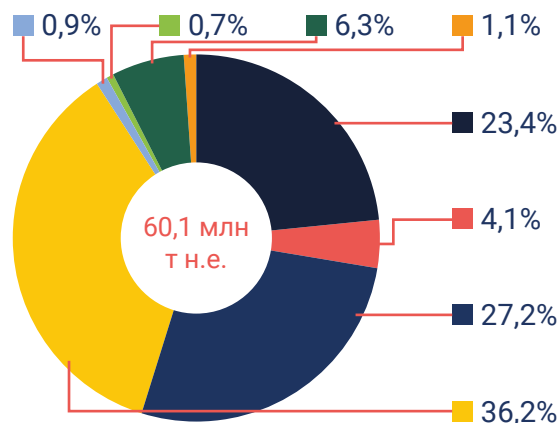
У 2019 р., частка всіх ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії (89,1 млн т н.е.), за даними Державної служби статистики України, складала 4,9% (Рис. 1.3). Варто зазначити, що загальне постачання первинної енергії включає імпорт та експорт енергоресурсів, а також міжнародне бункерування та зміну запасів. У загальному виробництві палива і енергії у 2019 році (60,1 млн т н.е.) частка ВДЕ складала 7,9%, представлених біопаливом (6,3%), гідроелектроенергією (0,9%), а також енергією сонця, вітру та інших джерел (0,7%) ((Рис. 1.4).

Рисунок 1.3



Структура постачання первинної енергії в Україні у 2019 р.

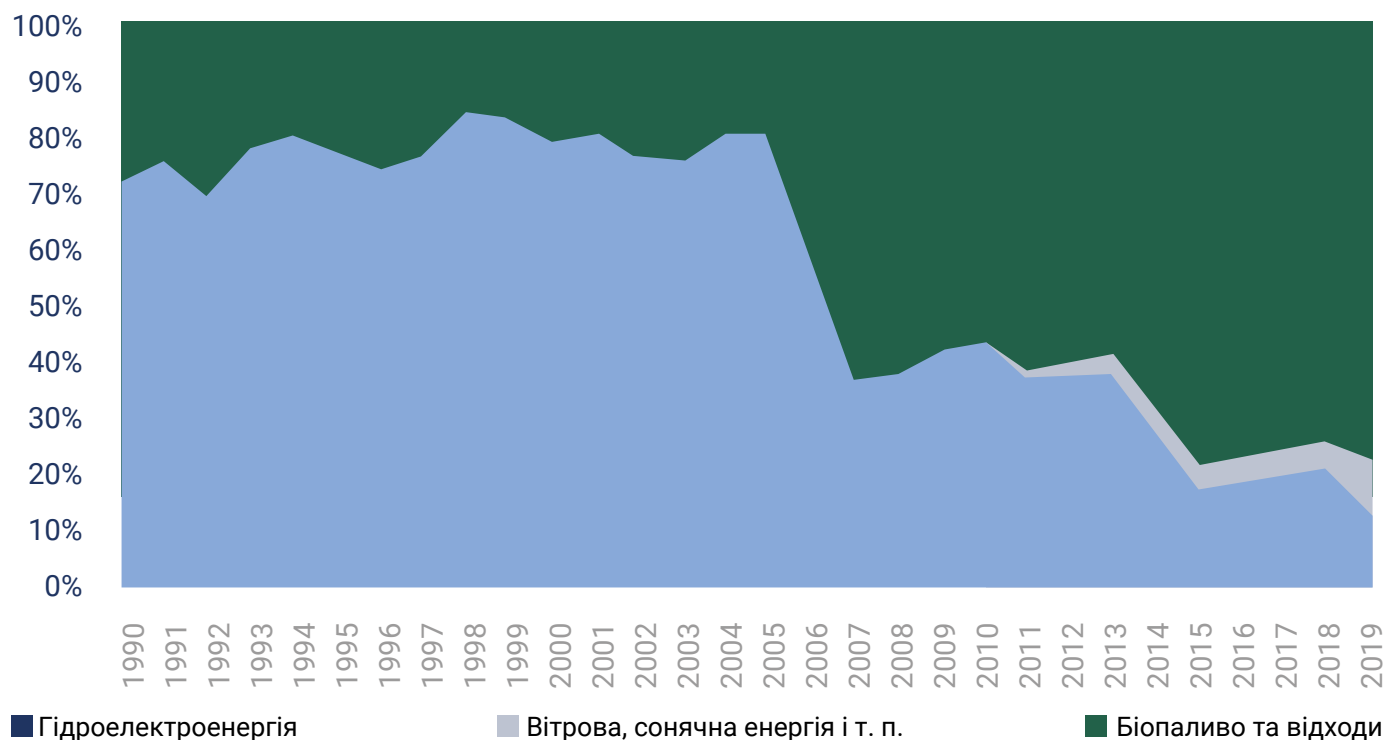
Рисунок 1.4



Структура виробництва палива та енергії в Україні у 2019 р.

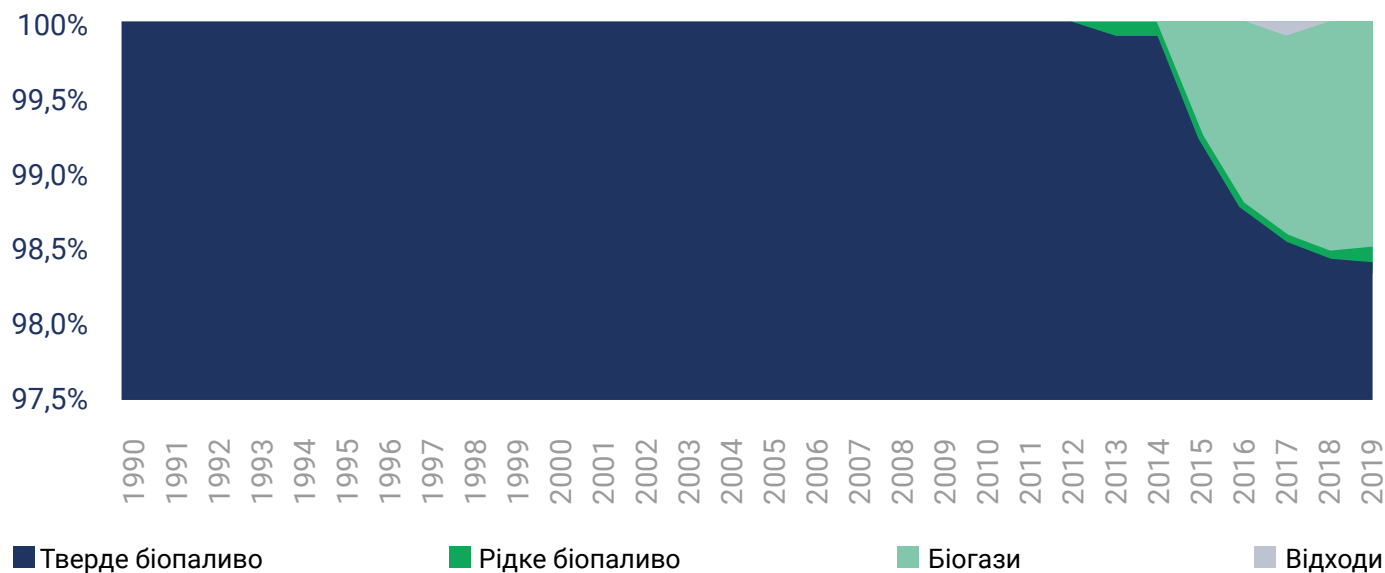
Серед всіх ВДЕ, найбільша частка належить твердому біопаливу, яке складає 79,3% у виробництві всіх відновлюваних джерел (Рис. 1.5 та Рис. 1.6) та використовується для виробництва переважно теплової енергії у котельних різної потужності, а також електроенергії на біоТЕС та біоТЕЦ.

Рисунок 1.5



Структура ВДЕ у ЗРПЕ в Україні у 1990-2019 рр.

Рисунок 1.6

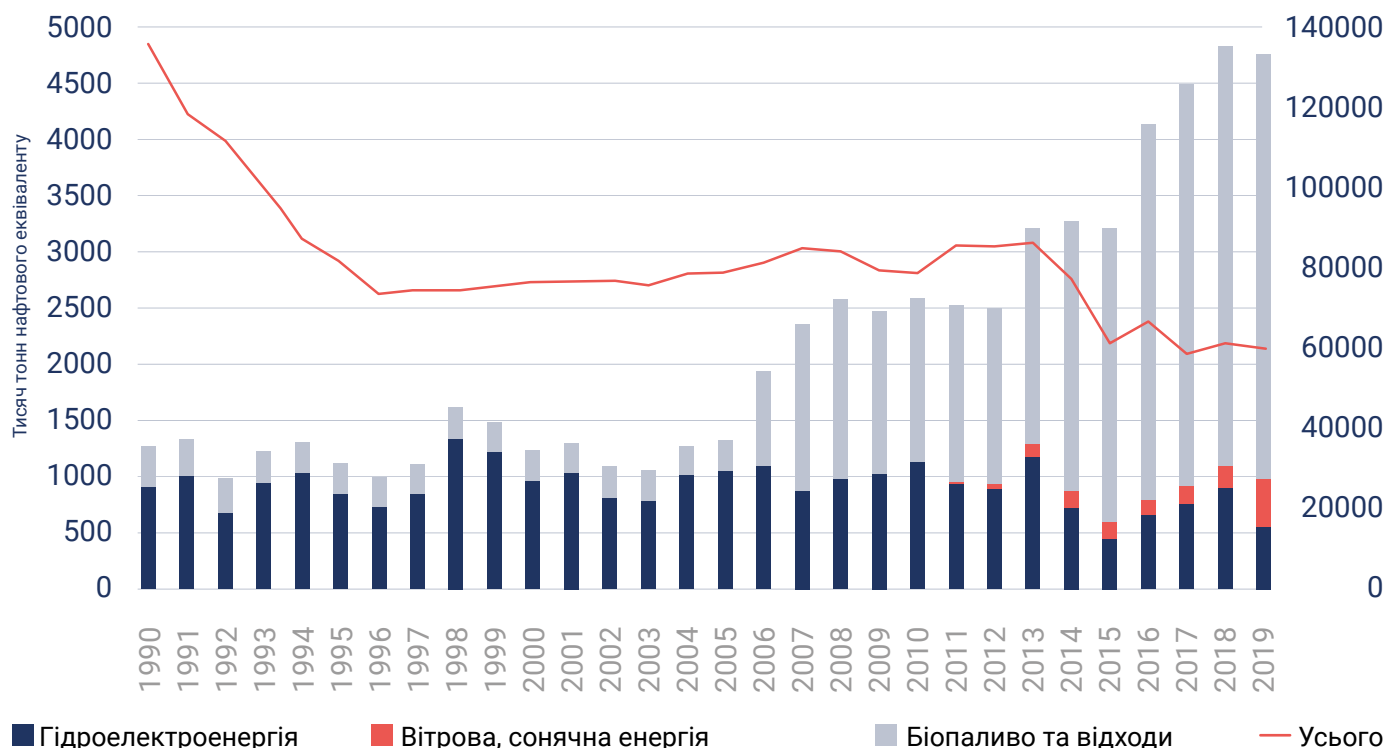


Структура біопалива та відходів у ЗРПЕ у 2010-2019 рр.

У структурі власного виробництва палива та енергії в Україні ВДЕ показують середньорічний темп зростання близько 6% за останні 10 років⁷ (Рис. 1.7).

⁷ — Відрізняється від ЗРПЕ тим, що не включає імпорт, експорт, міжнародне бункерування та зміну запасів.

Рисунок 1.7

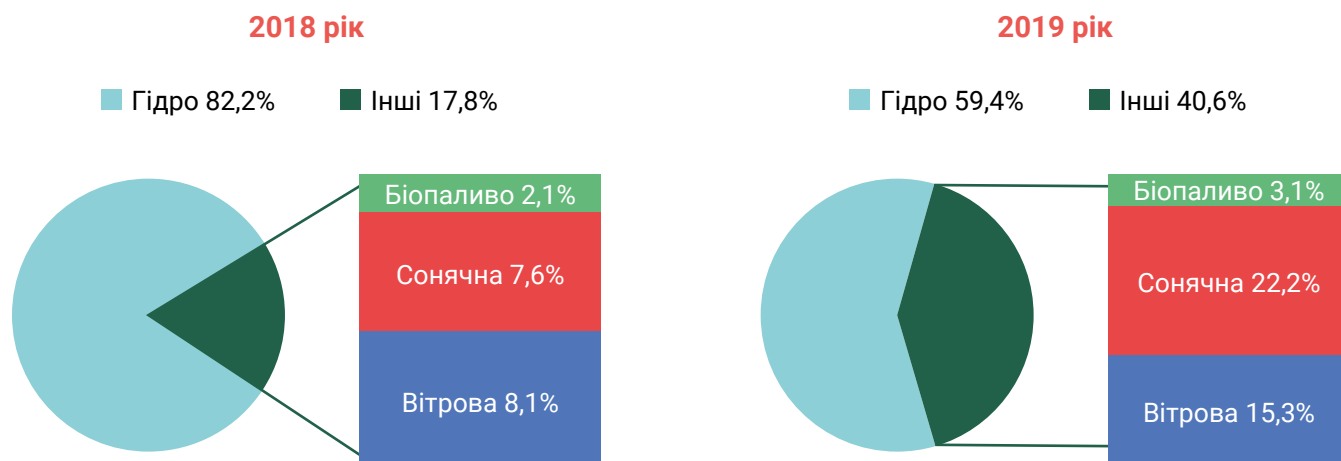


Частка ВДЕ (ліва вісь) у виробництві палива та енергії в Україні (права вісь) у ЗППЕ у 1990-2019 рр.

Виробництво електроенергії

Електричну енергію в Україні генерують АЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, ГАЕС, СЕС, ВЕС та електростанції на біопаливі та біогазі. У структурі виробництва електроенергії найбільша питома вага серед ВДЕ належить гідроенергії. Однак у 2019 р. частка гідроенергії зменшилася на 22,8%, одночасно збільшилися частки сонячної енергії на 14,6%, вітрової енергії на 7,2% та біопалива на 1,0% (Рис. 1.8).

Рисунок 1.8



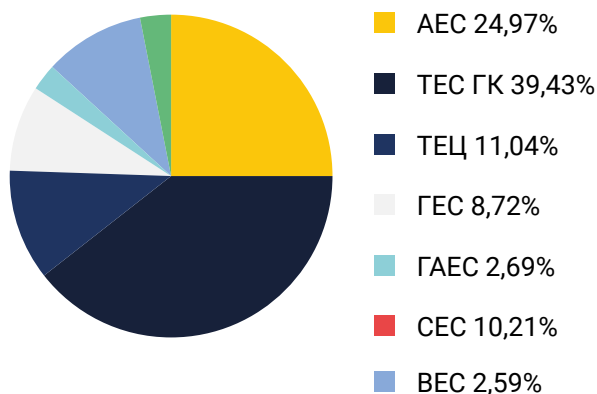
Структура виробництва електроенергії з ВДЕ у 2018 та 2019 рр.

Встановлена потужність енергосистеми України на червень 2021 року становила 55 396,80 МВт, серед яких частка всіх ГЕС та ГАЕС складала 11,4%, а частка СЕС, ВЕС та електростанцій на біопаливі та біогазі – 12,8%⁸ (Рис. 1.9).

⁸ — Дані НАК «Укренерго»
<https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/>

Рисунок 1.9

Встановлена потужність ОЕС України
55 396,80 МВт



Потужність обладнання ВДЕ
7 288,20 МВт



Встановлена потужність ОЕС України та обладнання на ВДЕ на червень 2021 р.

Варто зазначити, що виробництво електричної енергії з таких нестабільних джерел як сонце та вітер вимагає використання маневрених потужностей в ОЕС України. Надати такі маневрені потужності для балансування ОЕС серед відновлюваних джерел можуть гідроенергетика та біоенергетика⁹, а також технології накопичення енергії (акумулятори)¹⁰.

У 2015 - 2020 рр. потужність об'єктів відновлюваної електроенергетики (без урахування тимчасово окупованої території АР Крим), яким встановлено «зелений» тариф, збільшилась на 7549 МВт (з 967 МВт до 8 516 МВт), з них введено в експлуатацію:



У будівництво цих 7,5 ГВт потужностей об'єктів відновлюваної електроенергетики інвестовано близько 8,1 млрд євро.

Станом на 01.01.2021 року в Україні працює 31 361 (1 430 промислових та 24 139 СЕС домогосподарств) об'єктів відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф, загальною потужністю 8 516 МВт (Рис. 1.10), з них:

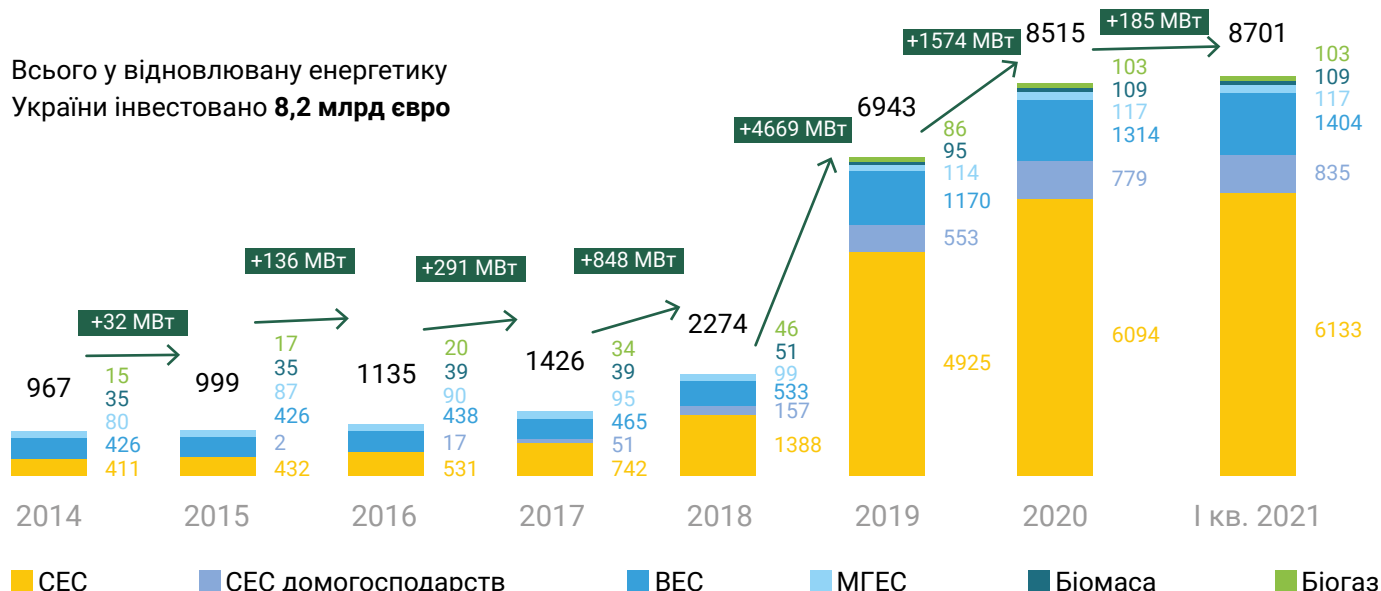


⁹ — https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/38/e3sconf_te-re-rd18_02005.pdf

¹⁰ — https://ua.boell.org/sites/default/files/perehid_ukraini_na_vidnovlyuvanu_energetiku_do_2050_roku.pdf

Рисунок 1.10

Всього у відновлювану енергетику України інвестовано **8,2 млрд євро**



Встановлена потужність об'єктів відновлюваної електроенергетики, МВт

Таблиця 1.4

Зведені дані НКРЕКП про об'єкти альтернативної енергетики, яким станом на 01.12.2020 встановлено "зелений" тариф¹²

Тип	Загальна кількість об'єктів, од.	Кількість об'єктів, що отримали надбавку до "зеленого" тарифу, од	Загальна встановлена потужність, МВт	у т.ч. у 2020 р, МВт	Загальне виробництво електроенергії у 2020 р, млн кВт·год
Біогаз	53	7	103,4	10,4	414,9
Біомаса	18	3	108,7	21,7	247,1
ВЕС	77	26	1314,1	144,2	2806,7
МГЕС	169	11	116,8	2,8	193,5
нСЕС	803	105	5958,4	1123,6	5787,7
фСЕС	310	4	135,2	45,3	97,4
РАЗОМ	1430	156	7737	1348	9547

Виробництво теплової енергії

Теплова енергія в Україні виробляється переважно на котельних (65% всіх встановлених потужностей), а також на АЕС, ТЕЦ, ТЕС та інших установках. Загалом в Україні налічується понад 30 тисяч котелень, а основним паливом для них є природний газ, вугілля та мазут. За оцінками Біоенергетичної асоціації України, на біопаливі сьогодні працюють уже близько 10% всіх котелень, а їхня частка щороку збільшується.

Згідно з даними Держенергоефективності, в Україні працюють більше 4 тис. котлів на деревині, більше 100 котлів на соломі й близько 70 котлів на лушпинні соняшника. Крім того, населення використовує кілька десятків тисяч пічок та побутових котлів на дровах та деревних гранулах¹³.

¹¹ — <https://saee.gov.ua/uk/news/3652>

¹² — <https://www.nerc.gov.ua/?id=50471>

¹³ — <https://map.ua-energy.org/uk/chains/11/cells/84>

За даними Держстату виробництво теплової енергії з біопалива у 2019 р. складало 7574,1 тис. Гкал (8,3% проти 7,8% (7636,7 тис. Гкал) у 2018 р. чи 6,9% (6437,4 тис. Гкал) у 2017 р.)¹⁴.

Кінцеве енергоспоживання

Національний план дій з відновлюваної енергетики (НПДВЕ), прийнятий у 2014 році встановив наступні основні цілі розвитку ВДЕ до 2020 року:

ВДЕ у ВКЕ – 11% (що еквівалентно 8,59 млн т н.е.)	ВДЕ у системах опалення – 12,4% (5,85 млн т н.е.)	ВДЕ в електроенергетиці – 11% (2,23 млн т н.е.)	ВДЕ у транспортному секторі – 10% (0,51 млн т н.е.)
--	--	--	--

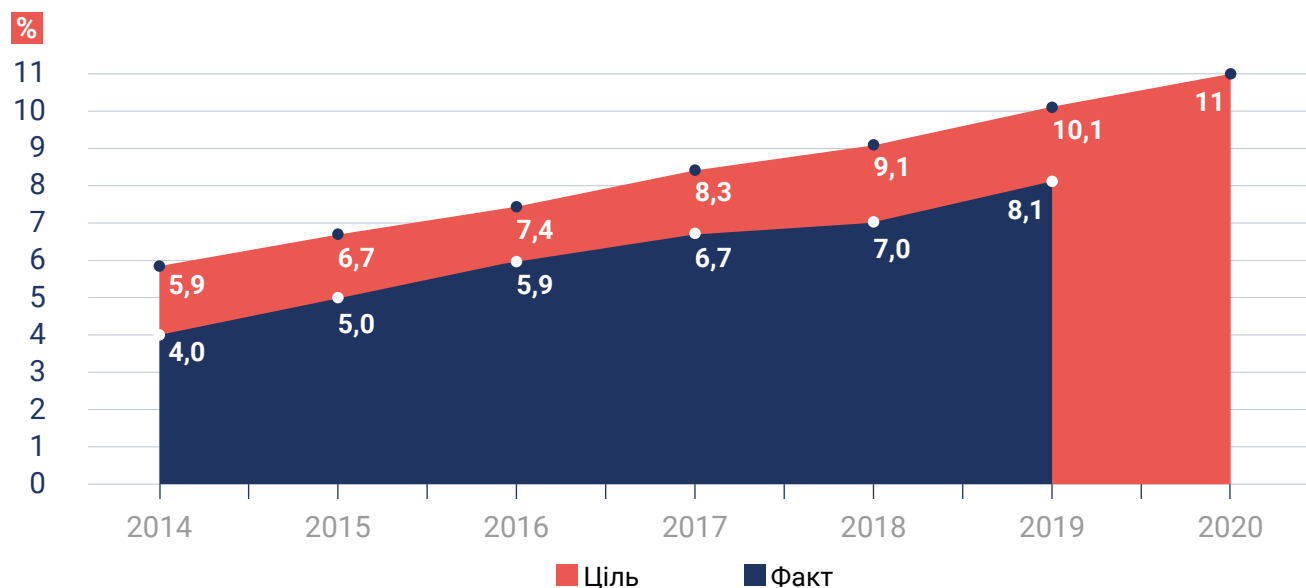
За даними Держенергоефективності, протягом 2014-2019 рр. загальна частка ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні збільшилась більше ніж у 2 рази¹⁵ та склала:

у 2014 р. – 3,9%	у 2015 р. – 4,9%	у 2016 р. – 5,8%	у 2017 р. – 6,7%	у 2018 р. – 7,0%	у 2019 р. – 8,1%
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Слід зазначити, що у 2019 році загальний обсяг споживання енергії з ВДЕ у порівнянні з 2018 роком збільшився на 9,1 % (на 0,36 млн т н.е.), одночасно суттєво зменшився загальний обсяг споживання - на 2,6 млн т н.е. Тому, загальна частка ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні з 2018 по 2019 рік збільшилась на 1,1 пункт – з 7,0 % до 8,1 % (Рис. 1.11).

Рисунок 1.11

Загальна частка ВДЕ в енергобалансі України



- частка розрахована відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЄС (з урахуванням: нормалізації ГЕС та ВЕС; енергії теплових насосів та мультиплікатора електроенергії спожитої транспортом)

Загальна частка ВДЕ в кінцевому енергоспоживанні у 2014-2019 рр.

Електроенергетика

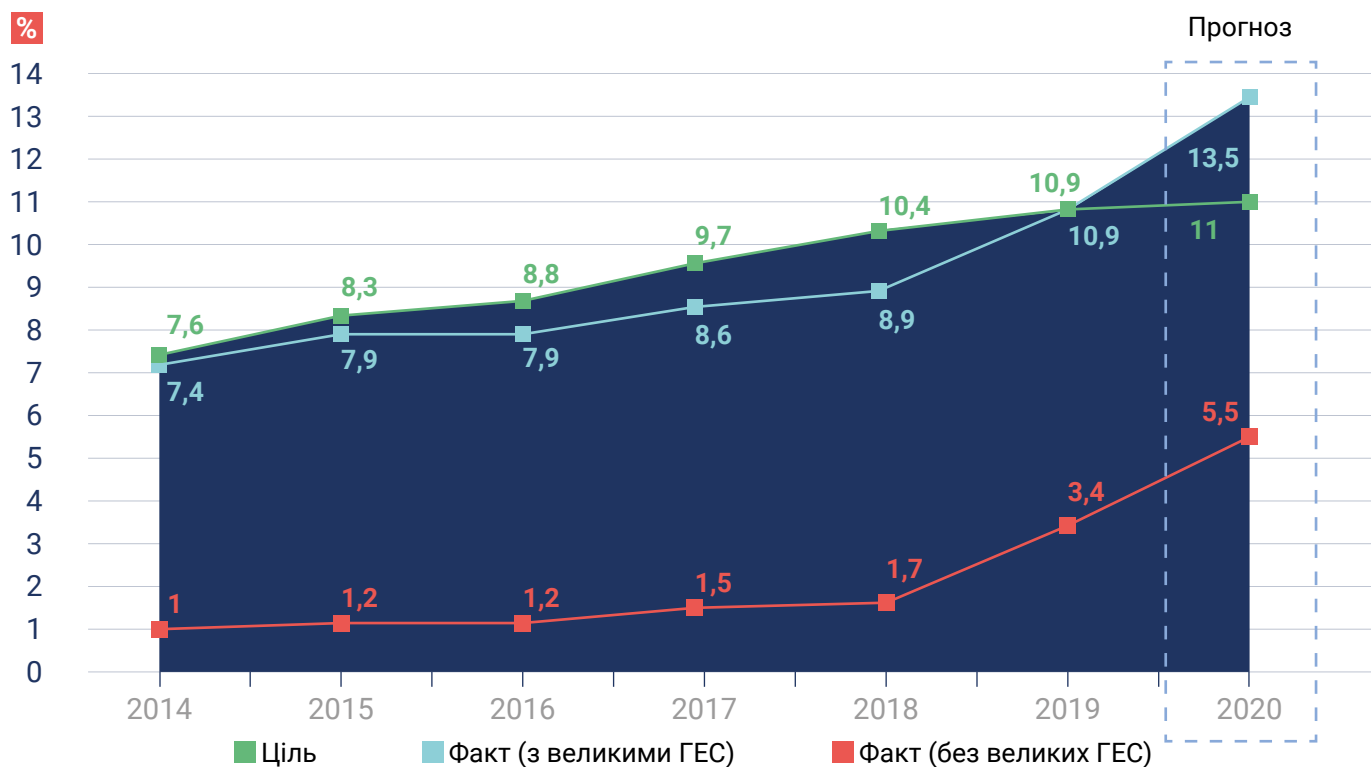
Обсяг споживання електроенергії з ВДЕ у 2019 році порівняно з 2018 роком збільшився на 17% (на 2,6 млрд кВт*год), при цьому зменшилось загальне споживання електроенергії (з ВДЕ та традиційних джерел) - на 3,5 млрд кВт*год. Зважаючи на це, частка енергії з ВДЕ у споживанні електроенергії з 2018 по 2019 рр. збільшилась на 2 пункти з 8,9 % до 10,9% (Рис. 1.12).

¹⁴ – Дані Держстату «Постачання та використання енергії у 2019 році»

<https://saee.gov.ua/uk/news/3652>

¹⁵ – <http://saee.gov.ua/uk/news/3406>

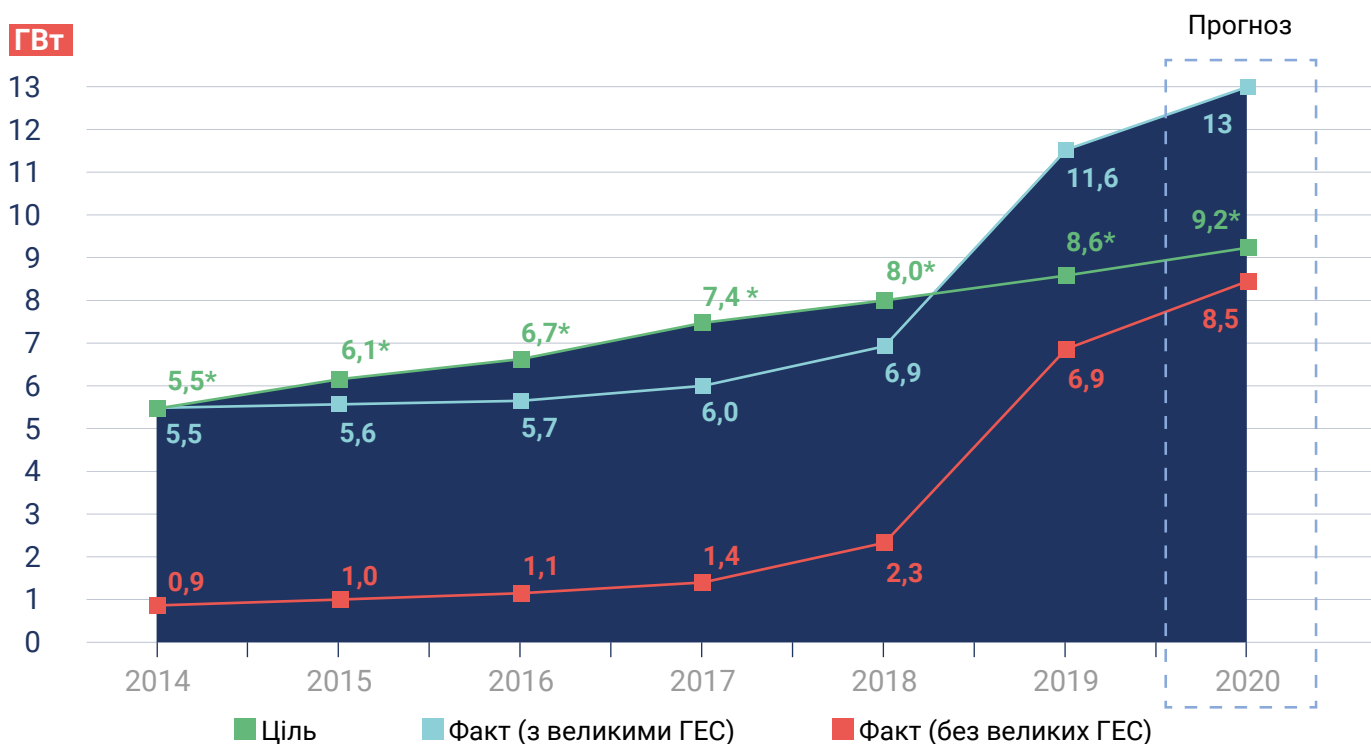
Рисунок 1.12



- частка розрахована відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЄС

Загальна частка ВДЕ в кінцевому споживанні електроенергії у 2014-2019 рр.

Рисунок 1.12а



* Скориговані потужності з урахуванням фактичного споживання електричної енергії (без урахування АР Крим та зони проведення АТО)

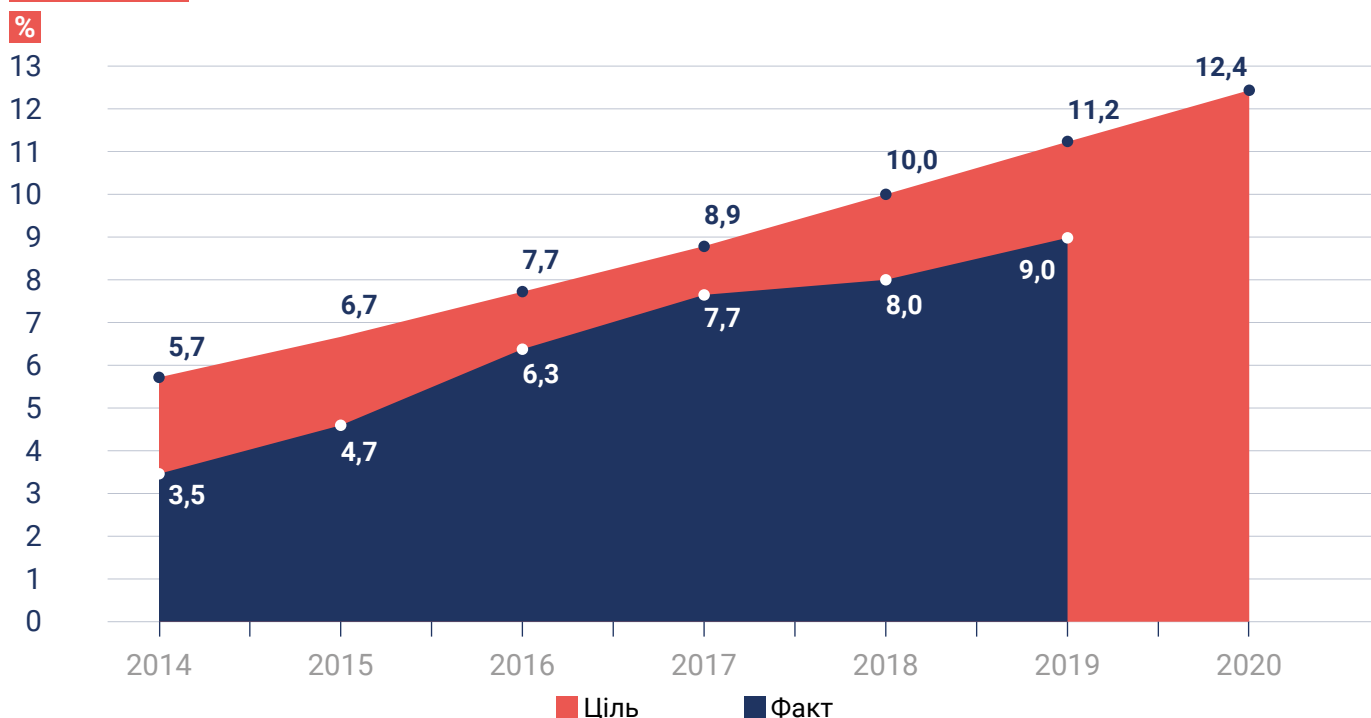
Встановлена потужність ВДЕ у 2014-2019 рр.

Слід відмітити, що прогноз подальшої динаміки зростання споживання електроенергії з ВДЕ доволі оптимістичний. Так, за оцінкою Держенергоефективності завдяки прогнозованому введенню у 2020 році + 1500 МВт об'єктів відновлюваної електроенергетики, частка енергії з ВДЕ у споживанні електроенергії у 2020 році складе близько 13%.

Опалення та охолодження

Обсяг споживання енергії з ВДЕ для опалення у 2019 році порівняно з 2018 роком збільшився на 4 % (на 1,2 млн Гкал), при цьому значно зменшився загальний обсяг споживання енергії для опалення (з ВДЕ та викопних видів палива) - на 8 % (на 27 млн Гкал). Тому, частка енергії з ВДЕ у системах опалення у 2019 році в порівнянні з 2018 роком збільшилась на 1 пункт з 8,0% до 9,0 % (Рис. 1.13).

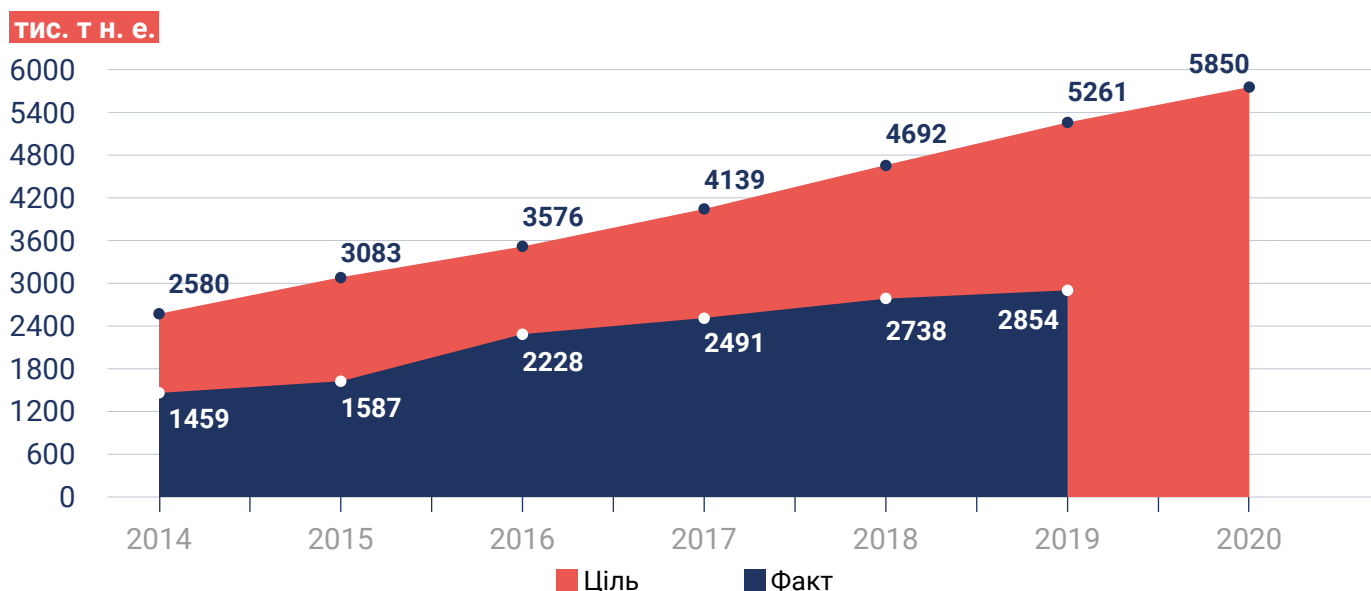
Рисунок 1.13



- частка, розрахована відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЄС (з урахуванням теплових насосів)

Загальна частка ВДЕ в кінцевому споживанні енергії на опалення у 2014-2019 рр.

Рисунок 1.13а



Обсяг ВДЕ в кінцевому споживанні енергії у системах опалення та охолодження у 2014-2019 рр.

Транспорт

Обсяг споживання енергії з ВДЕ у транспортному секторі в 2019 році порівняно з 2018 роком збільшився на 41% (на 58 тис. т н.е). Частка енергії з ВДЕ спожита транспортом з 2018 по 2019 рр. збільшилась на 0,9 пункти з 2,2% до 3,1 % (рис. 14).

Рік	Ціль (%)	Факт (%)
2014	4,1	2,0
2015	5,0	2,1
2016	6,5	2,1
2017	7,5	2,4
2018	8,2	2,2
2019	9,0	3,1
2020	10,0	-

Загальна частка ВДЕ в кінцевому споживанні енергії у транспортному секторі у 2014-2019 рр.

Тис. т н. е.

Рік	Факт	Ціль
2014	1459	2580
2015	1587	3083
2016	2228	3576
2017	2491	4139
2018	2738	4692
2019	2854	5261
2020	-	5850

Ціль Факт

Обсяг ВДЕ в кінцевому споживанні енергії у транспортному секторі у 2014-2019 рр.

Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні обумовлені розрахунками щодо потенціалу ВДЕ, які періодично виконуються та оновлюються різними групами експертів. За даними Держенергоефективності Україна має значний технічно-досяжний потенціал для виробництва енергії з ВДЕ, який становить понад 68,9 млн. т н.е. на рік.¹⁶

15

Таблиця 1.5
Потенціал ВДЕ в Україні

№ з/п	Тип ВДЕ	Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал, млн т н.е.
1.	Вітроенергетика	19,6
2.	Сонячна енергетика, в тому числі	4,2
2.1	- електрична	1,4
2.2	- тепла	2,8
3.	Мала гідроенергетика	2,1
4.	Біоенергетика, в тому числі:	21,7
4.1	- електрична	7,2
4.2	- тепла	14,5
5.	Геотермальна тепла енергетика	8,4
6.	Енергія довкілля (теплові насоси)	12,6
Загальний обсяг заміщення традиційних ПЕР		68,9

Найбільший потенціал серед всіх відновлюваних джерел належить біоенергетиці. Це обумовлюється тим, що ресурси біомаси досить універсальні і їх можна використовувати для виробництва теплової енергії, електроенергії, а також біопалив для транспорту.

На Паризькій конференції з клімату близько 200 країн світу включаючи Україну взяли на себе зобов'язання не допустити підвищення глобальної температури на більше ніж +2 °С та докласти значних зусиль, щоб не перевищити зростання глобальної температури на понад +1,5 °С.

Основними стратегічними документами¹⁷, що містять затверджені цілі розвитку енергетичного сектору та розвитку ВДЕ після 2020 року є Енергетична стратегія України до 2035 року³, Концепція тепlopостачання України до 2035 року⁴, а також Національна економічна стратегія на період до 2030 року⁵ та допоміжні документи.

Енергетична стратегія до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачає значне зростання частки відновлюваних джерел енергії у загальному постачанні первинної енергії. Зокрема, передбачається зростання частки «біомаси, біопалива та відходів» у більше ніж 5 разів, а частки сонячної та вітрової енергії у 100 разів у 2035 році порівняно із 2015 роком. Сумарно, внесок всіх відновлюваних джерел (включаючи велику гідро та термальну енергію) прогнозується на рівні внеску атомної енергії (24 млн т н.е.) у 2035 році.

Таблиця 1.6

Структура загального постачання первинної енергії згідно Енергетичної стратегії України до 2035 року¹⁸

Джерела енергії	2015 (факт)	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)	2030 (прогноз)	2035 (прогноз)
Вугілля	27,3	18	14	13	12
Природний газ	26,1	24,3	27	28	29
Нафтопродукти	10,5	9,5	8	7,5	7
Атомна енергія	23	24	28	27	24
Біомаса, біопаливо та відходи	2,1	4	6	8	11
Сонячна та вітрова енергія	0,1	1	2	5	10
ГЕС	0,5	1	1	1	1
Термальна енергія	0,5	0,5	1	1,5	2
ВСЬОГО, млн т н.е.	90,1	82,3	87	91	96

¹⁷ — Станом на березень 2021 року

¹⁸ — http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245234085&cat_id=35109

Концепція теплопостачання України до 2035 року⁴ передбачає зменшення залежності у секторі від поставок традиційних (викопних) енергоресурсів з монопольних джерел, а також зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище та визначає ціль для ВДЕ у теплопостачанні на рівні 40% (у ЗППЕ).

Національна економічна стратегія на період до 2030 року⁵

2 березня 2021 року Постановою Кабінету Міністрів України затверджено Національну економічну стратегію на період до 2030 року. Стратегія передбачає декарбонізацію економіки, що включатиме підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізацію із ініціативою “Європейський зелений курс”. Зокрема, за стратегічною ціллю 4 “Підвищення енергоефективності економіки та забезпечення екологічності енергетичного сектору” передбачається зменшення вуглецевого сліду паливно-енергетичного комплексу; залучення 10 млрд доларів США інвестицій у відновлювану енергетику; скорочення **частки вугільної генерації; формування частки генерації з відновлюваних джерел енергії в загальному виробництві електроенергії на рівні 25%**; збільшення утилізації відходів паливно-енергетичного комплексу.

Концепція «Зеленого» енергетичного переходу до 2050 року

На початку 2020 року Міністерством енергетики України була представлена концепція «Зеленого» енергетичного переходу до 2050 року. Концепція передбачала до 2050 року закриття всіх вугільних ТЕС, а також виведення з експлуатації АЕС, які відпрацювали свій ресурс. Водночас, за рахунок енергоефективності було заплановано зниження енергоспоживання на 50% та передбачалось збільшення частки відновлюваних джерел у виробництві електричної енергії до 70% до 2050 року і досягнення кліматичної нейтральності до 2070 року. Концепція задавала тренд на децентралізацію виробництва енергії, зокрема, передбачала залучення біомаси для виробництва теплової енергії, в тому числі в системах централізованого теплопостачання. Також, серед кроків «Зеленого» енергетичного переходу були заплановані масова електрифікація транспорту, використання рідких біопалив та використання відновлюваних газів, таких як біометан і біоводень.

Європейський Зелений Курс (European Green Deal) - стратегія Європейського Союзу, прийнята 15 січня 2020 року та покликана зробити ЄС першим кліматично-нейтральним блоком країн до 2050 року.

В Україні перехід до кліматичної нейтральності підтримують спілки, що об'єднують організації і компанії, які працюють у секторі відновлюваної енергетики (об'єднання Global 100RE Ukraine¹⁹), а також громадські організації екологічного спрямування (коаліція «Енергетичний перехід»²⁰).

18 листопада 2020 року представники провідних громадських організацій, що працюють у сфері екології, енергоефективності і відновлюваних джерел енергії підписали Спільну Заяву до українського Уряду про необхідність негайно розпочати розробку Національного «зеленого» курсу та нової «Зеленої» енергетичної стратегії України до 2050-2070 років, синхронізуючи тим самим Україну з Green Deal Європейського Союзу.

Концепція Global 100 RE Ukraine щодо переходу України до кліматичної нейтральності

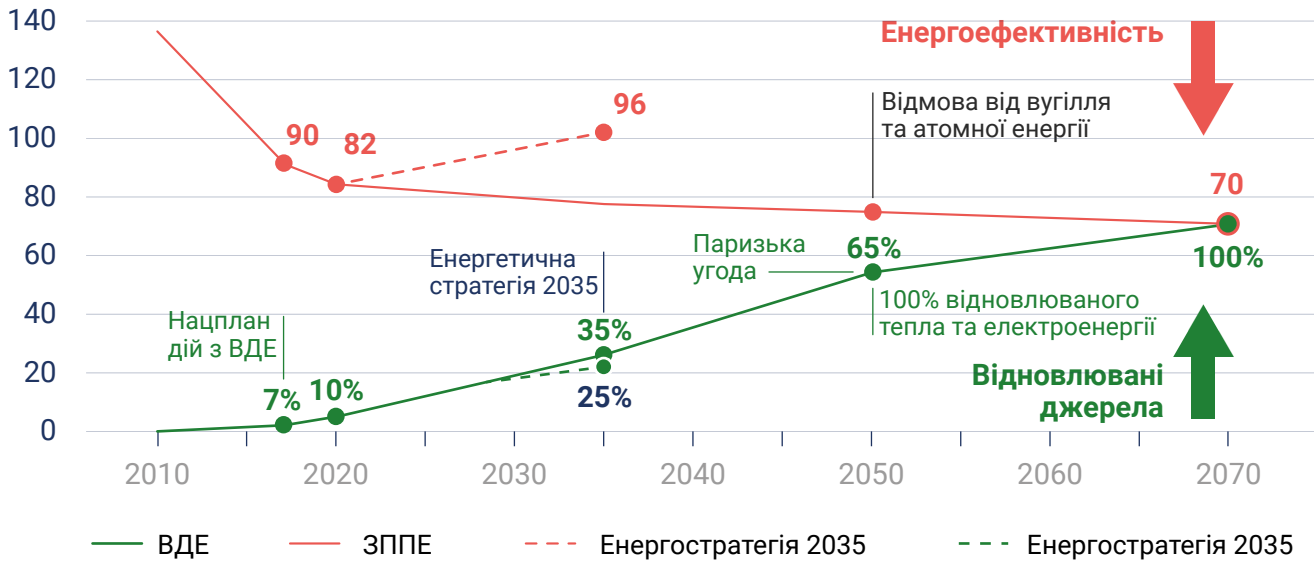
Громадська спілка Global 100RE Ukraine (Глобал 100РЕ Україна), яка об'єднує асоціації відновлюваної енергетики України, розробила свою концепцію переходу України до кліматичної нейтральності до 2070 року. Концепція включає скорочення загального постачання енергії за рахунок енергоефективності та одночасне збільшення частки відновлюваних джерел в енергобалансі країни. Погляди спілки на розвиток енергетичного сектору після 2035 року включають відмову від вугілля та атомної енергії до 2050 року та перехід на виробництво 100% відновлюваного тепла та електроенергії, що становитиме 65% ВДЕ у ЗППЕ. Після 2050 року перехід транспортного сектору на використання 100% відновлюваних джерел дозволить Україні досягти кліматичної нейтральності до 2070 року.

¹⁹ — <https://100re.org.ua/>

²⁰ — <https://energytransition.in.ua/>

Рисунок 1.15

ЗППЕ, млн т н. е.



Концепція Global 100 RE Ukraine щодо переходу України до кліматичної нейтральності



Дорожня карта кліматичних цілей України до 2030 року (ГО «Екодія»)²¹

«Дорожня карта кліматичних цілей 2030» була підготовлена за підтримки центру екологічних ініціатив "Екодія" та презентована у лютому 2020 року. "Дорожня карта" включає кількісні цілі для п'яти секторів: енергетики, будівель, транспорту, відходів і загального сектору сільського, лісового господарства та землекористування. Зокрема, у секторі Енергетики "Дорожня карта" ставить 5 цілей, виконання яких, на думку авторів, дозволить почати реальну декарбонізацію економіки країни:

1

Зростання частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі України **до 30%** в кінцевому енергоспоживанні **до 2030 року**

2

Скорочення частки вугільної генерації у загальному обсязі виробництва електроенергії **до 5% на 2030 рік** (базове значення - 31%)

3

Скорочення видобутку вугілля та закриття вугільних шахт за виключенням тих, які забезпечують паливом залишкові / резервні потужності ТЕС на перехідний період **до 2030 року**

4

Зниження частки виробництва електроенергії на атомних електростанціях **до 5% на 2030 рік** (базове значення 13,8%)

5

Скорочення енергоемності та вуглецеємності економіки **до 2030 року** до 0,16 т н.е./\$1000 2010 ВВП (ПКС) та 0,4 т CO₂-екв./\$1000 2010 ВВП (ПКС) відповідно

²¹ — <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/dk-clim-ciley-full3.pdf>

Оптиміальний шлях розвитку енергетичної системи України (Wärtsilä Corporation)

Компанія Wärtsilä провела дослідження довготривалих перспектив розвитку Об'єднаної енергетичної системи України як ініціативу в рамках проголошеної місії компанії сприяти глобальному переходу до сталих безвуглецевих енергосистем. Моделювання було виконано за допомогою програмного комплексу PLEXOS®, який широко застосовується фахівцями з планування для задач оптимізації як стратегічних, так і оперативних планів у електроенергетиці. Компанія Wärtsilä спільно з урядами та операторами систем передачі виконала моделювання більш як 80 енергосистем у світі.

В дослідженні були розглянуті два сценарії:

Оптимізована

за вартістю енергосистема з найнижчими загальними витратами на систему та без цілей щодо ВДЕ

Безвуглецева 100%

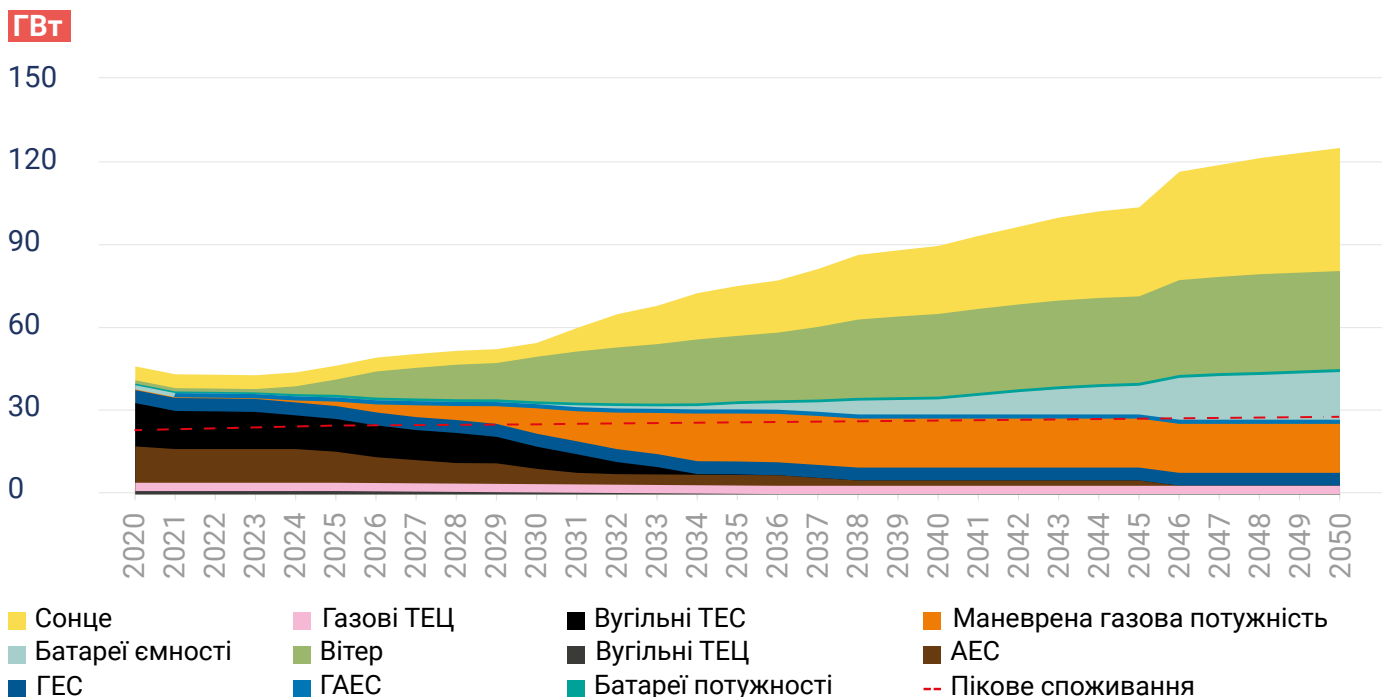
система, де викиди CO₂ на рівні системи падають до нуля до 2050 року

Враховуючи суспільний інтерес, особливо важливим у цьому дослідженні було забезпечити реалістичний аналіз перспектив атомної та вугільної енергетики.

Результати моделювання енергосистеми України показали, що протягом 30-річного періоду планування оптимізація енергосистеми означає поступову заміну традиційної генерації (на викопному паливі та атомній) відновлюваними джерелами енергії. Відновлювані джерела відіграватимуть провідну роль у формуванні майбутньої енергосистеми в Україні як у сценарії з оптимізованою собівартістю так і в сценарії 100% ВДЕ. В обох випадках ВДЕ вироблятимуть більш доступну енергію водночас зменшуючи вуглецевий слід енергосистеми.

У сценарії з оптимізованою (найменшою) собівартістю 83% енергії виробляється за рахунок ВДЕ, переважно сонячної та вітрової енергії, у поєднанні з системами накопичення та високоманевреними газопоршневими станціями для балансування. Якщо буде потреба досягти 100% безвуглецевої системи, знадобляться додаткові інвестиції, і це залежатиме від технології P2G. Загальна вартість системи за сценарієм 100% ВДЕ на 3% вища. Жоден сценарій не передбачає, що для оптимізації необхідні інвестиції в традиційні негнучкі технології виробництва енергії, такі як вугільні або атомні електростанції.

Рисунок 1.16

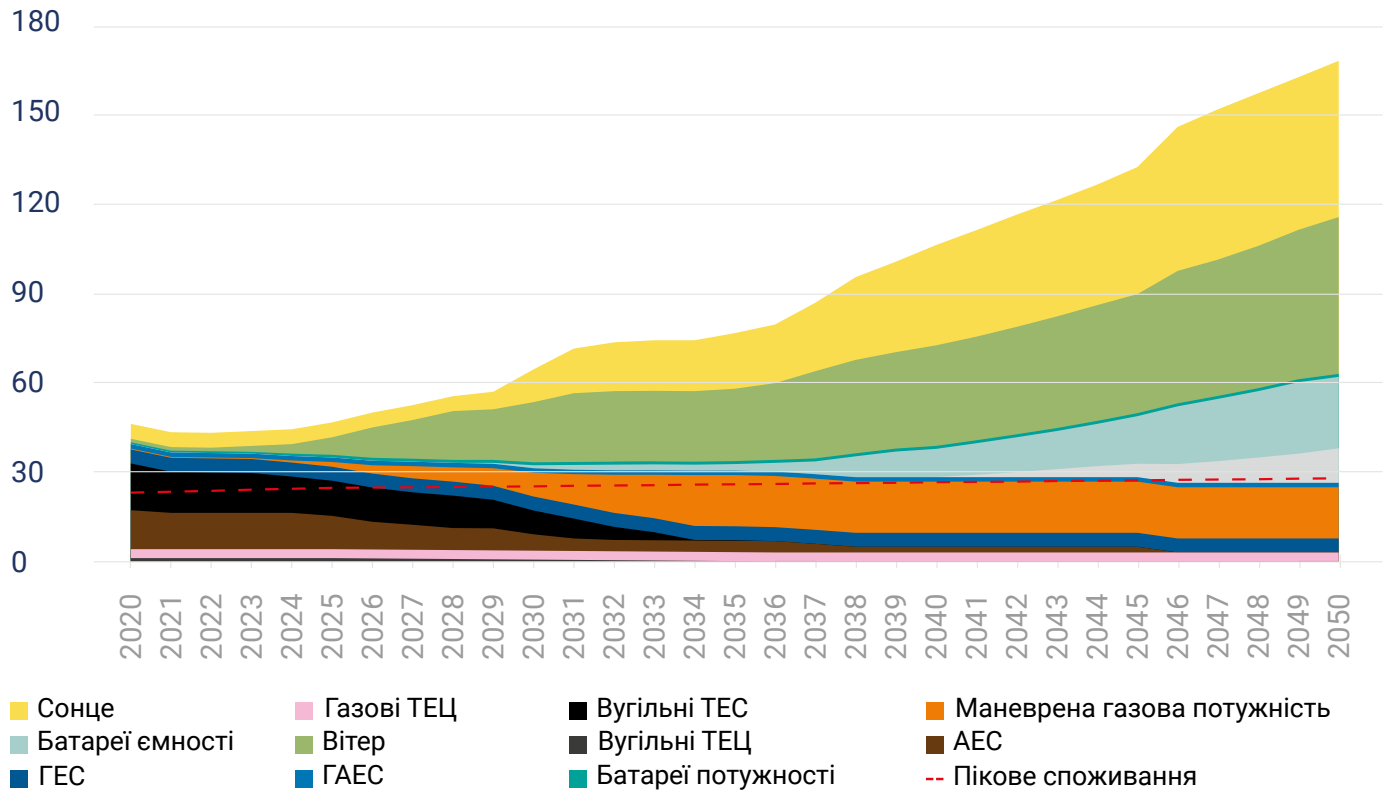


Сценарій 1: Оптимізована за собівартістю система, встановлені потужності, ГВт

Сценарій Wärtsilä Corporation щодо оптимального розвитку енергосистеми України

Рисунок 1.16а

ГВт



Сценарій 2: 100% безвуглецева система, встановлені потужності, ГВт

Сценарій Wärtsilä Corporation щодо оптимального розвитку енергосистеми України

Угода мерів щодо клімату та енергії в Україні

Угода мерів - це найбільший у світі рух за збереження клімату та енергії на місцевому рівні. Європейська ініціатива Угода мерів об'єднує тисячі місцевих органів влади, які добровільно взяли на себе зобов'язання по досягненню кліматичних і енергетичних цілей ЄС. Підписанти зобов'язуються вжити заходів для досягнення мети скорочення викидів парникових газів в ЄС мінімум на 40% до 2030 року і виробити спільний підхід до вирішення проблеми пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них.

Угода мерів - Схід (CoM East) - це проект, який фінансується Європейським Союзом, націлений на об'єднання місцевих, регіональних та національних органів влади країн Східного партнерства в їх прагненні розвивати регіональну політику на основі принципів сталої енергії, посилення енергетичної безпеки та підтримку глобального руху в боротьбі зі змінами клімату.

Підписанти, що приєдналися до Угоди мерів до жовтня 2016 року, взяли на себе зобов'язання: Скоротити викиди CO₂ як мінімум на 20% до 2020 року.

Підписанти нової Угоди мерів по клімату та енергії з країн Східного партнерства зобов'язуються: Знизити кількість викидів CO₂ (і, можливо, інших парникових газів) щонайменше на 30% до 2030 року за рахунок підвищення енергоефективності та ширшого використання відновлюваних джерел енергії. Підвищити стійкість своїх територій шляхом адаптації до наслідків зміни клімату.

Кількість діючих підписантів Угоди мерів в Україні налічує 257 населених пунктів та ОТГ, в яких проживає більше 20 мільйонів населення.

Міста-підписанти Угоди мерів – Житомир, Кам'янець-Подільський, Львів, Полтава, Чортків та Тростянець – офіційно заявили про плани досягти 100% відновлюваної енергетики до 2050 року.

Таблиця 1.7

Цілі окремих міст-підписантів Угоди мерів щодо ВДЕ, енергоефективності та скорочення викидів CO₂

Місто	Цілі		
	ВДЕ	Енергоефективність	Скорочення CO ₂
Житомир	н/д	н/д	-21.4% у 2020 до 2010
Кам'янець-Подільський	20% до 2020 (ВКЕ)	-20% у 2020 до 2012	-20% у 2020 до 2012
Львів	11% до 2020 (ВКЕ)	-20% у 2020 до 2007-2009	-21% у 2020 до 2009
Полтава	н/д	н/д	-22.4% у 2020 до 2010
Чортків	3% до 2030 (ВКЕ)	-28% у 2030 до 2013	-32% у 2030 до 2013
Тростянець	28% до 2030 (ВКЕ)	-42% у 2030 до 2013	-58% у 2030 до 2013
Київ	27% до 2020	-21% у 2020 до 2013	-34% у 2020 до 2013

Міфи про відновлювану енергетику

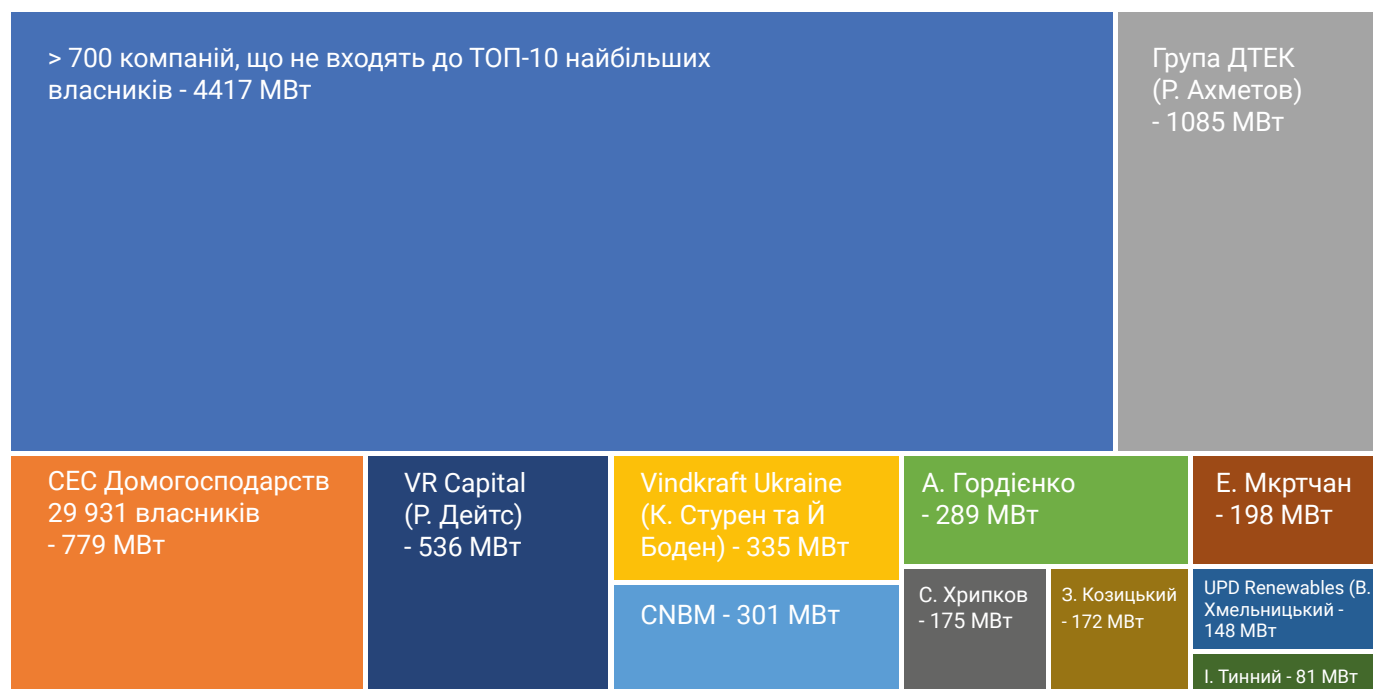
Міф № 1:



Відновлювана енергетика — монополія декількох олігархів

Фактично, сектор відновлюваних джерел енергії є одним із найбільш диверсифікованих за власністю і не контролюється олігархами. Станом на грудень 2020 року, основна частка (більше 50%) встановлених потужностей електрогенерації в Україні (4417 МВт) належить більше 700 незалежним компаніям різного спрямування, що не входять у активи ТОП-10 найбільших власників. На другому місці по встановлених потужностях (близько 17%) знаходиться група компаній ДТЕК. Варто зазначити, що за останні роки збільшується частка дахових сонячних електростанцій населення, загальна встановлена потужність яких досягла 779 МВт у 29 931 домогосподарстві.

Рисунок 1.17



Власники встановлених потужностей електрогенерації^{25 26}

²⁵ — Дані по кожному власнику округлені до цілого МВт

²⁶ — Експертна оцінка авторів на основі джерел: Liga.net https://project.liga.net/projects/greentariff_kings/, НКРЕКП http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpryemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2020/stat_zelenyi-taryf.12-2020.xlsx

Міф № 2:

Відновлювана енергетика — дорога

За даними провідних аналітичних агентств (Lazard, IRENA, IEA, Eurostat) вартість електроенергії з нових електростанцій на відновлюваних джерелах є нижчою або співставною порівняно з новими електростанціями на традиційних паливах (вугілля, газ, атомна) та продовжує знижуватись щороку.

Таблиця 1.8

Вартість нової генерації

Відновлювані джерела			Традиційні джерела енергії		
ВЕС	29-56	USD/МВт*год	Вугільні ТЕС	60-145	USD/МВт*год
СЕС	36-250	USD/МВт*год	АЕС	112-189	USD/МВт*год
БіоЕС	76-155	USD/МВт*год	Газові ТЕС	41-206	USD/МВт*год

Таблиця 1.9

Глобальні інвестиції у 2019 році у світі

у ВДЕ	у вичопні палива
250 млрд євро	45 млрд євро

Міф № 3:

Відновлювана енергетика приведе до значного зростання цін на електроенергію в Україні

Фактично, вартість виробленої електричної енергії вугільними та атомними електростанціями в Україні не включає таку складову, як амортизація, тому що ці електростанції були побудовані досить давно, ще за радянських часів і вже давно амортизовані. Наприклад, середній вік вугільних ТЕС в Україні складає 50-60 років і продовження ресурсу їх експлуатації потребує щорічних витрат на ремонти. Але відносно дешева електроенергія з ТЕС - результат субсидування вугільного сектору, яке у 2020 році склало 3,7 млрд гривень. За даними Енергетичного Співтовариства крос-субсидіювання в електроенергетиці за 2018-2019 роки склало 751 млн євро. Усі ці застарілі потужності потребують оновлення, а будівництво будь-якої нової генерації призведе до зростання існуючих цін на електроенергію в Україні. Отже, підвищення цін на електроенергію пов'язане не з впливом відновлюваних джерел, а з багаторічною системною кризою в енергетичному секторі.

Міф № 4:

В Україні найвищі в світі «зелені» тарифи

Лише для сонячної електроенергії і лише протягом декількох років в Україні «зелені» тарифи були вищими, ніж в ЄС. Фактично, зараз «зелені» тарифи для вітру в Україні співставні з європейськими, а для біомаси і біогазу навіть нижчі відносно рівня ЄС. Враховуючи суттєву різницю у середній кредитній ставці в Україні та країнах ЄС, середня рентабельність електростанцій на ВДЕ в Україні складає 20%, а термін окупності 5-6 років.

Таблиця 1.10

«Зелені» тарифи для електроенергії з вітру в Україні та інших країнах Європи

Країна	«Зелений» тариф для е/е з вітру, Євро/кВт*год	Частка ВДЕ	Середня кредитна ставка
Греція	0,110	15,5% у 2017	4,68%
Сербія	0,092	28,71% у 2017	1,97%
Україна	2019: 0,1018 / 2020: 0,0905	9% у 2019	17%
Австрія	2018: 0,082 / 2019: 0,0812	31,7% у 2017	1,75%

Міф № 5:

Зелена генерація не вирішує жодної проблеми енергетики і економіки України

Фактично, інвестиції у відновлювані джерела енергії у 2019 році досягли 2,7 млрд євро, а за останні 5 років - 12 млрд євро. Завдяки сектору ВДЕ Україна може зменшити, а в перспективі зупинити імпорту енергоносіїв, на який зокрема, у 2019 році було витрачено 17 млрд доларів/рік за категоріями нафта та нафтопродукти, вугілля і природний газ. "Зелена" енергетика - це інноваційний кластер української економіки, який запускає нові машинобудівельні заводи та створює нові робочі місця. Кількість нових робочих місць, що будуть створені у секторі ВДЕ перевищує ту, що потрібно скоротити в традиційній енергетиці. Нова генерація на відновлюваних джерелах заміщує традиційну, що вже відпрацювала свій ресурс і у будь-якому разі потребує заміщення.

Механізми стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в Україні

Механізми підтримки для відновлюваних джерел енергії включають в себе «зелений» тариф в секторі виробництва електроенергії, «стимулюючий» тариф в секторі виробництва теплової енергії, аукціони з розподілу квоти підтримки, механізми спільного фінансування, митні пільги тощо.

Таблиця 1.11

Існуючі механізми стимулювання виробництва енергії з відновлюваних джерел

Сектор	Спосіб	Технології	Рік	Період	Основні показники
Електрична енергія	«Зелений» тариф	Наземні СЕС, дахові/фасадні СЕС, ВЕС, біомаса, біогаз, ГЕС, геотермальна енергія	2009	До 1 січня 2030 року. Біомаса, біогаз - до 1 січня 2023 року	див. Таблицю 1.12
Електрична енергія	Аукціони з розподілу квоти підтримки	Біомаса та біогаз – добровільно	2019 (станом на 01.04.2021 ще не почалися)	20 років з дати надання документів, що підтверджують готовність до експлуатації та підключення до мережі	Очікується – на 10% нижче «зеленого» тарифу

Сектор	Спосіб	Технології	Рік	Період	Основні показники
Електрична енергія	Надбавка до «зеленого» тарифу	Промислові електростанції		Введені в експлуатацію до 2024 року	Розмір надбавки до "зеленого" тарифу: +5% (за використання обладнання українського виробництва); +10% (за використання 50%-70% обладнання українського виробництва); +20 (за використання 70% та більше обладнання українського виробництва).
Теплова енергія	Стимулюючий тариф. Спрощена процедура встановлення	АДЕ та вторинні енергетичні ресурси	2017	Необмежено	90% тарифу на теплову енергію, вироблену з природного газу для населення та бюджетних організацій.
Теплова енергія	Урядова програма «Теплі кредити» ²⁷	Теплові насоси, сонячні колектори, електроакумуючі системи, зарядні станції для електромобілів, котли на біопаливі	2015	Рішення про продовження Програми та її мови приймається щорічно	У 2021 : 20% суми кредиту (але не більше 12 тис. грн) на придбання негазових/неелектричних котлів для фізичних осіб; 35% суми кредиту (але не більше 14 тис. грн) на придбання енергоефективного обладнання/матеріалів для фізичних осіб - власників приватних будинків.
Транспорт	Звільнення від сплати ПДВ	Транспортні засоби, оснащені виключно електричними двигунами	2017	До 31 грудня 2022 року	інші транспортні засоби, оснащені виключно електричними двигунами (одним чи декількома) коди: 8703 80 10 10 (нові), 8703 80 90 10 (що використовувалися) відповідно до УКТ ЗЕД

²⁷ — <https://saee.gov.ua/uk/consumers/tepli-kredyty>

"Зелений" тариф

"Зелений" тариф - це спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії (а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями). Відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії»²⁸ № 555-IV від 20 лютого 2003 року "зелений" тариф встановлюється з прив'язкою до курсу євро, а його розмір визначається на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року (0,5846 грн./кВт*год або 0,05385 євро/ кВт*год на той час), помноженого на коефіцієнт «зеленого» тарифу для електричної енергії, виробленої з окремого джерела відновлюваної енергії (сонце, вітер, біомаса, біогаз, гідро, геотермальна). Національна комісія, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), щоквартально перераховує розмір «зеленого» тарифу у національну валюту на основі курсу гривні до євро, офіційно встановленого Національним банком України. «Зелений» тариф надається відповідно до Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств, генеруючі установки яких виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії²⁹.

З серпня 2020 року Верховна Рада України ухвалила закон про зниження «зеленого» тарифу³⁰, яким передбачено:

зменшення розмірів «зелених» тарифів для об'єктів введених в експлуатацію сонячної та вітрової енергетики шляхом встановлення понижуючих коефіцієнтів;

запроваджено повну відповідальність за небаланс своїх фактичних та акцептованих (прогнозних) графіків виробництва електроенергії для всіх виробників з відновлюваних джерел енергії, що створить для таких суб'єктів економічні стимули для підвищення точності прогнозування своїх графіків відпуску електричної енергії і сприятиме розвитку сектору балансуючих потужностей;

визначено оператора системи передачі відповідальним за компенсацію невідпущеної виробниками ВДЕ електричної енергії внаслідок виконання ними диспетчерських команд на зменшення та/або обмеження навантаження відповідно до методики, яка затверджується Регулятором;

надано державні гарантії стосовно незмінності законодавства, чинного на день прийняття цього Закону, для виробників за «зеленим» тарифом;

надано можливість участі в аукціонах сонячних електростанцій, які розміщуються на дахах/фасадах будівель та капітальних споруд тощо.

Згідно із законом, встановлення "зелених" тарифів здійснює НКРЕКП.



²⁸ — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

²⁹ — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1817874-19#Text>

³⁰ — <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810-20#Text>

Таблиця 1.12

Ставки «зеленого» тарифу для різних ВДЕ в Україні, євро/кВт*год

Тип станції		Дата введення об'єкта в експлуатацію					
		по 31.03.2013	1.04.2013 – 31.12.2014	1.01.2015 – 30.06.2015	1.07.2015 - 31.12.2015	1.01.2016 - 31.12.2016	1.01.2017 - 31.12.2019
Наземні СЕС	≤10 МВт / < 1 МВт	0,4653	0,3393	0,3053	0,1696 / 0,1569	0,1599 / 0,1479	0,1502 / 0,1389
	> 10 МВт / ≥ 1 МВт	0,2585 /	0,1885 /	0,1696 /	0,1696 / 0,1442	0,1599 / 0,1359	0,1502 / 0,1277
	1-75 МВт						
	> 75 МВт						
Дахові/фасадні СЕС	≤ 100 кВт / > 100 кВт	0,4265 / 0,4459	0,3586 / 0,3489	0,3226 / 0,3139	0,1804	0,1723	0,1637
	Приватні СЕС дахові/фасадні		0,3586	0,3226	0,2003	0,1901	0,1809 0,1809 ³¹
Дахові/фасадні СЕС споживачі/кооперативи							0,1637 ³¹
ВЕС	< 0,6 МВт	0,0646	0,0646	0,0582 / 0,0538	0,0582 / 0,0538	0,0582 / 0,0538	0,0582 / 0,0538
	0,6-2 МВт	0,0754	0,0754	0,0679	0,0679	0,0679	0,0679
	> 2 МВт	0,1131	0,1131	0,1018	0,0941	0,0941	0,0941
Приватні ВЕС					0,1163	0,1163	0,1163 / 0,1163 ³¹
ВЕС споживачі/кооперативи							0,1163 ³¹
Комбіновані В+С приватні							0,1637 ³¹
Комбіновані В+С споживачі/кооперативи							0,1637 ³¹
Біомаса		0,1239	0,1239	0,1115	0,1239	0,1239	0,1239
Біомаса споживачі/кооперативи							0,1239 ³¹
Біогаз		0,1239	0,1239	0,1115	0,1239	0,1239	0,1239
Біогаз споживачі/кооперативи							0,1239 ³¹
малі ГЕС	1 – 10 МВт	0,1163	0,1163	0,1045	0,1045	0,1045	0,1045
мініГЕС	0,2 – 1 МВт	0,1163	0,1551	0,1395	0,1395	0,1395	0,1395
мікроГЕС	<0,2 МВт	0,1163	0,1939	0,1745	0,1745	0,1745	0,1745
мікроГЕС споживачі/кооперативи							0,1745 ³¹
Геотермальна енергія споживачі/кооперативи ≤ 150 кВт					0,1502	0,1502	0,1502 0,1502 ³¹

³¹ — для періоду: з 01.01.2019 по 31.12.2019

1.01.2020 – 31.10.2020	1.11.2020 – 31.12.2020	1.01.2021 – 31.03.2021	1.04.2021 – 31.12.2021	1.01.2022 – 31.12.2022	1.01.2023 – 31.12.2024	1.01.2025 – 31.12.2029
0,1097	0,1097	0,1061	0,1061	0,1024	0,0987	0,0950
0,1097						
	0,0788	0,0761	0,0435	0,0420	0,0405	0,0390
	0,0450	0,0435	0,0435	0,0420	0,0405	0,0390
0,1228	0,1185	0,1185	0,1147	0,1147	0,1104	0,1066
0,1626	0,1626	0,1626	0,1626	0,1626	0,1626	0,1449
0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1066
0,0504	0,0504	0,0494	0,0494	0,0483	0,0478	0,0441
0,0588	0,0588	0,0578	0,0578	0,0567	0,0557	0,0515
0,0882	0,0882	0,0882	0,0882	0,0882	0,0882	0,0772
0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,0932
0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,1045	0,0932
0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1066
0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1066
0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239
0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239
0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239
0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239	0,1239
0,0942	0,0942	0,0942	0,0942	0,0942	0,0942	0,0835
0,1255	0,1255	0,1255	0,1255	0,1255	0,1255	0,1115
0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1395
0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1572	0,1395
0,1352 0,1352	0,1352 0,1352	0,1352 0,1352	0,1352 0,1352	0,1352 0,1352	0,1352 0,1352	0,1201 0,1201

РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СПОЛУЧЕНИХ ШТАТАХ АМЕРИКИ





Загальна інформація

Історія Сполучених Штатів Америки налічує більше 240 років і її досвід використання енергетичних ресурсів - це шлях від переважного використання деревини до середини XIX століття, через активне використання вугілля, нафти і природного газу, починаючи з другої половини XIX століття, до нещодавно поставленої мети стати кліматично нейтральною країною до 2050 року.

Рисунок 2.1



Таймлайн основних кліматично-енергетичних документів, прийнятих Сполученими Штатами

Активний розвиток відновлюваних джерел енергії в США розпочався після нафтової кризи 1970х років, коли в рамках Закону «Про національну енергетику» були прийняті Закон «Про політику регулювання в галузі комунальних послуг»¹ та Закон «Про оподаткування в енергетиці»², які були спрямовані на підтримку енергозбереження та використання власних енергетичних ресурсів, зокрема, ВДЕ. Прийняття на рівні штатів стандартів (квот) щодо частки відновлюваних джерел для постачальників електричної енергії створило ринок для «зелених» сертифікатів, що стало ще одним механізмом підтримки ВДЕ. Після ратифікації Рамкової конвенції ООН про зміну клімату у 1992 році, були запроваджені податкові кредити, на виробництво та інвестиції в електростанції на відновлюваних джерелах, що стало додатковим суттєвим стимулом для розвитку цього сектору.

До 1990-х років, найбільш поширеними у використанні відновлюваними джерелами енергії були деревина та гідроенергія, але планомірне впровадження підтримки для розвитку всіх ВДЕ забезпечило зростання цього сектору. Так, вже у 2019 році сукупна частка у споживанні таких відновлюваних джерел, як вітер, сонце, біопалива та геотермальна енергія була майже втричі більше, ніж у 2000 році. У 2020 році, частка всіх відновлюваних джерел у загальному виробництві та споживанні енергії в США склала 12%.

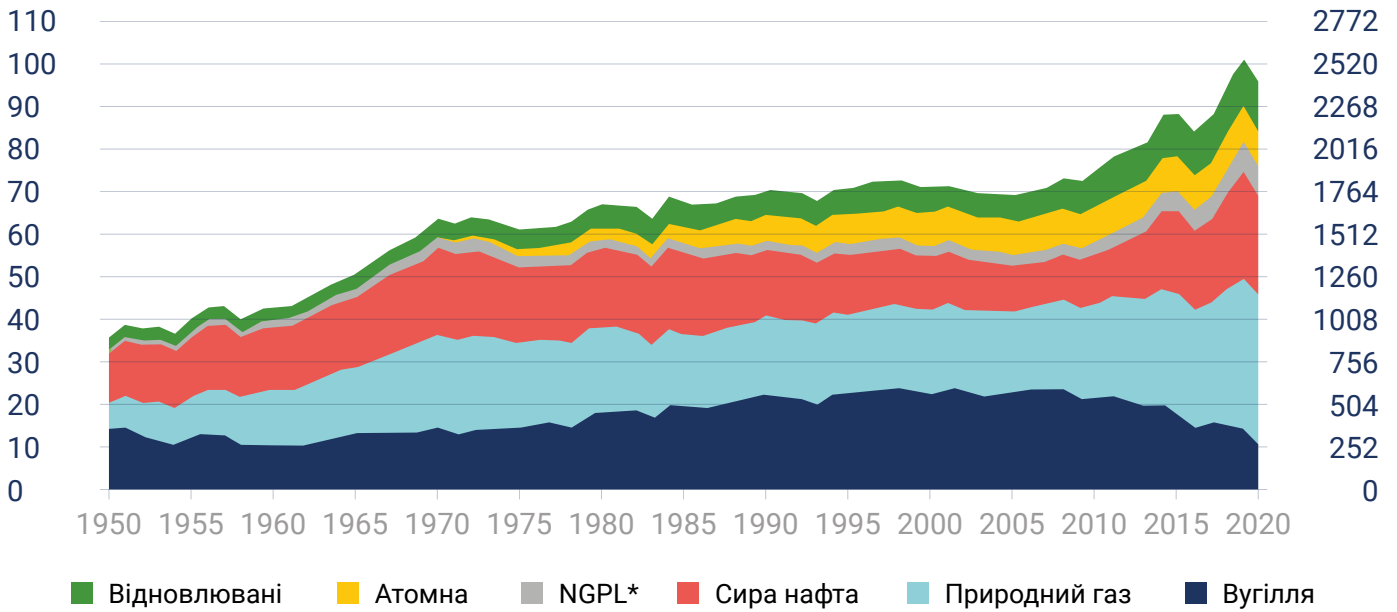
¹ — Public Utility Regulatory Policies Act of 1978 (PURPA), <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-92/pdf/STATUTE-92-Pg3117.pdf#page=1>

² — Energy Tax Act, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-92/pdf/STATUTE-92-Pg3174.pdf#page=1>, <https://www.osti.gov/biblio/5625890-energy-tax-act>

Рисунок 2.2

Квадрильйонів Британських теплових одиниць (Btu)

млн т н.е.



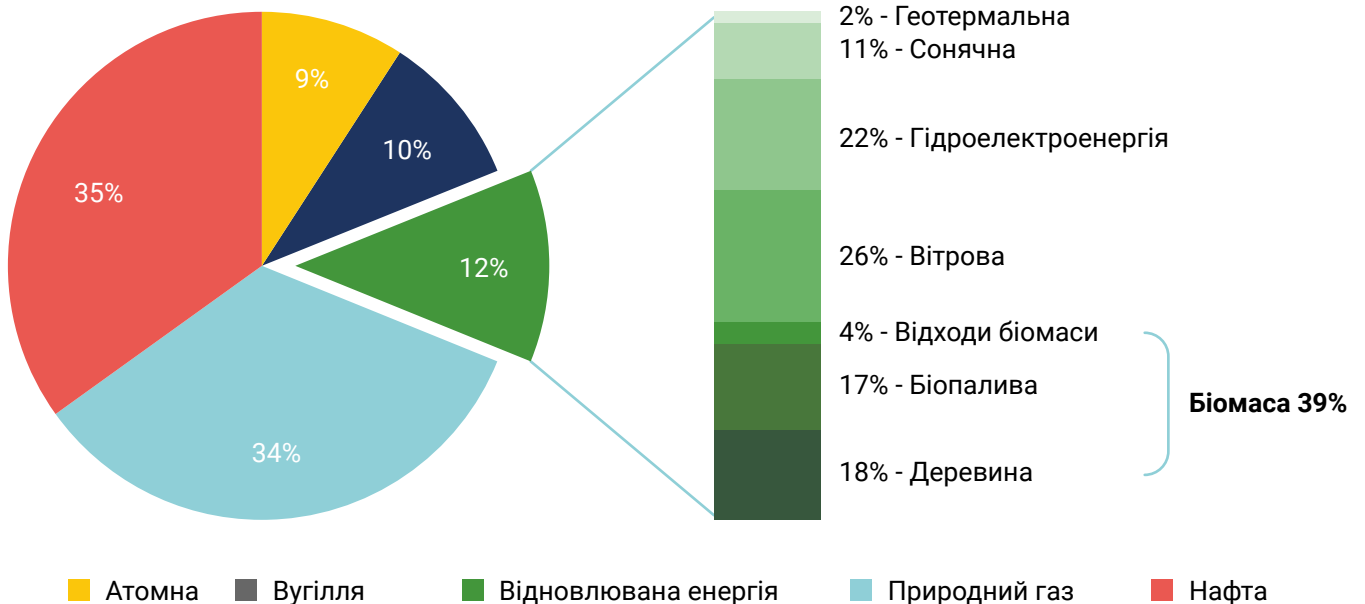
*NGPL - це рідини, отримані з природного газу (natural gas plant liquids)

Виробництво первинної енергії в США за основними джерелами у 1950-2020 рр.³

Рисунок 2.3

Всього = 92,94 квадрильйон БТО
~ 2342 млн т н.е.

Всього = 11,59 квадрильйон БТО
~ 292 млн т н.е.



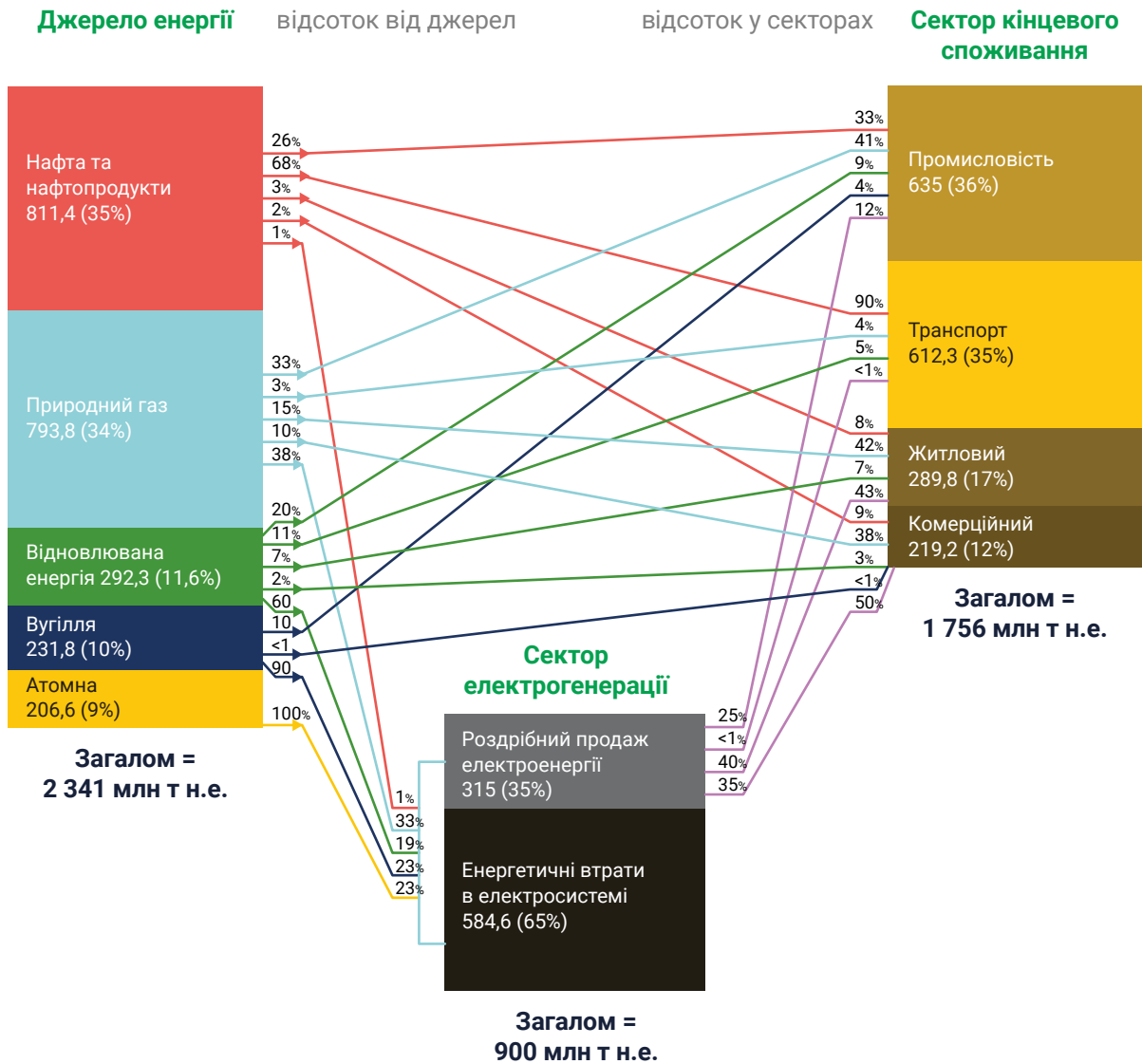
Споживання первинної енергії у США за видами джерел енергії у 2020 році³

³ — Джерело: Управління енергетичної інформації Міністерства США (EIA), Щомісячний огляд енергетики, квітень 2021, попередні дані
Примітка: Сума компонентів може не дорівнювати 100% через незалежне округлення

Все ще основними викопними видами палива у Сполучених Штатах залишаються природний газ та нафта, що в сукупності забезпечують майже 69% від споживання первинної енергії. Проте, станом на 2020 рік частка відновлюваних джерел у споживанні енергії (12%) вже перевищила частку вугілля (10%). Найбільший внесок відновлювані джерела енергії надають у сектор електрогенерації (60% від усіх ВДЕ) та у Промисловість (20% від усіх ВДЕ). В електрогенерації найбільша частка належить вітру, а в промисловості – біомасі та біопаливам. Біомаса та біопалива складають майже 5% від всього енергоспоживання (39% від 100% ВДЕ) та є найбільшим відновлюваним джерелом, внесок складових якого представлений у всіх секторах кінцевого енергоспоживання, зокрема дерева (18%), біопалива (17%) та відходи і залишки лісового та сільського господарства (4%). (Рис. 2.3, 2.4, 2.5).

Рисунок 2.4

млн т н.е.

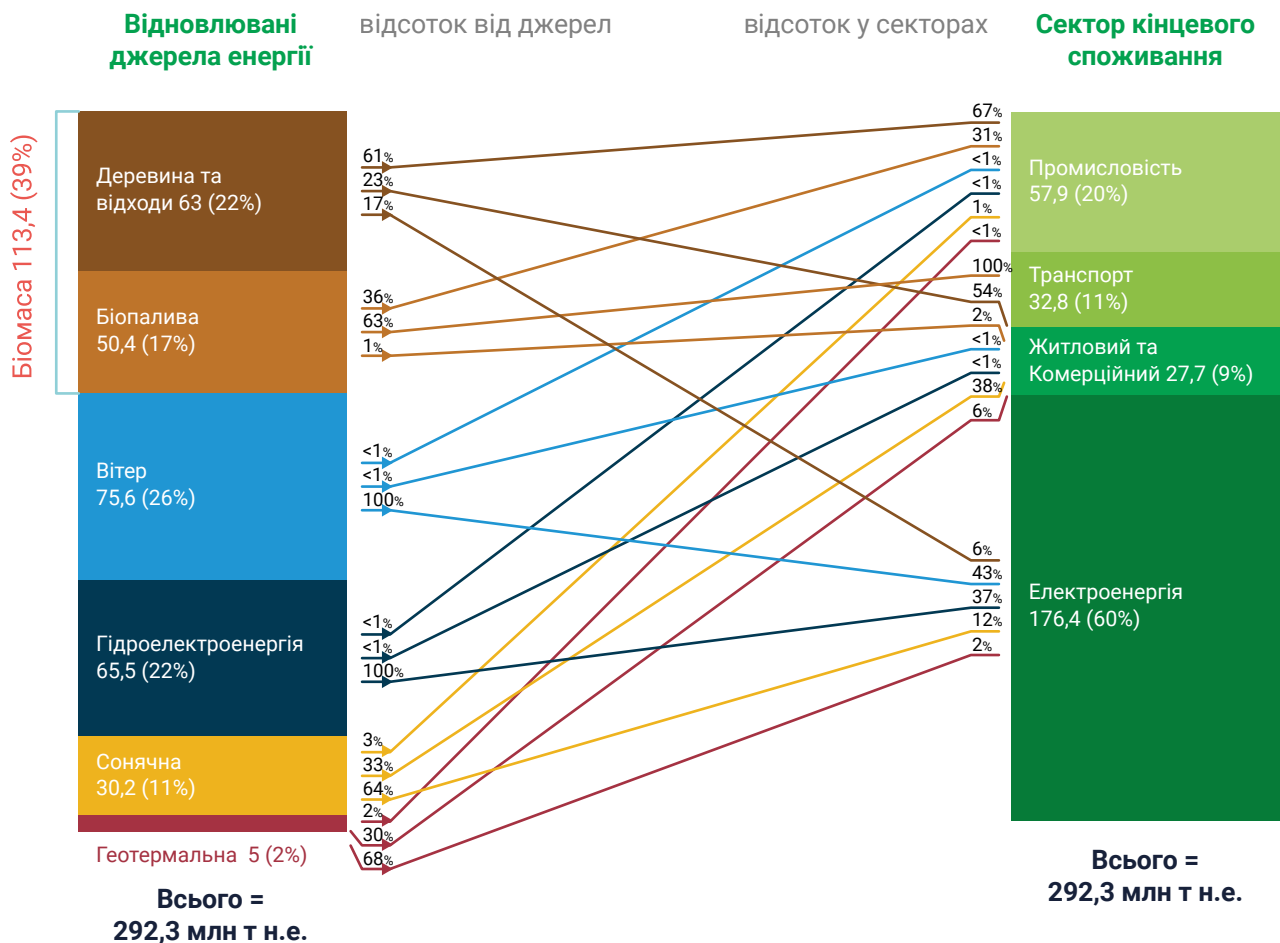


Енергоспоживання США за ресурсами та секторами, 2020 р.⁴

⁴ – <https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/>

Рисунок 2.5

млн т н.е.

Споживання відновлюваної енергії у США за ресурсами та секторами, 2020 р.⁵

⚡ Виробництво електроенергії

Електрична енергія у Сполучених Штатах генерується з викопних джерел (вугілля, природний газ, нафтопродукти), атомними електростанціями та ВДЕ, частка яких кожного року зростає. Хоча все ще найбільшим джерелом для виробництва електричної енергії є природний газ (40%), у 2020 році електрогенерація з ВДЕ (20%) перевищила частку вугільної генерації (19%) та зрівнялась з атомною (20%). В свою чергу, розподіляючи ВДЕ на складові необхідно зазначити, що найбільший внесок надають вітрові електростанції (8,4% від загальної генерації е/е з усіх видів палива, включаючи викопні) та гідроелектростанції (7,3 %).

Виробництво відновлюваної електроенергії з інших джерел, крім гідроенергетики, протягом останніх років неухильно зростало, головним чином, завдяки збільшенню генеруючих потужностей вітро- та сонячної енергетики. Починаючи з 2014 року загальний річний обсяг виробництва електроенергії з відновлюваних джерел (без гідроенергетики) перевищує показник виробництва електроенергії на гідроелектростанціях.

⁵ — <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/types-and-usage.php>

Рисунок 2.6



* Гідро – це традиційна гідроелектроенергетика; нафта включає нафтові вуглеводні та нафтовий кокс, інші гази, гідроакуюлюючі електростанції та інші джерела.

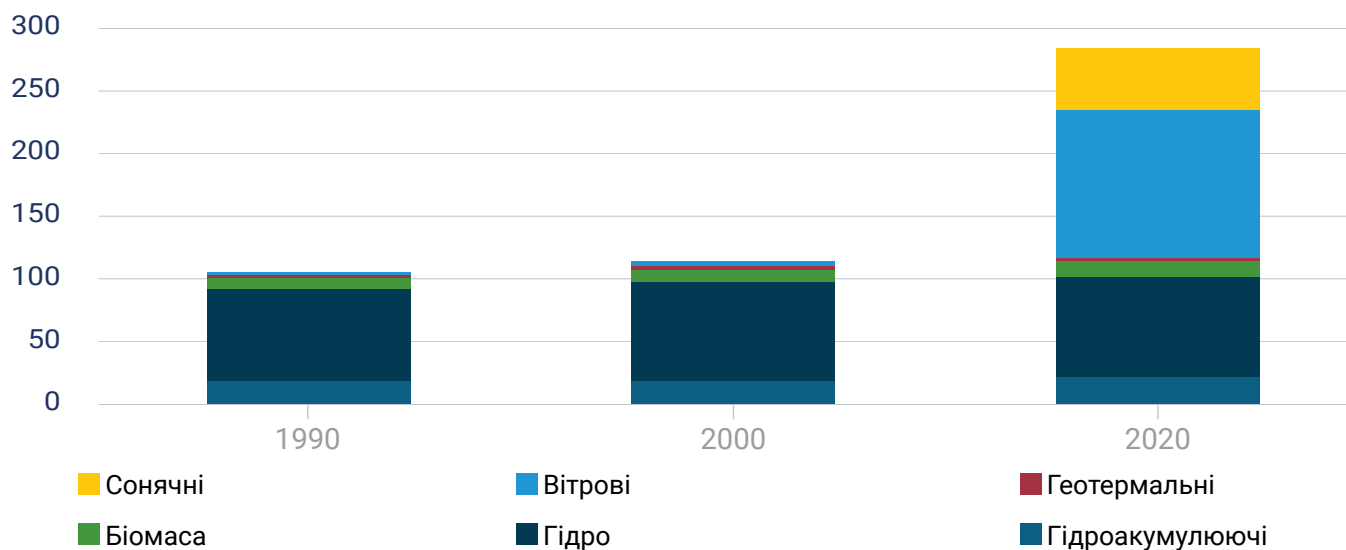
Джерела електрогенерації у Сполучених Штатах, 2020 р. (Загалом = 4,12 млрд МВт*год)⁶

Частка вітроенергетики від загального показника електрогенеруючих потужностей США зростає з 0,2% у 1990 році до приблизно 9% у 2019 році, а в загальному річному виробництві електроенергії частка вітроенергетики зростає з менш ніж 1% у 1990 році до приблизно 7% у 2019 році.

Як видно із діаграми щодо енергоспоживання США по ресурсам та секторам (Рис. 2.4) всього у 2020 році для споживання із різних видів палива було отримано більше 2,34 млрд т н.е. енергії, з яких до кінцевих споживачів дійшло 1,76 млрд т н.е. енергії (0,58 млрд т н.е. енергії втрачається в електричних мережах). Ці кінцеві споживачі поділені на чотири частини: промисловість (36%), транспорт (35%), житловий (17%) та комерційний сектор (12%). Більша частина із 1,76 млрд т н.е. енергії надходить до споживачів у первинному вигляді ресурсів (1,46 млрд т н.е.), а залишок (0,3 млрд т н.е.) - у вигляді електроенергії. Більша частина цієї електроенергії (40%) споживалось житловим сектором, трохи менше (35%) використовував комерційний сектор, 25% пішло на промисловість і менше 1% на транспорт. Щодо ВДЕ, то як зазначалось раніше, більше половини (60%) енергії потрапляє до споживачів у вигляді електроенергії, а залишок (40%) розподіляється серед чотирьох видів кінцевих споживачів наступним чином: промисловість (20%), транспорт (11%), населення (7%), комерційний сектор (2%). Варто зазначити, що у 2020 році суттєвий вплив на об'єми споживання енергії різними групами споживачів мала пандемія COVID-19, знизивши споживання у секторі транспорту.

Рисунок 2.7

млн кВт



* Чиста річна потужність генераторів комунального господарства.

Потужність електрогенерації з ВДЕ у Сполучених Штатах по типах у 1990, 2000 та 2020 роках⁷

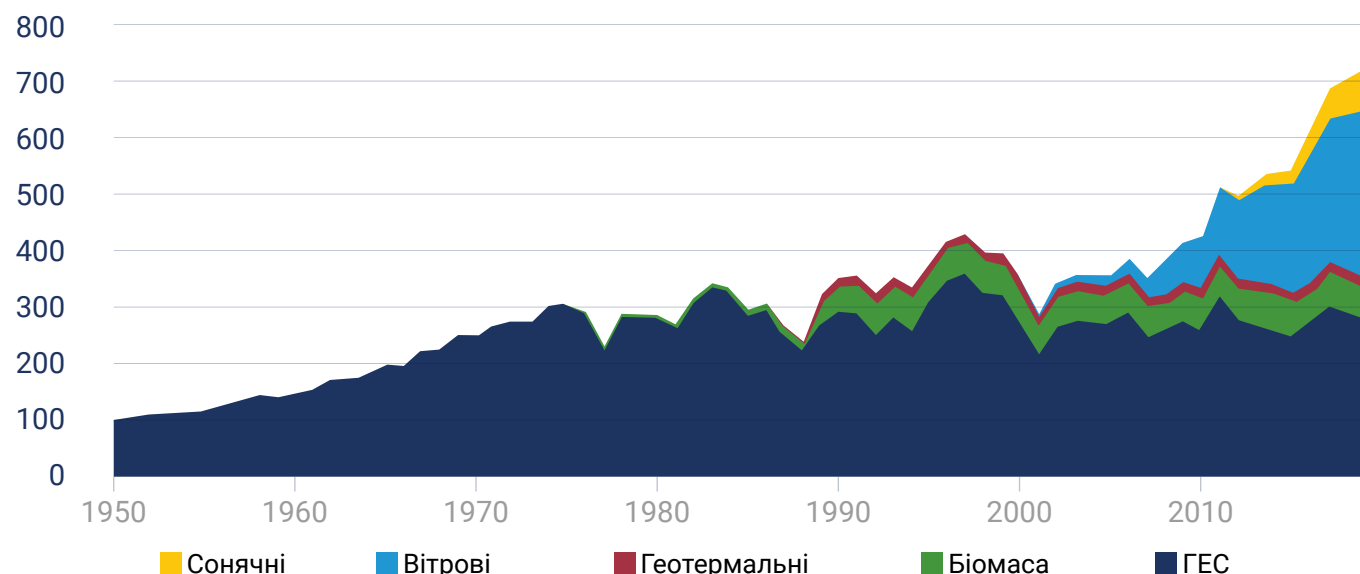
⁶ – Електрогенерація мережевими установками. <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-in-the-us.php>

⁷ – Джерело: Управління енергетичної інформації Міністерства США (EIA), Щорічний огляд енергетики 2011 та Щомісячник електроенергетики, лютий 2021, попередні дані для 2020

За останні роки значно зросли потужності та обсяги виробництва електроенергії на сонячних електростанціях, при тому, що їх частка в загальному виробництві електроенергії в США відносно невелика. Виробничі потужності сонячної електроенергетики зросли з приблизно 314 МВт (в 1990 році) до приблизно 37329 МВт або 37,3 ГВт (наприкінці 2019 року), з яких близько 95% становили сонячні фотоелектричні системи, а 5% - сонячні теплоелектричні системи.

Рисунок 2.8

млн МВт·год



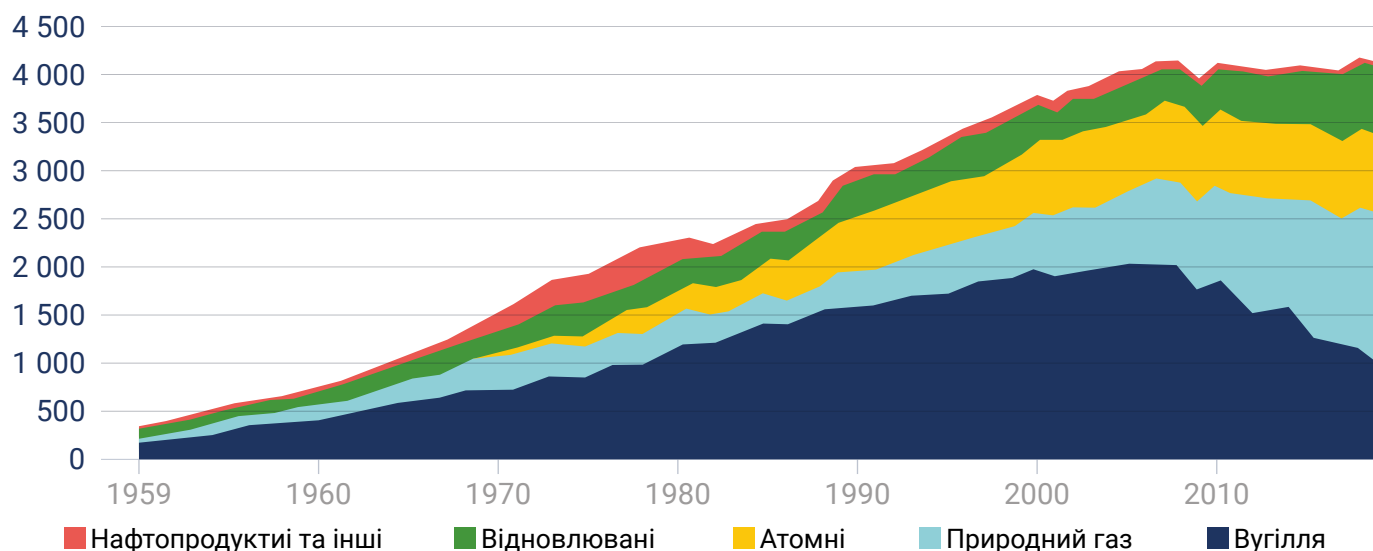
Генерація електроенергії з ВДЕ в США, 1950-2019 рр.^{7а}

Частка сонячної енергії в загальному обсязі виробництва електроенергії в США у 2019 році становила близько 1,8%, порівняно з менш ніж 0,1% у 1990 році. Крім того, за оцінками Управління інформації в області енергетики США, на кінець 2019 року потужність невеликих сонячних фотоелектричних електростанцій складала 23,2 ГВт, на яких загалом генерувалось близько 35 млрд кВт·год електроенергії⁸.

Частка відновлюваних джерел енергії в електроенергетиці США дедалі збільшується. У 2019 році для близько 17% від загальної кількості виробленої електроенергії в США були використані відновлювані джерела енергії⁹.

Рисунок 2.9

млн МВт·год



Генерація електроенергії в США з найбільших енергетичних джерел, 1950-2019 рр.^{7а}

^{7а} — за даними Управління енергетичної інформації Міністерства США (IEA), Щомісячний огляд енергетики, Таблиця 7.2а, березень 2020 та Щомісячник електроенергетики, лютий 2020, попередні дані для 2019

⁸ — <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-in-the-us-generation-capacity-and-sales.php>

⁹ — <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-in-the-us.php>

Аналізуючи представлену діаграму (Рисунок 2.9), на якій показано як за період 1950-2019 рр. змінювались об'єми генерації електроенергії та розподіл між основними енергоресурсами, слід відмітити наступні моменти:

приблизно з 2007-2008 рр. по 2019 р. рівень виробництва електроенергії вдалось стабілізувати і утримувати в межах 4000-4250 млрд кВт*год електроенергії;

з 2008 р. спостерігається суттєве зменшення використання вугілля та пропорційне збільшення використання природного газу та ВДЕ (сумарно ВДЕ та газ в енергетичних одиницях приблизно замінюють частку невикористаного вугілля);

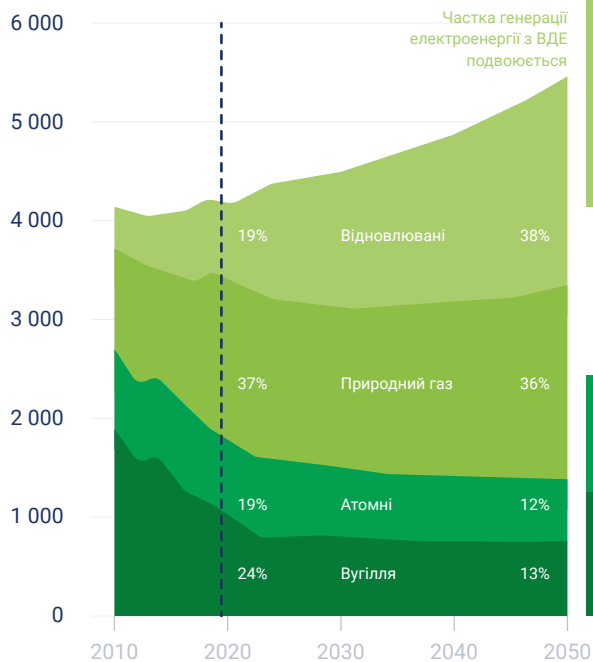
за останні 10 років частка атомної енергетики не змінювалась.

Порівняння ресурсів, що були використанні для виробництва електроенергії у 2020 р. та прогноз на перспективу до 2050 р. наведено Рисунку 2.10.¹⁰

Рисунок 2.10

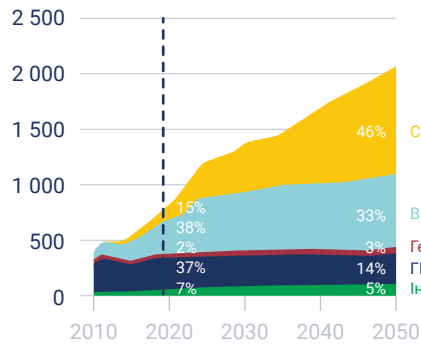
Прогноз генерації електроенергії з різних джерел до 2050 року

млрд МВт*год



Виробництво відновлюваної електроенергії включаючи кінцеве споживання

млрд МВт*год



Найбільш зростаючі сектори генерації електроенергії з ВДЕ – сонце та вітер

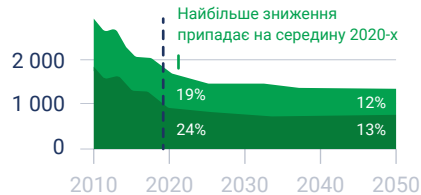


Продовження зниження капітальних витрат на е/е з сонця і вітру підтримується федеральними податковими пільгами та підвищеними цілями в секторі ВДЕ на рівні окремих штатів

Генерація електроенергії з вугілля та на АЕС знижується

Генерація електроенергії з вугілля та на АЕС

млрд МВт*год



Частка генерації е/е з вугілля падає з 24% до 13%



Частка генерації е/е на АЕС падає з 19% до 12%

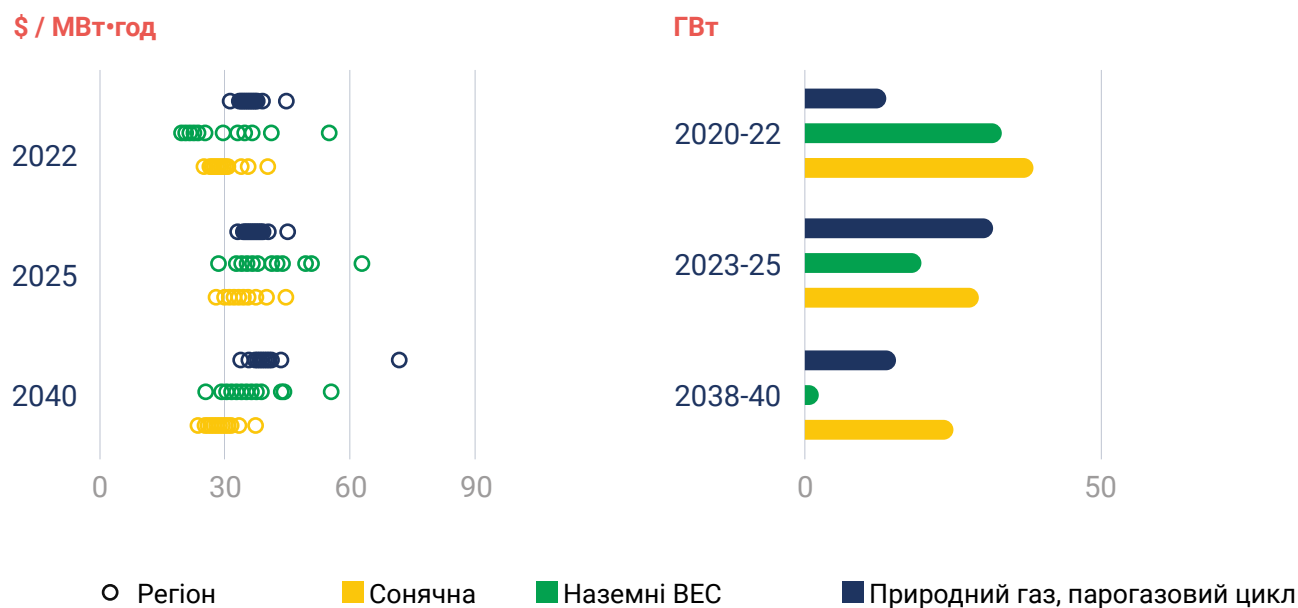
Прогноз генерації електроенергії з різних джерел до 2050 року¹⁰

Прогноз щодо електрогенерації до 2050 р., який представлено на Рисунку 2.10, передбачає, що рівень виробництва електричної енергії у Сполучених Штатах утримати у встановлених за останні 10 років межах 4000-4250 млрд кВт*год електроенергії не вдасться і за наступні 10 років будуть досягнуті показники у 4500 млрд кВт*год з поступовим продовженням росту приблизно до 5300 млрд кВт*год у 2050 році. Але зростання електрогенерації буде відбуватись за рахунок збільшення використання відновлюваних джерел енергії майже на 20% - до 38% у 2050 році. Рівень використання природного газу практично не зміниться, однак майже вдвічі скоротиться спалювання вугілля (до 13%), що вплине на боротьбу за стримування негативних кліматичних змін. Також, планується поступово знижувати рівень використання атомної енергії до 12% у 2050 році. Процес розвитку виробництва електроенергії з ВДЕ до 2050 року за прогнозом відбуватиметься переважно за рахунок таких джерел, як сонце і вітер, розвиток яких стимулюють постійне зниження капітальних витрат, а також стимулювання на рівні окремих штатів, які підвищують цілі щодо використання ВДЕ та надають стимули у вигляді податкових пільг.

¹⁰ — <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>

Прогноз щодо ціни на електричну енергію наведено на Рисунку 2.11¹⁰

Рисунок 2.11



Повна приведена вартість е/е (з податковими субсидіями) по регіонам та загальний приріст потужностей окремих технологій електрогенерації, які будуть введені в експлуатацію в 2022, 2025 та 2040 роках¹⁰

Нижче наведені результати аналізу The American Council on Renewable Energy (ACORE) зі звіту «Expectations for Renewable Energy Finance in 2020-2023»¹¹. Діаграми побудовані на базі опитувань різних американських компаній, які активно фінансують та інвестують у проекти з відновлюваної енергетики США.

Рисунок 2.12

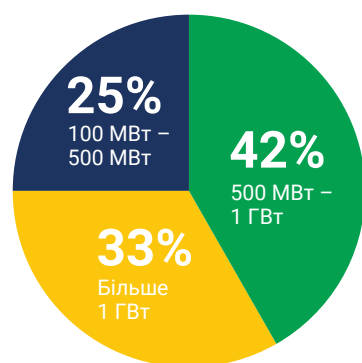
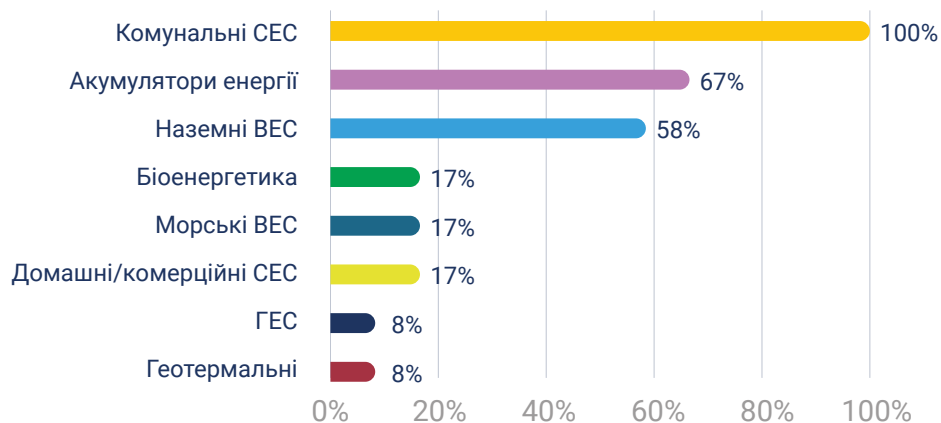


Рисунок 2.13



Загальна потужність установок на ВДЕ компаній за останні три роки

¹⁰ – за даними Управління енергетичної інформації США, Щорічний огляд енергетики 2020
https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf

¹¹ – <https://acore.org/wp-content/uploads/2020/07/Expectations-for-Renewable-Energy-Finance-in-2020-2023.pdf>

Згідно цих даних найменшим попитом користувалось обладнання з відносно невеликою одиничною потужністю, при цьому слід відмітити досить рівномірне розподілення серед трьох наведених груп, визначених фактором потужності.

Абсолютним лідером серед наведених технологій є потужні сонячні установки. Менш популярними, але з високими показниками, що свідчать про зацікавленість у розвитку, є акумулятори та наземні ВЕС. На одному рівні (17%) йдуть біоенергетика, ВЕС у морі, маленькі СЕС для населення. 8% об'єднали гідроенергетику та геотермальну енергетику.

Рисунок 2.14

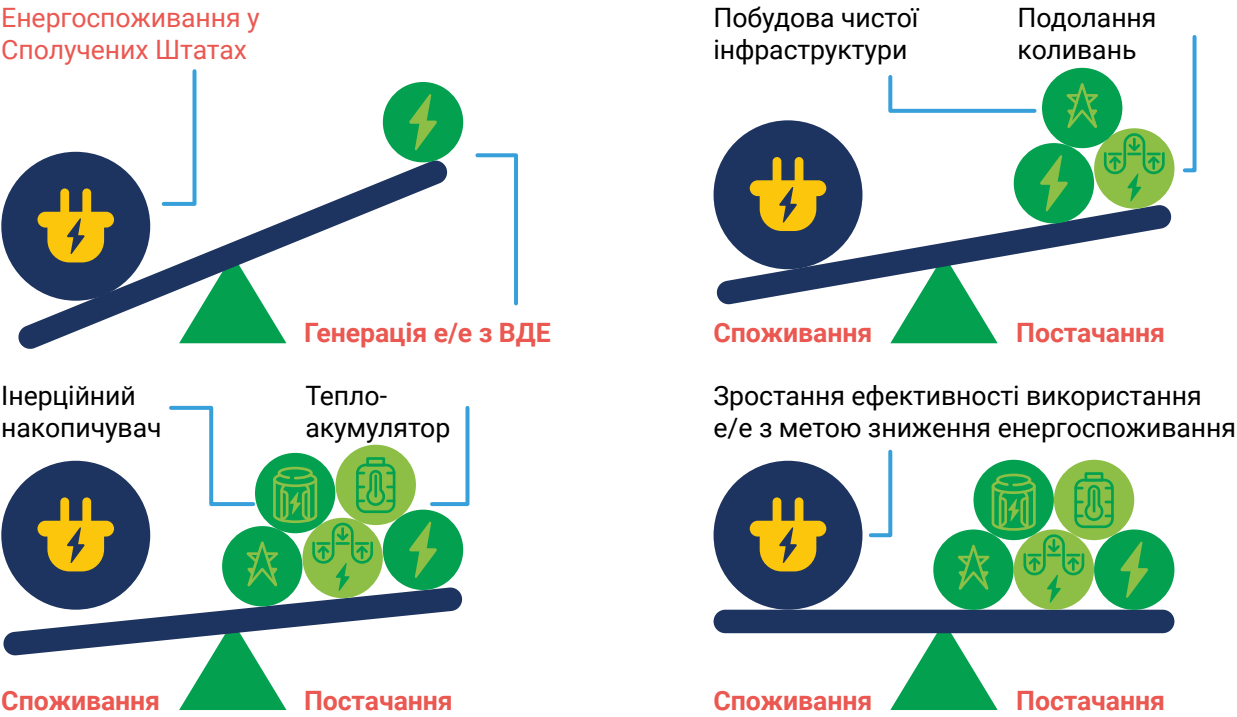
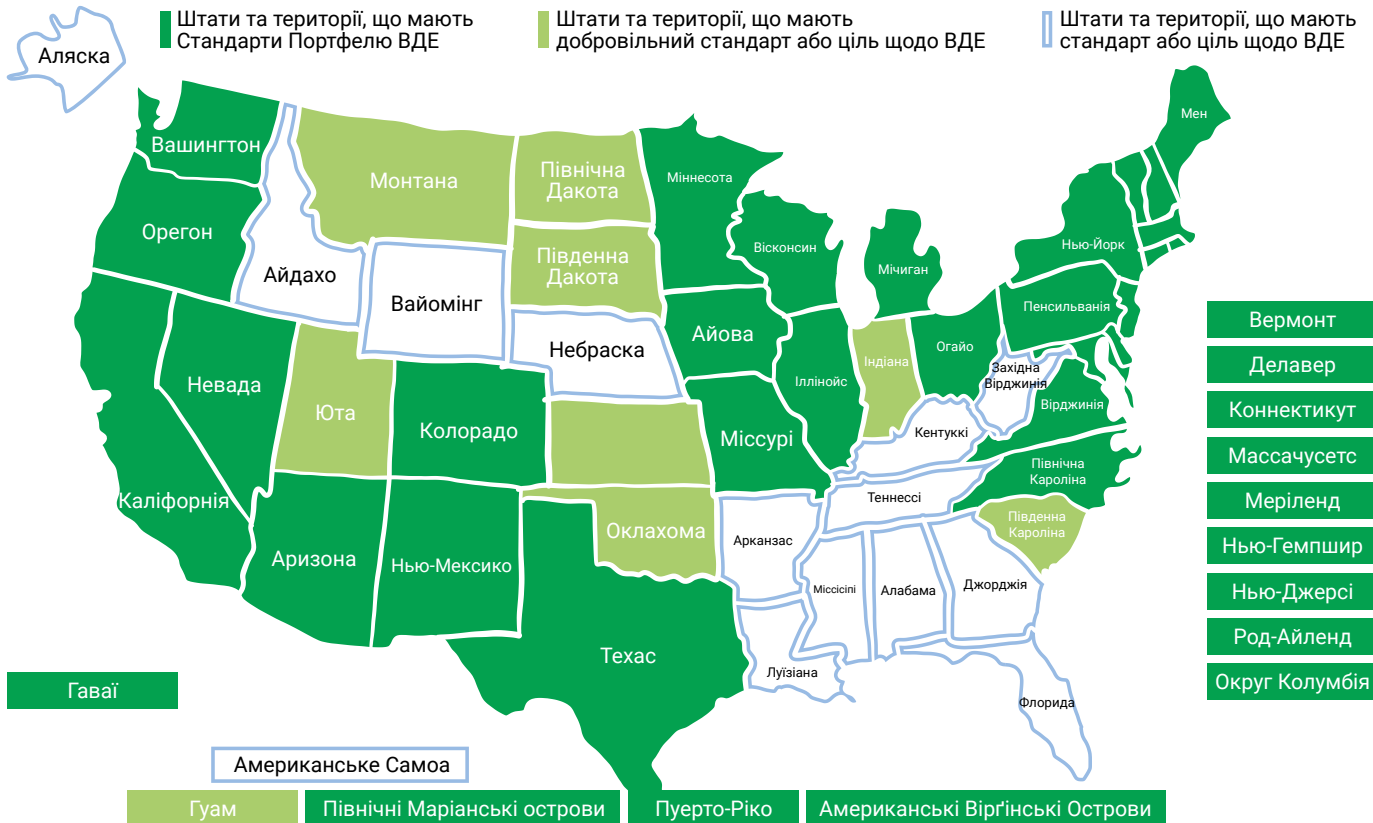


Схема забезпечення потреби в електроенергії за рахунок її постачання з відновлюваних джерел¹²

досягнута¹³.

викидів вуглецю та робить великий крок уперед у розвитку відновлюваних джерелах енергії на півдні США¹⁴.

Рисунок 2.15



<https://www.greentechmedia.com/articles/read/tracking-progress-on-100-clean-energy-targets>

<https://cleantechnica.com/2021/01/06/states-cities-are-driving-climate-clean-energy-progress>

<https://cleantechnica.com/2021/01/06/states-erics-are-driving-climate-clean-energy-progress/>

Арізона - 15% до 2025 р.

Каліфорнія - 44% до 2024; 52% до 2027; 60% до 2030; **100% чистої енергії до 2045.**

Колорадо - 30% до 2020; **100% чистої енергії до 2050 для комунальних компаній з 500 000+ клієнтами.**

Коннектикут - 44% до 2030.

Делавер - 25% до 2025-2026.

Гавайї - 30% до 2020; 40% до 2030; 70% до 2040; **100% до 2045.**

Іллінойс - 25% до 2025-2026.

Індіана - 10% до 2025.

Айова - 105 МВт генеруючих потужностей для приватних постачальників електричної енергії.

Канзас - 15% до 2015-2019; 20% до 2020.

Мен - 80% до 2030; **ціль на рівні штату щодо 100% відновлюваних до 2050.**

Меріленд - 30.5% у 2020; 50% у 2030.

Массачусетс - 35% до 2030 та додатково 1% щороку після

Мічиган - 15% до 2021 (стандарт), 35% до 2025 (ціль)

Міннесота - 26.5% до 2025 (приватні постачальники електричної енергії), 25% до 2025 (решта комунальних компаній).

Міссурі - 15% до 2021 (приватні постачальники електричної енергії).

Монтана - 15% до 2015.

Невада - 50% до 2030; **ціль щодо 100% безвуглецевої електроенергії до 2050.**

Нью-Гемпшир - 25.2% до 2025.

Нью-Джерсі - 50% до 2030.

Нью-Мексико - 40% до 2025; 80% renewables до 2040; **100% електроенергії з ресурсів із нульовим вмістом вуглецю до 2045.**

Нью-Йорк - 70% відновлюваних до 2030; **100% вимога щодо електроенергії з нульовими викидами до 2040.**

Північна Кароліна - 12.5% до 2021 (приватні постачальники електричної енергії); 10% до 2018 (муніципалітети та кооперативи).

Північна Дакота - 10% до 2015.

Огайо - 8.5% до 2026.

Оклахома - 15% до 2015.

Орегон - 25% до 2025 (постачальні компанії з 3% або більше навантаження штату); 50% до 2040.

Пенсильванія - 18% до 2020-2021.

Род-Айленд - 14.5% до 2019, зі збільшенням на 1.5% щороку до досягнення 38.5% до 2035.

Південна Кароліна - 2% до 2021.

Південна Дакота - 10% до 2015.

Техас - 5 880 МВт до 2015. 10 000 МВт до 2025 (ціль; досягнута).

Юта - 20% до 2025.

Вермонт - 55% до 2017; 75% до 2032.

Вірджинія - **100% відновлюваних до 2045 для постачальних компаній Фази II та до 2050 для постачальних компаній Фази I.**

Вашингтон - 15% відновлюваних до 2020; **100% відновлюваних або з нульовими викидами до 2045.**

Західна Вірджинія - 10% з 2015-2019, 15% з 2020-2024, 25% до 2025.

Вісконсин - 10% до 2015.

Вашингтон, округ Колумбія - 20% до 2020, **100% до 2032.**

Гуам - 25% до 2035.

Північні Маріанські острови - 20% до 2016.

Пуерто-Ріко - 40% до 2025; 60% до 2040; **100% до 2050.**

Американські Віргінські Острови - 20% до 2015; 25% до 2020; 30% до 2025; до 51% після 2025.

У Сполучених Штатах збільшується кількість міст та округів, які мають цілі щодо забезпечення своїх громад 100% чистою, відновлюваною електроенергією¹⁶

Більше 40 міст Каліфорнії зараз на 100% живляться відновлюваною електроенергією. До них належать:

Південна Пасадена; Західний Голлівуд; Калвер-Сіті; Таузенд-Оукс; Оджай; Окснорд; Місто Вентура; Сан-Луїс-Обиспо; Морро-Бей; Грінфілд; Холлістер; Соледад; Гонсалес; Гілрой; Сан-Хуан Баутіста; Морган Хілл; Салінас; Ватсонвілл; Мілпітас; Кемпбелл; Марина; Лос Гатос; Монте-Серено; Санд-сіті; Сісайд; Саннівейл; Саратога; Купертіно; Капітола; Маунтін-В'ю; Монтерей; Пасіфік-Гроув; Скотс-Веллі; Лос-Альтос; Санта-Крус; Кармель; Лос-Алто-Гілл; Пало-Альто; Олбані; і Портола-Веллі.

Зростаюча кількість міст за межами Каліфорнії зараз також живиться від 100% відновлюваної електроенергії. До них належать:

Рок-Порт, штат Міссурі; Грінсбург, Канзас; Джорджтаун, Техас; Аспен, Колорадо; та острів Кадьяк, Аляска. Деякі округи США зараз на 100% працюють на відновлюваній енергії. До них належать: округ Сан-Беніто, Каліфорнія; Санта-Крус, Каліфорнія; Округ Монтерей, Каліфорнія; та Санта-Клара, Каліфорнія.

Більше 170 міст взяли зобов'язання досягти 100% відновлюваної енергії. Серед таких міст найбільші:

Чикаго, штат Іллінойс; Сент-Пол, штат Міннесота; Міннеаполіс, штат Міннесота; Цинциннаті, штат Огайо; Канзас-Сіті, штат Міссурі; Сент-Луїс, штат Міссурі; Медісон, штат Вісконсін; Денвер, штат Колорадо; Атланта, штат Джорджія; Колумбус, штат Огайо; Таллахассі, штат Флорида; Клівленд, штат Огайо; Колумбія, штат Південна Кароліна; Арлінгтон, штат Вірджинія; Солт-Лейк-Сіті, штат Юта; Орlando, штат Флорида; Філадельфія, штат Пенсільванія; Хелена, штат Монтана; Берлінгтон, штат Вермонт; Кембридж, штат Массачусетс; Лос-Анджелес, штат Каліфорнія; Сан-Дієго, штат Каліфорнія; Санта-Барбара, штат Каліфорнія; і Портленд, штат Орегон.

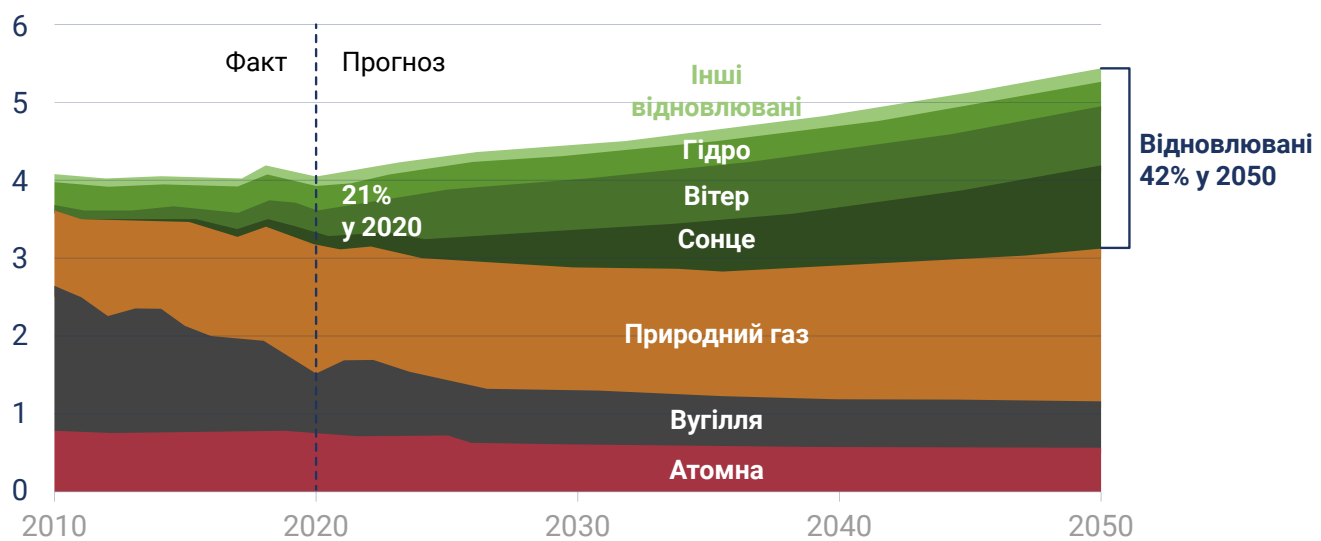
Прогнозується, що відновлювані джерела енергії складуть майже 60% нових встановлених потужностей США з 2020 по 2050 рік¹⁷

У своєму щорічному енергетичному прогнозі «Annual Energy Outlook 2021» (AEO 2021)¹⁷ Управління енергетичної інформації США (EIA) зазначає, що стимули щодо використання відновлюваних джерел енергії та зниження технологічних витрат підтримують міцну конкуренцію з природним газом, оскільки зменшується частка вугілля та атомної енергії в структурі електроенергетики. У базових прогнозах в AEO2021 EIA прогнозує, що попит на електроенергію в основному повернеться до рівня 2019 року до 2025 року. За прогнозами, на відновлювані технології електрогенерації припаде майже 60% збільшення потужностей з 2020 по 2050 рік, та частка відновлюваних джерел енергії у структурі виробництва електроенергії збільшиться більш ніж удвічі до 2050 року. Частка природного газу залишатиметься на рівні 36%, а частка вугілля та атомної електроенергії скоротиться приблизно наполовину. У більшості випадків EIA прогнозує, що викиди CO2 у США, пов'язані з сектором енергетики, скоротяться до 2035 року, а потім збільшаться.

¹⁶ — Управління енергетичної інформації США (EIA), 3 лютого, 2021
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46636>
<https://www.sierraclub.org/ready-for-100/commitments>

Рисунок 2.16

млрд МВт·год

Прогноз виробництва електроенергії у Сполучених Штатах за базовим сценарієм, AEO2021 (2010-2050)¹⁸

Більша частина зростання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел з 2020 по 2024 роки припадає на енергію вітру, що становитиме більше 2/3 зростання виробництва електроенергії за цей період. Після того, як наприкінці 2024 року податковий кредит на виробництво для вітру припиниться, виробництво сонячної енергії відповідатиме за майже 3/4 збільшення виробництва відновлюваної електрогенерації. EIA припускає, що сонячна енергія отримає 30% інвестиційний податковий кредит до 2023 року, який потім зменшиться до постійного значення 10% у 2024 році і надалі¹⁹.

Фактори, що впливають на розвиток ВДЕ у США:

1

Державна податкова політика

2

Стандарти для відновлюваних джерел енергії та цілі з ВДЕ на місцевому рівні

3

Корпоративні закупівлі та зобов'язання енергетичних компаній

4

Підтримка громадськості, напр. Community Solar Gardens (сонячні кооперативи)

5

Зниження вартості обладнання для сонячних і вітрових установок

6

Політична воля та підтримка ВДЕ на рівні Президента та Конгресу

Федеральний податковий кредит на виробництво е/е з ВДЕ

Податковий кредит на виробництво електроенергії (Production Tax Credit - PTC) надає суб'єкту, що платить податки, податковий кредит за вироблену електроенергію у розмірі фіксованої суми в доларі на одиницю продукції. PTC виплачується лише тоді, коли поставляється цільовий продукт - відновлювана електроенергія.

¹⁸ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46676>

¹⁹ — Управління енергетичної інформації США (EIA), 3 лютого, 2021, <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/electricity/sub-topic-03.php>

Таблиця 2.1Федеральний податковий кредит на виробництво е/е з ВДЕ²⁰

Дата закінчення терміну дії:	Для установок, що почали будуватись до кінця 2021
Придатні відновлювані джерела / інші технології:	Геотермальна електрична, Сонячна теплова електрика, Сонячна фотоелектрика, Вітер (усі), Біомаса, Гідроелектрика, Тверді побутові відходи, Біогаз зі звалищ відходів, енергія припливів, Енергія хвиль, Океанічна теплова, Вітер (малі установки), Гідроелектрика (малі установки).
Сума стимулювання:	Системи, що починають будівництво до 1 січня 2021 року (подовжено до кінця 2021, але для вітру знижено на 40%): Вітер: \$0.015/кВтгод Геотермальна, Біомаса (вирощена виключно для виробництва е/е): \$0.025/ кВтгод Біомаса (відходи агро -, лісо-виробництва та біомасові відходи будівництва), Гідроелектрика, Біогаз зі звалищ відходів, Спалювання відходів, та Морські технології: \$0.013/ кВтгод Застосовується на перші 10 років експлуатації
Прийнятний розмір системи:	Морські та гідрокінетичні: Мінімальна встановлена потужність 150 кВт Установки що використовують агро відходи тваринництва: Мінімальна встановлена потужність 150 кВт

Федеральний інвестиційний податковий кредит на відновлювану енергію для бізнесу

Інвестиційний податковий кредит (ІТС) на визначений відсоток капітальних витрат на відповідні енергетичні проекти. ІТС – це інвестиційна субсидія, що надає фінансову підтримку для реалізації проекту, який, як очікується, почне виробляти певний товар чи послугу в майбутньому (в цьому випадку відновлювана енергія). Інвестиційний проект проходить кваліфікацію на отримання ІТС у рік початку будівництва, а отримує його після введення об'єкта в експлуатацію. Проекти можуть розподіляти отриманий ІТС протягом декількох років, переносючи невикористану суму на майбутні періоди.

Таблиця 2.2Федеральний інвестиційний податковий кредит на відновлювану енергію для бізнесу²¹

Дата закінчення терміну дії:	Для установок, що почали будуватись до кінця 2021
Придатні відновлювані джерела / інші технології:	Геотермальна електрична, Сонячна теплова електрика, Сонячна фотоелектрика, Сонячна теплова, Вітер (усі), Геотермальні теплові насоси, Когенерація, Біомаса, Тверді побутові відходи, Біогаз зі звалищ відходів, енергія припливів, енергія хвиль, вітер (малі), Гіотермальна прямої дії, Паливні елементи, Мікротурбіни, Офшорний вітер.
Сектори:	Комерційний, Промисловість, комунальні підприємства (інвесторні та кооперативні), Агросектор
Сума стимулювання:	26% для сонячних батарей, паливних елементів, малих вітроустановок 10% для геотермальних, мікротурбін та ТЕЦ 30% для Офшорного вітру

²⁰ – <https://programs.dsireusa.org/system/program/detail/734>²¹ – <https://programs.dsireusa.org/system/program/detail/658>

Максимальна сума стимулювання:	Паливні елементи: 1500 доларів за 0,5 кВт; Мікротурбіни: 200 доларів за кВт; Малі вітрогенератори, введені в експлуатацію 04.10.08 - 31.12.08: 4000 доларів; Малі вітрогенератори, введені в експлуатацію після 31.12.08: без обмежень. Усі інші прийнятні технології: без обмежень
--------------------------------	---

Прийнятний розмір системи:	Малі вітрогенератори: 100 кВт або менше; Паливні елементи: 0,5 кВт або більше Мікротурбіни: 2 МВт або менше ТЕЦ: 50 МВт або менше (для установок більше 15 МВт _{ел} застосовується зменшений обсяг стимулювання)
----------------------------	---

Технологія	31.12.20	31.12.21	31.12.22	31.12.23	31.12.24	31.12.25	Наступні роки
Фотоелектрика, Сонячне водонагрівачі, Сонячне опалення / охолодження, Сонячне промислове тепло	26%	26%	26%	22%	22%	22%	10%
Гібридне сонячне освітлення, Паливні елементи, Малі Вітроустановки, Технології отримання енергії з відходів	26%	26%	26%	22%	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Геотермальні теплові насоси, Мікротурбіни, Когенераційні системи	10%	10%	10%	10%	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Геотермальна електрика	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Вітер (великі установки)	18%	18%	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д

Податковий кредит на ВДЕ для житлового сектору

Платник податків може претендувати на кредит для системи, яка обслуговує житловий блок, розташований у Сполучених Штатах, який належить платнику податків і використовується як місце проживання. Витрати на обладнання враховуються після завершення монтажу. Якщо установка проводиться в новому будинку, датою "введення в експлуатацію" є дата заселення власником будинку. Витрати включають витрати на оплату праці на підготовку на місці, складання або оригінальну установку системи, а також на труби або проводку для з'єднання системи з будинком. Якщо федеральний податковий кредит перевищує податкові зобов'язання, надлишкову суму можна перенести на наступний рік оподаткування. Максимально допустимий кредит, вимоги до обладнання та інші деталі залежать від технології.

Таблиця 2.3

Податковий кредит на ВДЕ для житлового сектору²²

Термін дії:	01/01/2006 – 31/12/2023*
Придатні відновлювані джерела / інші технології:	Сонячна тепла, Сонячна фотоелектрика, Біомаса, Геотермальні теплові насоси, Вітер (малі), Паливні елементи, що використовують відновлюване паливо
Сума стимулювання:	26% від вартості проекту (вкл. витрати на оплату праці на підготовку місця встановлення, монтаж, трубопроводи та електропроводку для з'єднання системи з будинком)
Максимальна сума стимулювання:	Сонячно-електричні системи, введені в експлуатацію після 2008 року: без максимуму Сонячні водонагрівачі, введені в експлуатацію після 2008 року: без максимуму
Вимоги до обладнання:	Житло, в якому встановлена сонячні водонагрівачі має бути сертифікована Solar Rating and Certification Corporation (SRCC) або аналогічною організацією, схваленою державою. Принаймні, половина енергії, що використовується у житловій будівлі для нагріву води має бути сонячною.

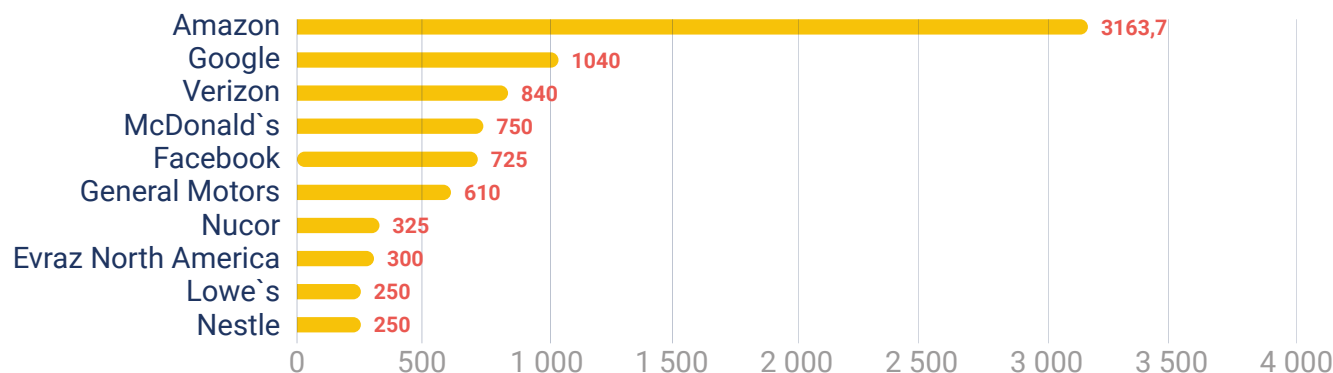
* 22% з 01.01.2023 по 31.12.2024

Корпоративні закупівлі та зобов'язання енергетичних компаній щодо ВДЕ

За даними 2-го щорічного звіту "Deal Tracker Top 10" Альянсу покупців відновлюваної енергії (Renewable Energy Buyers Alliance - REBA), організації, що представляє та виступає від імені багатьох найбільших корпоративних покупців енергії в Сполучених Штатах, у 2020 році корпорації підписали контракти на рекордні 10,6 ГВт потужності з ВДЕ²³.

Рисунок 2.17

Загальна заявлена потужність контрактів з відновлюваної енергії (МВт)



ТОП-10 найбільших корпоративних покупців ВДЕ електроенергії, станом на грудень 2020 р.²⁰

²² — <http://www.energystar.gov/taxcredits> та <https://programs.dsireusa.org/system/program/detail/1235>

²³ — <https://pv-magazine-usa.com/2021/02/10/top-10-u-s-corporate-renewable-energy-buyers-of-2020/>

5 Найбільших постачальників енергії, що дали зобов'язання щодо досягнення нульових викидів до 2050²⁴:

Dominion Energy

 **7,5 млн споживачів**

у 18 штатах

Duke Energy

 **7,7 млн споживачів е/е**

та 1,6 млн споживачів газу у 6 штатах

Southern Company

 **4,2 млн споживачів**

у 6 штатах

Xcel Energy

 **3,6 млн споживачів е/е**

та 2 млн споживачів газу у 8 штатах

Public Service Enterprise Group

 **2,3 млн споживачів е/е**

та 1,9 млн споживачів газу

²⁴ — <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-5-biggest-u.s-utilities-committing-to-zero-carbon-emissions-by-mid-century>

ЕНЕРГІЯ З БІОМАСИ



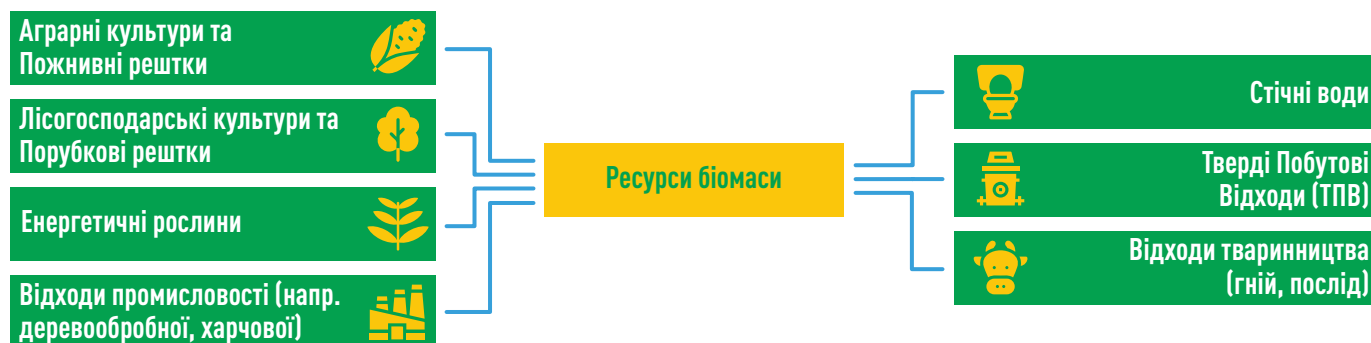


Біомаса¹ –

невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва). Біомаса є CO₂-нейтральним паливом, оскільки в процесі росту рослини поглинають такий самий обсяг CO₂, який потім виділяється при спалюванні цієї біомаси.

Ресурси біомаси для виробництва енергії/палив дуже різноманітні та включають лісогосподарські культури та порубкові рештки, аграрні культури та пожнивні рештки, відходи промисловості (напр. деревообробної, харчової), відходи тваринництва (гній, послід), стічні води, тверді побутові відходи та енергетичні рослини (Рисунок 3.1).

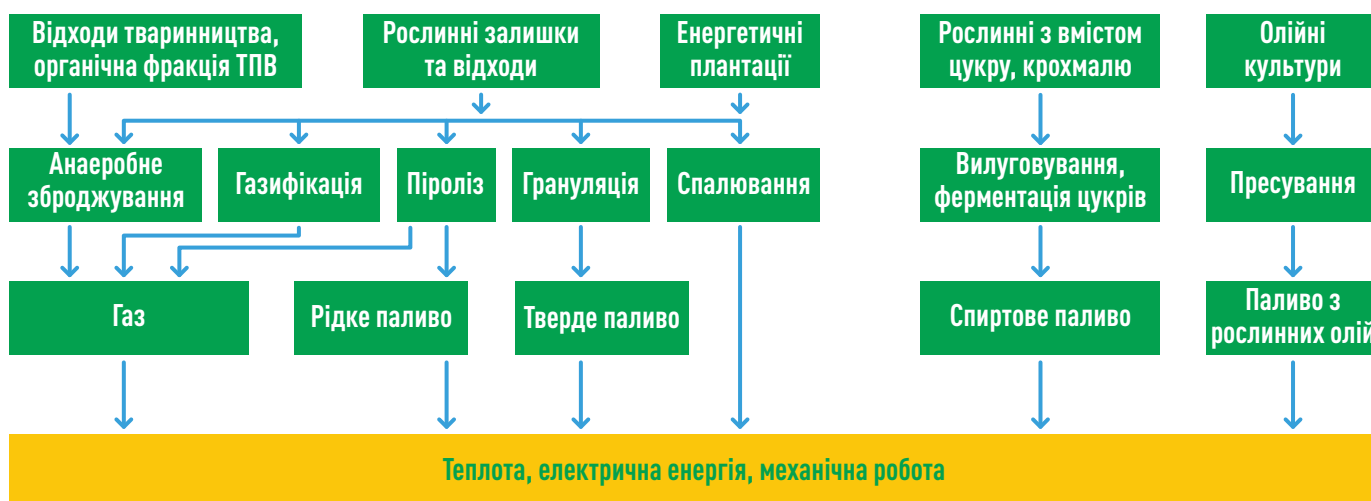
Рисунок 3.1



Ресурси біомаси

До основних фізичних та енергетичних характеристик біомаси відносять вологість та зольність, нижчу теплоту згорання, насипну щільність, розмір часток та температуру плавлення золи. З використанням різних технологій з біомаси можна отримувати тверді, рідкі та газоподібні палива для виробництва теплової та електричної енергії, а також для застосування у галузі транспорту.

Рисунок 3.2



Способи виробництва енергії з біомаси

¹ – ЗУ «Про альтернативні види палива», Ст.1 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>

Рисунок 3.3



Види твердих біопалив

Вибір способу перевезення біомаси/твердих біопалив залежить від відстані транспортування. Так, економічно обґрунтовані відстані для транспортування деревної тріски з порубкових решток складають до 50-100 км, для деревної тріски з пиловнику - до 150 км, а деревну тріску з енергетичних деревних культур доцільно перевозити на відстань до 100-200 км. Для відстаней більше 145 км рекомендовано використовувати залізничний транспорт. Кількість енергії на одиницю корисного навантаження, доставленого кінцевому споживачеві, залежить від насипної щільності. Перевезення біомаси/твердих біопалив із низькою насипною щільністю на відстані, що перевищують рекомендовані може призвести до збільшення кількості ходок (або одиниць) транспортного засобу, що у свою чергу спричинить високі транспортні витрати і суттєво підвищить кінцеву вартість палива. Тверде біопаливо із найбільшою насипною щільністю – це деревні гранули (інша назва пелети), які економічно доцільно перевозити на відстані більше 100 км.

Таблиця 3.1

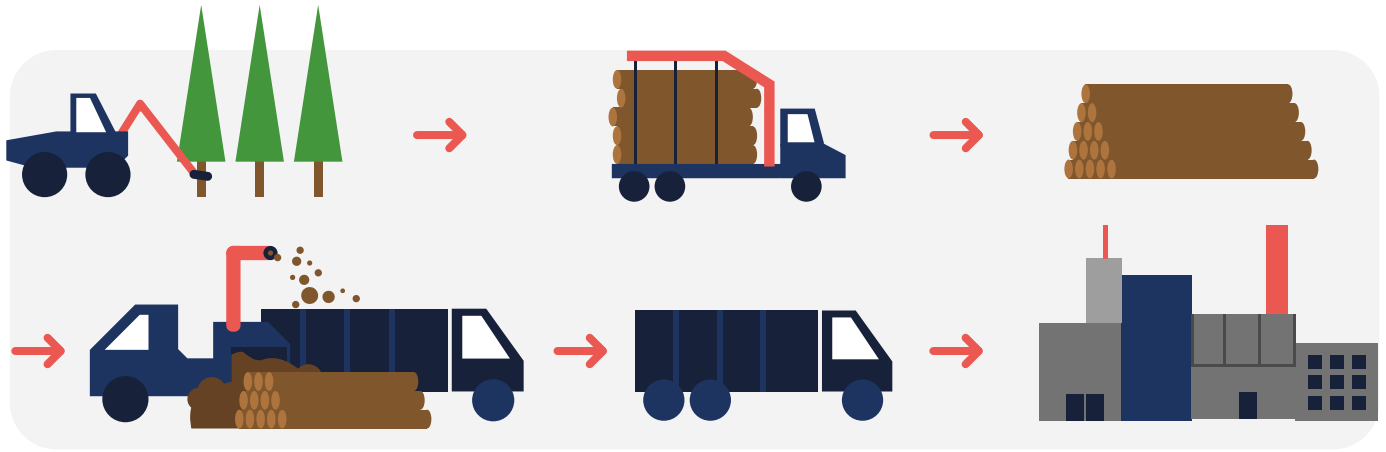
Насипна щільність різних видів твердих біопалив, кг/м³

Дрова колоті (33 см, складені)				Дрова колоті (33 см, насипом)				Деревна тріска				Деревні гранули		Тюки соломи/стебел
Вологість 15%				Вологість 30%				Вологість 8%				Вологість 15%		Вологість 8-9%
Бук	Дуб	Ялина	Сосна	Бук	Дуб	Ялина	Сосна	Бук	Дуб	Ялина	Сосна	DINplus, ENplus		Злакові, кукурудза
445	436	304	340	312	305	213	238	295	289	194	217	650-750		120-200

В залежності від виду біомаси та типу її ущільнення відрізняються і логістичні схеми, за якими здійснюється постачання біомаси на енергетичний об'єкт. Основними елементами будь-якої логістичної схеми є 4 складові:

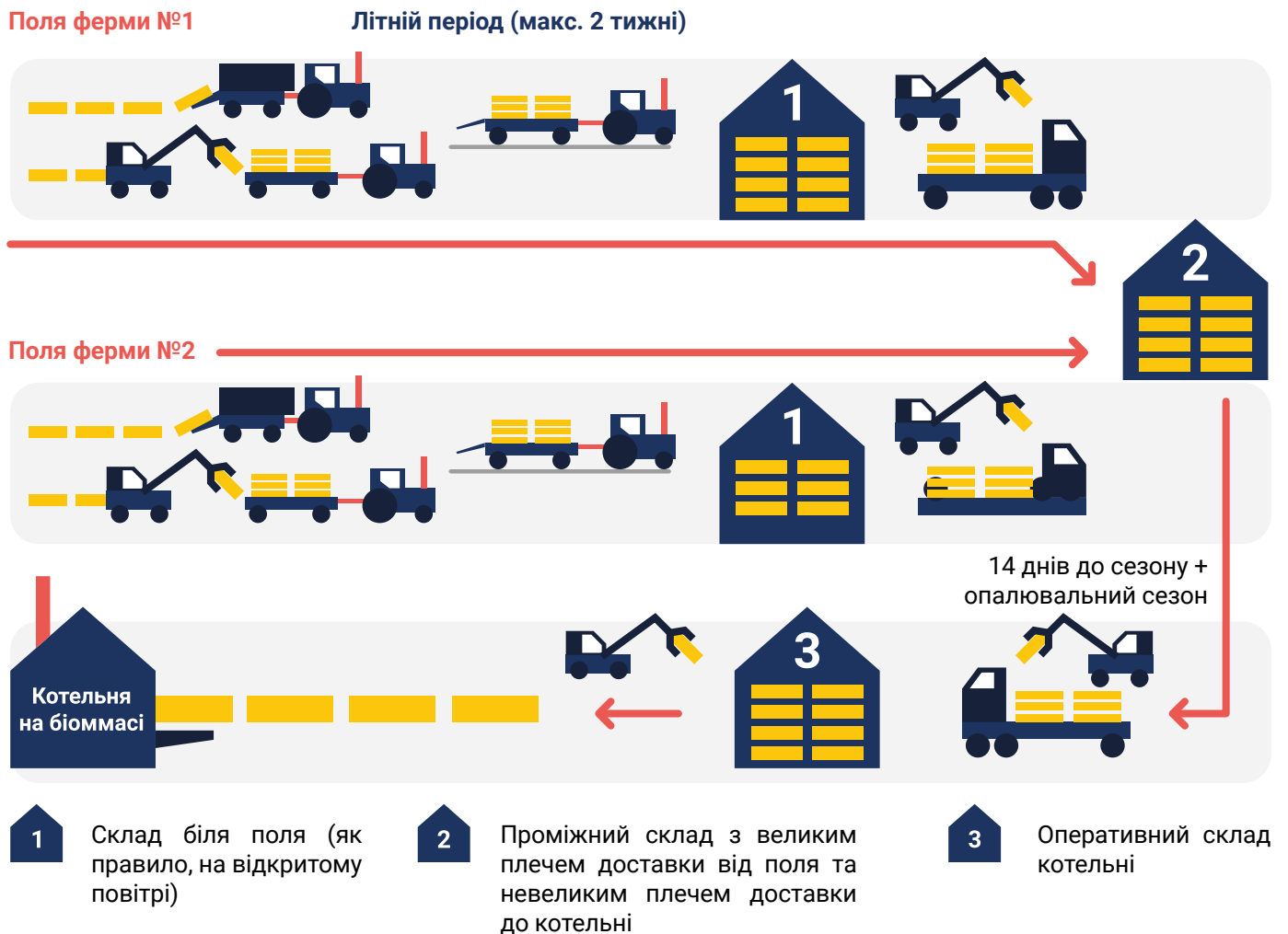


Рисунок 3.2



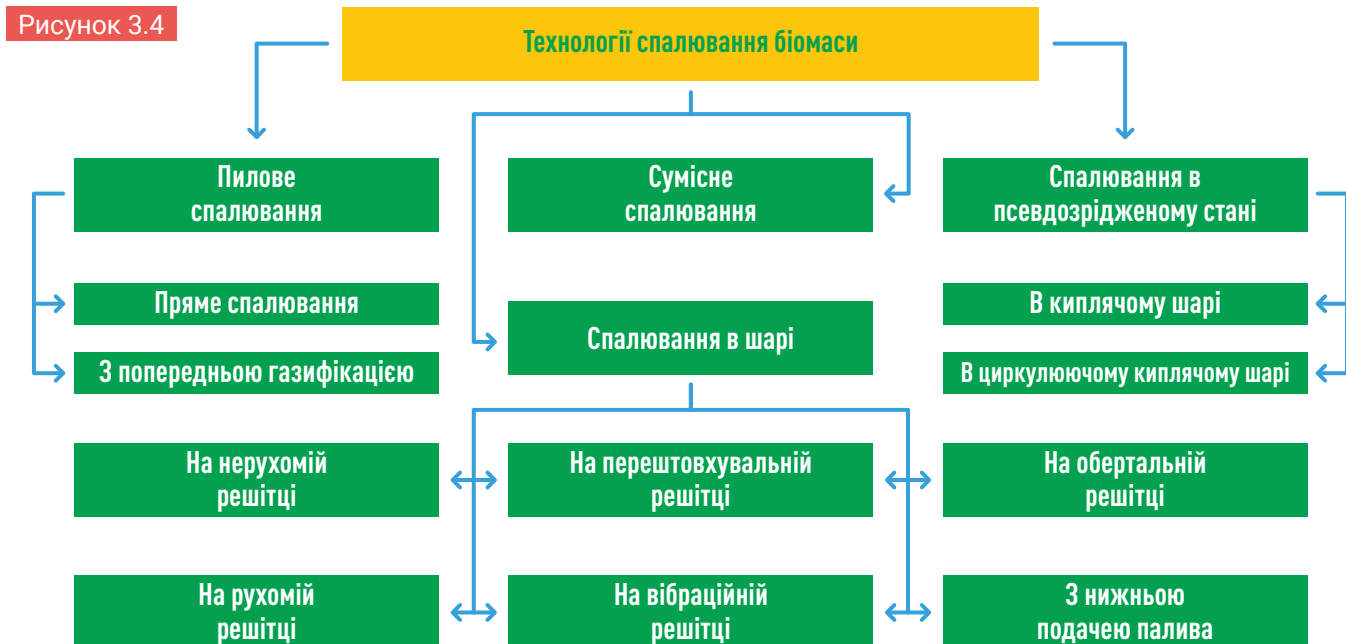
Принципова схема логістики деревної тріски

Рисунок 3.3



Принципова логістична схема для агробіомаси

Технологічні рішення для виробництва теплової енергії з біомаси залежать від масштабу та призначення теплогенеруючих установок, а також виду біомаси, що використовується як паливо. Технології спалювання біомаси розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове спалювання, спалювання в псевдозрідженому стані (в киплячому шарі), а також комбінований тип – сумісне спалювання біомаси з іншими паливами.



Технології спалювання біомаси ²

Дані Державної служби статистики України з Енергетичного балансу України за 2019 рік свідчать, що у структурі виробництва енергії з відновлюваних джерел найвагомішу частку займали біопаливо та відходи – 79,3%. За період 2010-2019 рр. середній приріст біоенергетики в рік складав 16%.

Рисунок 3.5

Середньорічний темп приросту біоенергетики в Україні 16%

тис. т н.е./рік.



Середньорічний темп приросту біоенергетики в Україні³

У структурі виробництва електроенергії з ВДЕ у 2019 році частка біопалив становила 3,1%, тоді як у 2018 році було 2,1%. Обсяг «виробництва біопалив та відходів» становив 3786 тис. т н. е. у 2019 році (на противагу 3726 тис. т н. е. у 2018 році). Постачання первинної енергії з біопалив та відходів в обсязі 3362 тис. т н. е. у 2019 році еквівалентне заміщенню близько 4,2 млрд м³ природного газу.⁴

Згідно прогнозних оцінок щодо розвитку біоенергетики в Україні, серед найбільш перспективних видів біомаси – сільськогосподарські залишки та енергетичні рослини (разом – агробіомаса).

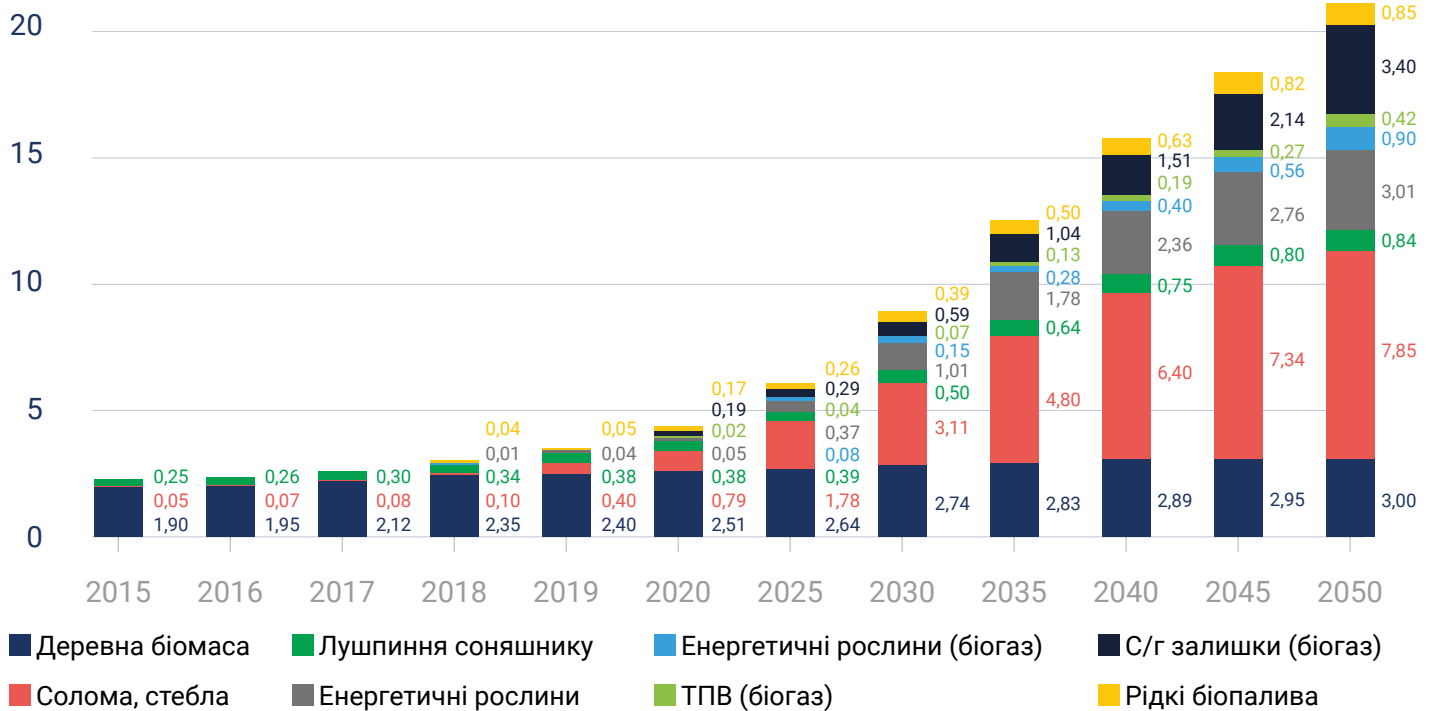
² – <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/posibnyk-onovleniy-2016.pdf>

³ – <https://uabio.org/materials/9378/>

⁴ – <http://www.ukrstat.gov.ua/express/expr2020/11/148.pdf>

Рисунок 3.6

МЛН Т Н.Е.



Прогноз структури використання біопалив в Україні до 2050 р. за їх видами



Енергетичні рослини –

це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо в якості палива або для виробництва біопалива. Енергетичні рослини розрізняють за наступними категоріями:

цикл вирощування –

однолітні (ріпак, соняшник) та багаторічні (верба, тополя);

тип –

деревоподібні (верба, тополя), трав'яністі (міскантус, просо прутіподібне);

характеристики –

й, відповідно, отримуваний кінцевий продукт – олійні (ріпак/соняшник на біодизель), крохмале- та цукровмісні (цукровий буряк/кукурудза на біоетанол), лігноцелюлозні (верба/тополя для безпосереднього виробництва теплової та електричної енергії, виробництва твердих біопалив або отримання рідких біопалив 2-го покоління);

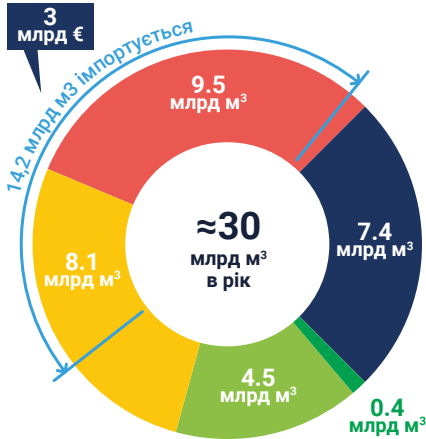
«походження» –

класичні культури, які з самого початку призначені для суто енергетичних цілей (міскантус, двукісточник тростиноподібний) та звичайні сільськогосподарські культури, що вирощуються як для отримання харчових продуктів, так і з метою виробництва біопалив (ріпак на біодизель, цукровий буряк на біоетанол, кукурудза на біогаз).

У відповідності до оцінок Держенергоефективності, що наведені на наступній діаграмі, за рахунок вирощування та використання в енергетичних цілях енергорослин можна замінити близько 20 млрд м³ природного газу в рік. Для порівняння – у 2019 р. було імпортовано 14,2 млрд м³ газу на суму 3 млрд євро.

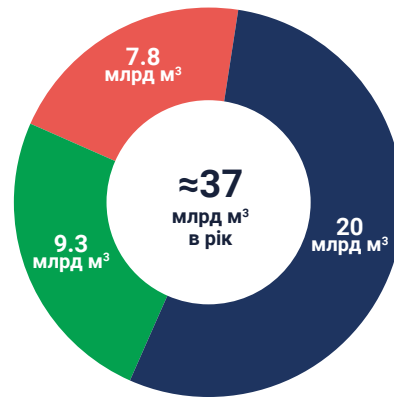
Рисунок 3.7

Структура поживання газу за 2019 р.



- Промисловість
- Бюджет
- Населення
- ВТВ та ін.
- ТКЕ

Енергетичний потенціал заміщення газу



- Енергорослини
- Відходи с/г
- Біометан

Можливості заміщення газу (бачення Держенергоефективності)⁵

В ДАЕЕ підтримують наступні пропозиції законодавчих змін щодо сприяння вирощуванню енергетичних рослин:

- визначення терміну «енергетичні рослини»;
- оренда маргінальних земель - без аукціону;
- орендна плата - до 5% нормативної грошової оцінки;
- строк договору оренди на землю - не менше 20 років;
- передбачення державної підтримки

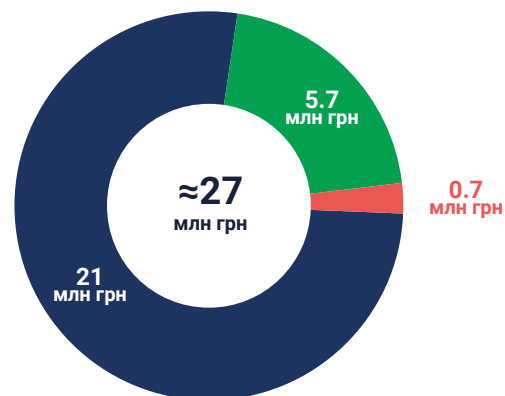
Рисунок 3.8

Видатки з бюджету (одноразові)



- Державна підтримка на 1 тис. га

Находження до бюджету (щорічні)



- Економія за рахунок заміщення газу
- Економія при виробництві тепла
- Податки з заробітної плати

Інші вигоди:

- ✓ Відновлення родючості
- ✓ Відновлення родючості

Розрахунок економії держбюджету у разі надання підтримки на вирощування енергетичних рослин на 1 тис. га (бачення Держенергоефективності)⁶

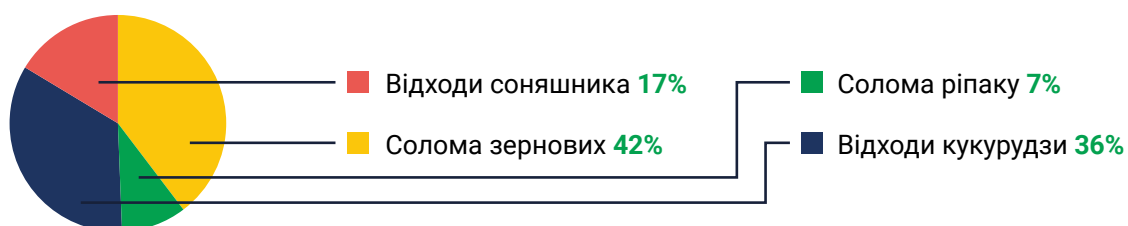
⁵ — <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Prezentatsiya%20shchodo%20EP%2028.01.2021.pdf>

⁶ — <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Prezentatsiya%20shchodo%20EP%2028.01.2021.pdf>

Таблиця 3.1

Структура та обсяг відходів с/г культур

	Загальний обсяг, млн тонн	Частка доступна для отримання енергії, %	Економічний потенціал, млн тонн
Солома зернових	33,5	15%	
Солома ріпаку	3,9	15%	
Відходи кукурудзи	37,0	40%	
Відходи соняшника	19,1	8%	
Всього	93,5	9-8%	

Потенціал заміщення 9,3 млрд м³ газу

Згідно даних ДАЕЕ, за рахунок використання відходів сільського господарства в енергетичних цілях можна замінити близько 9,3 млрд м³ природного газу в рік. Структура потенціалу заміщення щодо агрокультур наступна:

42%

солома зернових

36%

відходи кукурудзи

17%

відходи соняшника
(включаючи лушпиння)

7%

солома ріпаку

Передбачається, що на енергетичні цілі буде доступно 30% соломи зернових та по 40% від всіх інших згаданих видів відходів. Всього загальний обсяг відходів с/г культур складає 93,5 млн тонн, частка доступна для отримання енергії – 37%, тому економічний потенціал оцінюється у 34,05 млн тонн.

У відповідності до розрахунків економічної ефективності використання біопалива ⁷ були отримані наступні результати:

⁷ – http://saee.gov.ua/sites/default/files/Heat_biomass_ua.pdf

Розглянемо розрахунок економії використання біопалива (дров/пелет) у випадку заміни газового котла. Опалення типового приватного **будинку площею 150 м² у місті Києві**, в якому проживає 2-3 особи:

варіант 1

котел на брикетах та дровах

варіант 2

котел на пелетах

Таблиця 3.2

Показники	Газовий котел	Котел на дровах	Котел на пелетах
Технічні параметри:			
Встановлена потужність (кВт)	22	22	22
ККД котла, %	92	78	84
Потреба в опаленні, Гкал	37	37	37
Теплотворна здатність палива (газ - Гкал/тис.м³, біопаливо - Гкал/т)	8,0	3,0	4,1
Обсяг використання палива за рік, (газ - тис. м³, біопаливо - тонн)	5,0	15,8	10,7
Економічні параметри:			
Ціна (тариф) для населення (газ - грн/тис. м³, біопаливо - грн/т)	7 274,2	1 500	2 500
Витрати на опалення за сезон, у тому числі, грн	36 371	23 700	29 218
– на паливо, грн	36 371	23 700	26 750
– на електроенергію для автоматичної подачі пелет в котел, грн	–	–	2 368
Економія за використання біопалива, грн	–	12 671	7 153
Вартість обладнання, у тому числі, грн	–	35 727	73 528
– вартість котла, грн	–	25 519	63 937
– витрати на доставку та встановлення котла, грн	–	10 208	9 591
Термін окупності, роки	–	≈3	≈10

Техніко-економічні параметри можуть відрізнятись від реальних умов експлуатації обладнання.

Важливо!
Під час виробу твердопаливного котла звертайте увагу на технічні характеристики відповідно до стандартів ЄС.

Прикладом проекту вирощування та використання енергетичних культур є **енергетичний кластер в смт. Іваничі (Волинська область)**.

В 2014 році компанією "Salix Energy" побудовано 3 котельні загальною потужністю 3,4 МВт, паливом для яких є деревна тріска з плантацій енергетичної верби, що розташовані в радіусі 20 км.⁸



Котельня «1» –
потужність 0,85 МВт



Котельня «2» –
потужність 1,35 МВт



Котельня «3» –
потужність 1,22 МВт



Котельні експлуатуються на основі договорів оренди, що були підписані в результаті проведення тендеру на оренду комунального майна.

В результаті реалізації проекту була проведена реконструкція газових котелень з встановленням твердопаливних котлів і системи подачі палива, а також прокладені нові теплові мережі. До однієї з котелень було підключено нового споживача.



Автоматизований 1-2-добовий склад палива з шнековою подачею палива до проміжного бункера

⁸ – https://abf8a58e-466b-4905-8390-c14a1d8df6e1.filesusr.com/ugd/a3d4bc_fe5c1ba748614f89b5f42f479520072c.pdf



Проміжний бункер палива(сірий) та твердопаливний котел Kalvis (червоний), що дозволяє спалювати тріску вологістю до 50%

Економія бюджету Іваничівського району від переходу з газу на біопаливо тільки по сезону 2016/2017 рр. становила близько 2,7 млн грн.

Аналіз використання агробіомаси виконаємо на прикладі енергоефективної громади – **Харківського енергетичного кластеру (с. Веселе).**

У громаді мешкає 1800 осіб. Неподалік від села на 2,2 тис. га вирощують зернові культури, в процесі чого утворюється і залишається солом. Започатковано виробництво брикетів з соломи з метою спалювання у котлах. Також у котлах спалюють комиш і так звану мішанку (комиш, кукурудзу й сіно).⁹

Структура генерації підприємствами кластеру¹⁰:

Геліоенергетика –

24,6 МВт

Біогазова генерація –

6,8 МВт

Теплогенерація на біомасі –

8,2 МВт

Енергоефективні будівлі –

18 МВт

В модульній котельні на соломі, що опалює школу, встановлено 2 котли потужністю 0,4 МВт кожен. За опалювальний період 2018/2019 рр. ця школа заощадила на теплопостачанні 82%, що в грошовому еквіваленті склало близько 3,3 млн грн.

⁹ – <https://decentralization.gov.ua/news/10438>

¹⁰ – <https://hromady.org/wp-content/uploads/2019/06/%D0%86%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D1%83-%D0%86%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%94%D0%B2-%D0%A1.pdf>

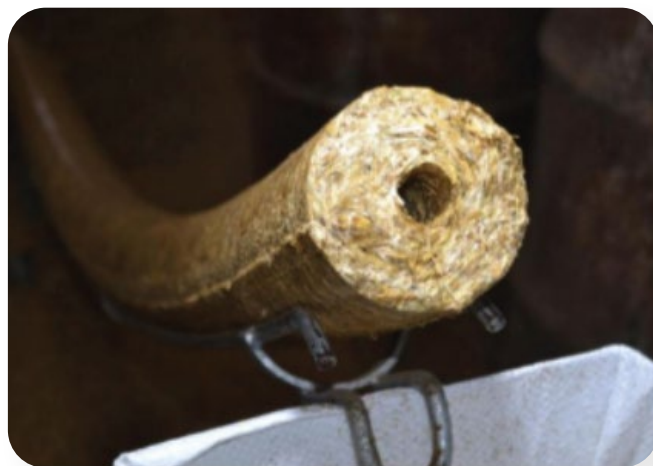


Школа, в якій встановлено 2 котли по 0,4 МВт на брикетах з соломи

В рамках першої фази проекту «Енергоефективне село» у с. Веселе був проведений ліцензований енергоаудит об'єктів соціальної сфери населеного пункту, а також організовано навчальний курс з енергоаудиту для активних представників сільської громади Веселого. Дані дії стали можливими завдяки залученому гранту волонтерами Корпусу Миру США – за програмою “Small project assistance” (SPA) Агенції США з міжнародного розвитку (USAID).¹¹

Брикети з соломи компанії «АгроК» (Миколаївська обл.)

Фермерське хазяйство «АгроК» (Миколаївська область) виробляє брикети з власної соломи зернових культур та інших рослинних відходів. Для виробництва використовується обладнання польської компанії ASKET. В брикети не додається ніяких зв'язувальних або клейких матеріалів. Поточна потужність брикетувальної лінії невелика – 90 кг/год, але вже є плани по її збільшенню до 160-180 кг/год шляхом додавання до обладнання ще одного ствола. Подрібнювач біомаси являє собою наборну конструкцію, що дає можливість поетапно збільшувати обсяги виробництва шляхом докупки деяких необхідних агрегатів без проведення серйозних «апгрейдів».



Брикетувальна лінія може працювати при температурі оточуючого середовища не нижче 5°C. Запасу власної сировини вистачає на рік безперервної роботи. Перші спроби реалізації брикетів на місцевому ринку були зроблені весною 2017 р. Для зацікавлення потенційних споживачів «АгроК» провело рекламно-маркетингову компанію, яка включала безоплатне надання місцевому населенню зразків продукції протягом літнього періоду, а також продаж невеликих партій продукції на ярмарку в райцентрі на початку осені. На сьогодні компанія має достатньо замовлень на продаж брикетів із сусідніх сіл, більшість яких є негазифікованими, і вважає, що існуючого попиту буде достатньо для реалізації брикетів навіть при збільшенні потужності виробництва до 300 кг/год.¹²

¹¹ – <http://www.biowatt.com.ua/trends/rezultati-proektu-energoefektivne-selo-u-harkivskij-oblasti/>

¹² – <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf>

У 2017 році компанія «Нива Переяславщини» збудувала парову котельню на тюкованій соломі. Кошти надані в межах програми ЄБРР – FINTECC. Котельня працює на соломі та виробляє технологічний пар для виробничого майданчика в с. Переяславське. Солома заготовлюється на власних полях підприємства. В котельні встановлено паровий котел Danstoker паропродуктивністю 2,5 т/год та систему паливоподачі компанії Linka (Данія). Конструктивні особливості та автоматика котла забезпечують регулювання процесу згорання палива і високий показник ККД, завдяки чому в ньому згорають практично всі пожнивні рештки. Для очистки димових газів встановлено фільтр циклонного типу. З 2009 року компанія встановила котли на соломі на всіх дев'яти свиногокомплексах підприємства.¹³

Таблиця 3.3

Парова котельня на тюкованій соломі компанії «Нива Переяславщини»

Оператор	Група компаній «Нива Переяславщини»
Місцезнаходження	с. Переяславське, Київська область
Теплова потужність	2,5 т/год, 2 МВт
Котел	Danstoker, Linka-H
Вид палива	Солома тюкована
Рік будівництва	2017



Парова котельня на тюкованій соломі компанії «Нива Переяславщини»

У США

Згідно оцінок Управління інформації в області енергетики США (EIA), взимку 2020 – 2021 рр. майже 1,8 млн домогосподарств США (це близько 1,4% від усіх домогосподарств) для опалення житлових приміщень використовують деревні гранули як основний ресурс. Ще 8% домогосподарств використовують деревину як додаткове джерело теплової енергії.¹⁴

У 2019 році деревина та відходи (включаючи гранули та відсортовану біомасу зі звалищ) складали майже 24% від спожитих в країні ВДЕ. Крім того, частка біоетанолу, біодизелю та інших відновлюваних видів палива у споживанні ВДЕ становила близько 20%.¹⁵

¹³ – https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/09/Analitika_UABIO_energetychny-vykorystannia_agrovidhodiv.pdf

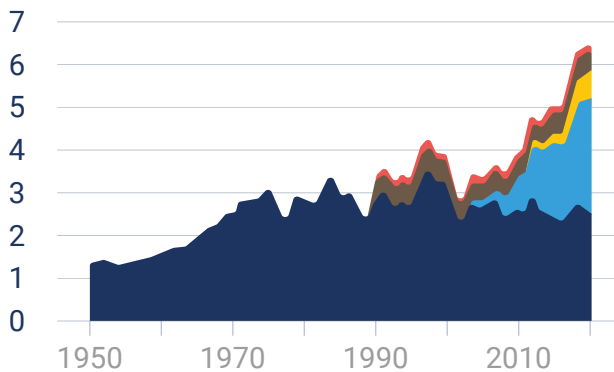
¹⁴ – <http://biomassmagazine.com/articles/17424/eia-1-8-million-households-to-use-wood-as-a-primary-heating-fuel>

¹⁵ – <http://biomassmagazine.com/articles/17451/bioenergy-biofuels-account-for-nearly-half-of-us-renewables-use>

Рисунок 3.9

Сектор споживання електроенергії

квадрильйон британських термічних одиниць



Геотермальна

Сонячна

Біопалива

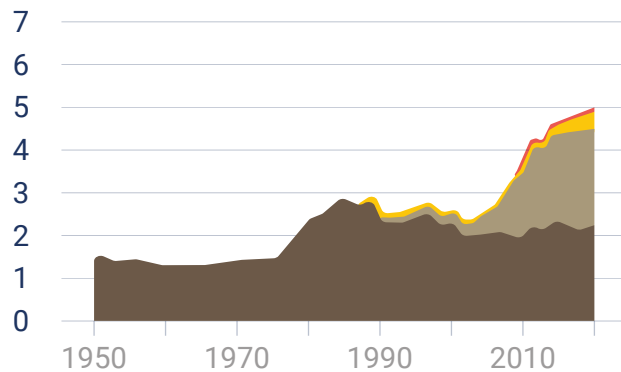
Деревина та відходи

Вітер

Гідроенергія

Всі інші сектори споживання

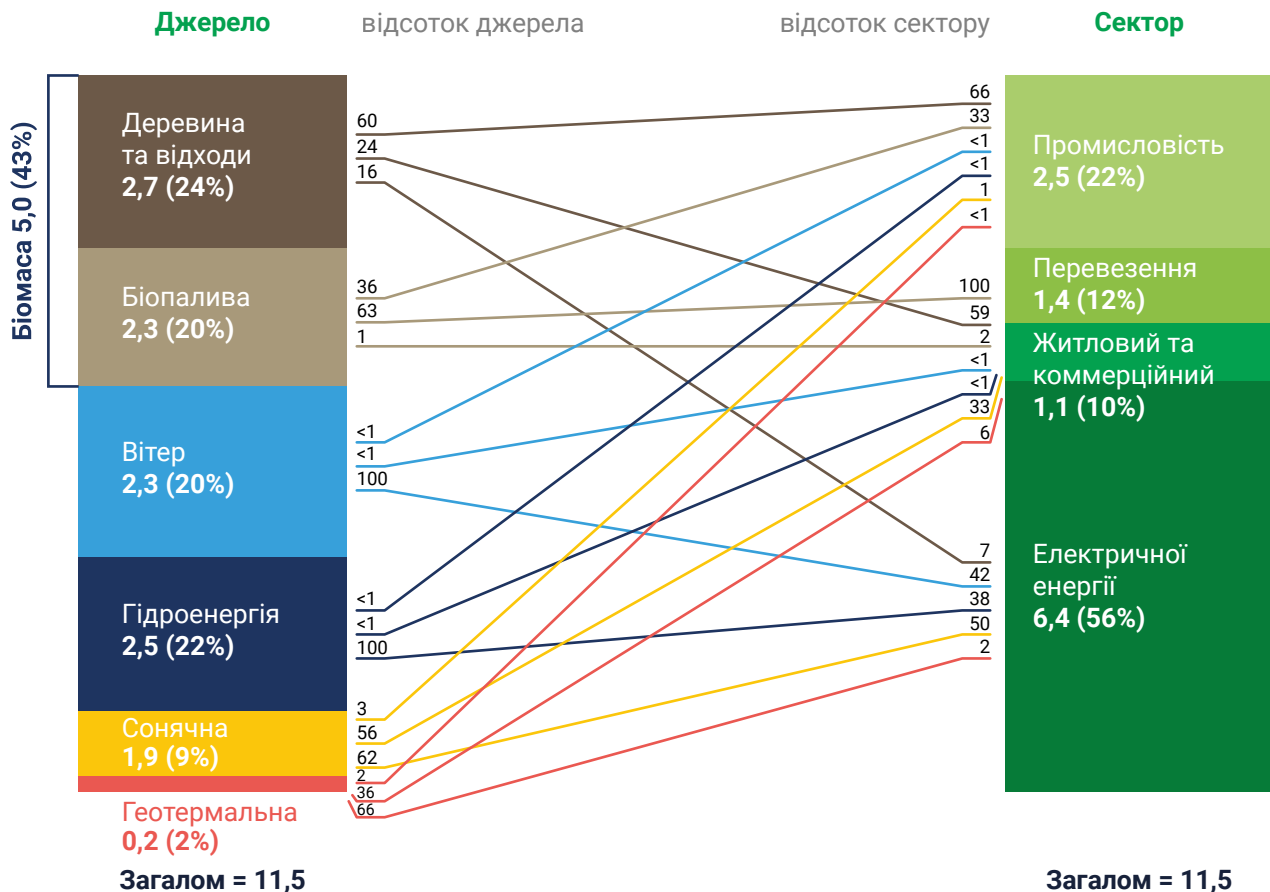
квадрильйон британських термічних одиниць



Споживання ВДЕ у США за секторами у 1950-2019 рр.

Із наведених діаграм видно, що в секторі електрогенерації основними відновлюваними джерелами енергії, що споживаються, є гідроенергія та енергія вітру. В цьому секторі роль енергії з сонця та біомаси значно менша. Однак в усіх інших секторах споживання дерева та відходи разом з біопаливами утримують лідерство.

Рисунок 3.10

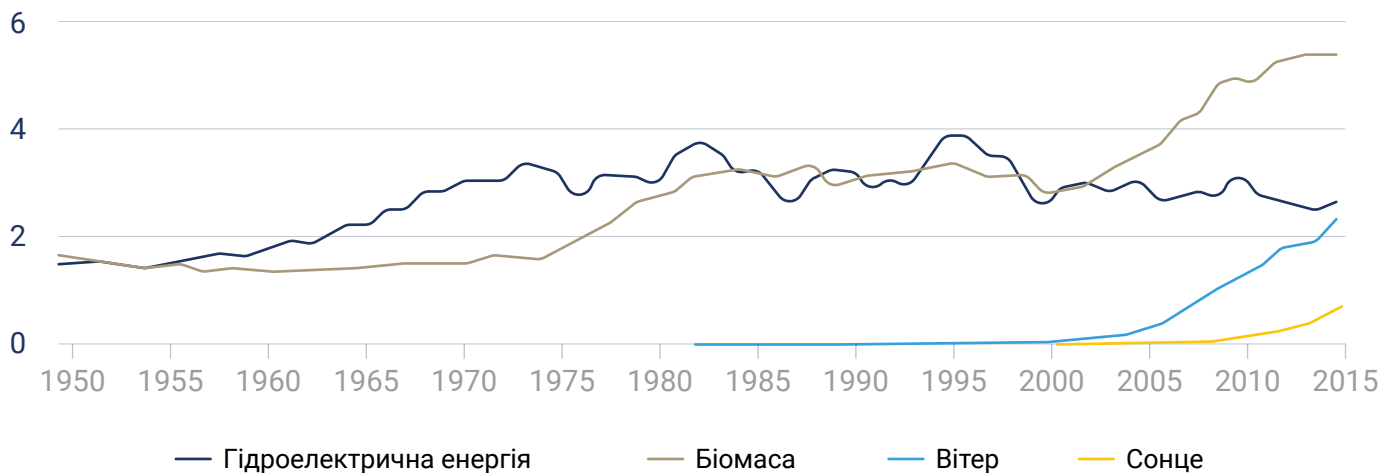
Споживання первинної відновлюваної енергії у США за джерелами та секторами 2019 р. (квадрильйони Btu)¹⁶¹⁶ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/images/2020.10.19/main.png>

Згідно даних на діаграмі, у 2019 р. було спожито 126 млн т н.е. біомаси¹⁷, з них 68 млн т н.е. складають деревина та відходи, 60% яких пішло у сектор промисловості і лише 16% на електрогенерацію.

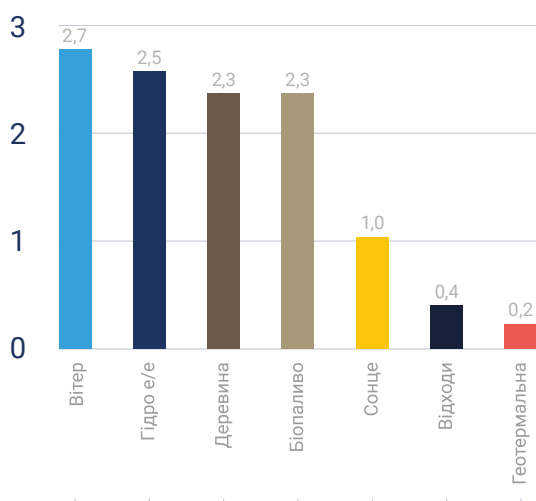
В 2019 р. у США біопалива займали перше місце по обсягам споживання енергії серед ВДЕ.

Рисунок 3.11

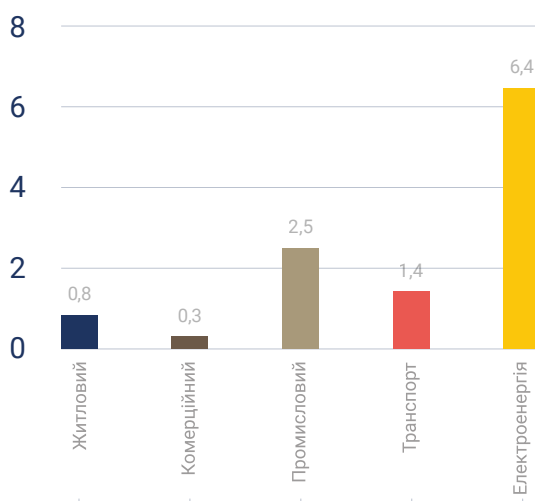
Основні ресурси, 1949-2019



За джерелом, 2019



За сектором, 2019



Споживання відновлюваної енергії, (квадрильони Btu)¹⁸

Біоенергетичний сектор (біопаливо, біомаса та біогаз) є найбільшим роботодавцем у галузі відновлюваних джерел енергії (48%), тоді як сонячна енергетика займає друге місце - 33%. Вітроенергетика посідає третє місце - 13%, тоді як геотермальна та мала гідроенергетика становлять 5% та 1% відповідно.¹⁹

В США інвестиції в біоекономіку створюють робочі місця, підвищують енергетичну безпеку та підтримують перехід до низьковуглецевої економіки.

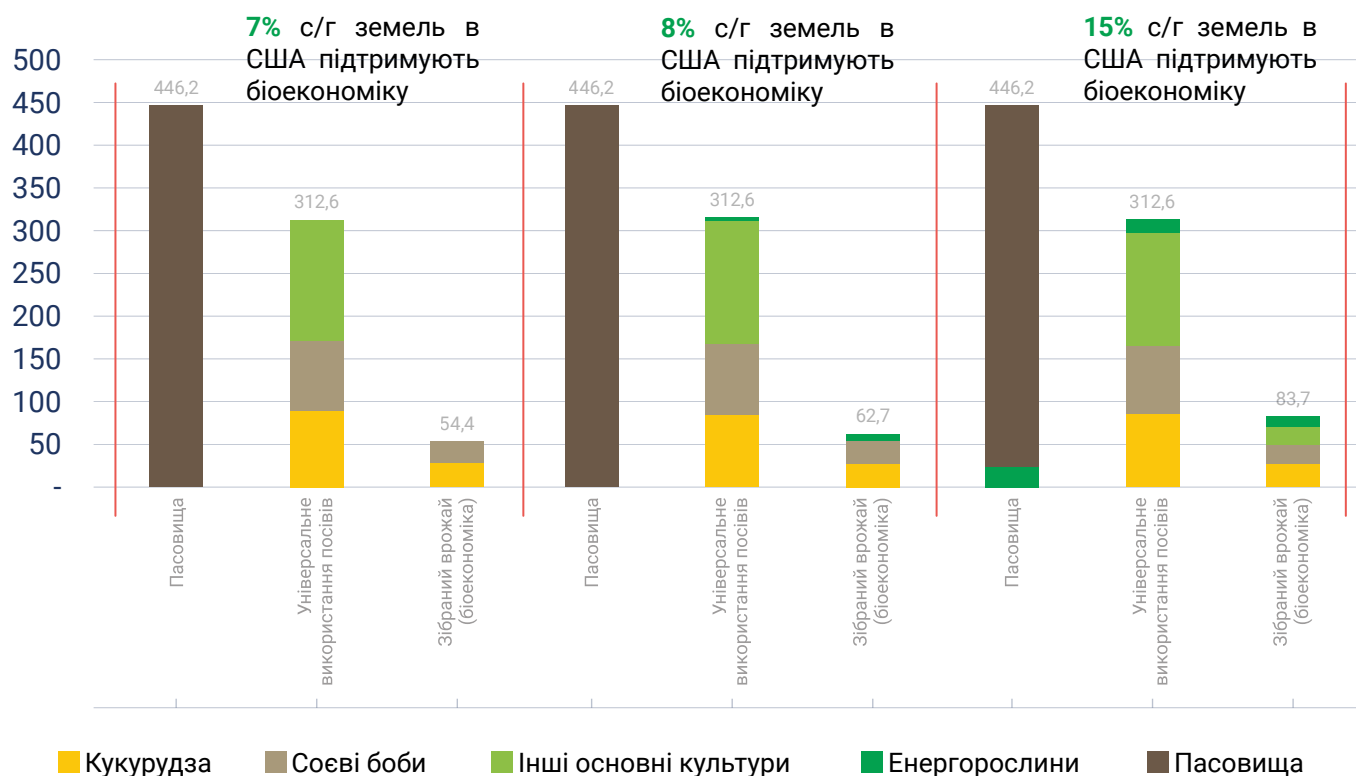
З енергетичних культур можна виробляти до 143 млрд кВт·год електроенергії та 2,65 млн т н.е. теплової енергії. На рисунку нижче порівнюється розподіл сільськогосподарських угідь США (мільйони акрів) під основні культури, що використовувались в біоекономіці у 2014 році та потенційною біоекономікою 2030 року.

¹⁷ — 5 квадрильонів Btu

¹⁸ — <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec10.pdf>

¹⁹ — <https://nawindpower.com/report-wind-solar-jobs-outnumber-coal-gas-jobs-majority-states>

Рисунок 3.12



Аналіз розподілу сільськогосподарських земель США для основних культур, що використовуються в біоекономіці (поточна та прогнозована площа, що робить вклад в біоекономіку).²⁰

Наведемо приклади використання біомаси в енергетиці

ТЕЦ на біомасі тепловою потужністю 1,6 МВт та електричною потужністю 120 кВт для забезпечення школи та теплиці в громаді Ток на Алясці²¹

Короткі дані

Розташування:
Ток, Аляска

Ринковий сектор:
Школа

Розмір об'єкту:
74 тис. м²

Електрична потужність обладнання: 120 кВт

Обладнання: Топка Messersmith / Бойлер Hurst / Парова турбіна Elliot / Подрібнювач деревини Rotochopper

Паливо: Подрібнена деревина

Використання теплової енергії: Опалення школи, теплиці, ТЕЦ

Загальна ефективність: 80%

Екологічні переваги: Скорочення викидів парникових газів (не розраховується), для громади зменшення небезпеки пожеж та неконтрольованих емісій від них. Щорічна економія на придбанні 59000 галонів дизельного палива

Загальна вартість проекту: 4,3 мільйона доларів

²⁰ — An assessment of the potential products and economic and environmental impacts resulting from a billion ton bioeconomy, Biofuels, Bioproducts and Biorefining, Volume: 11, Issue: 1, Pages: 110-128, DOI: (10.1002/bbb.1728) <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bbb.1728>

²¹ — https://chptap.lbl.gov/profile/5/Tok_AK_Gateway-Project_Profile.pdf

Щорічна економія енергії: _____ 146 000 доларів лише на опаленні

Окупність: _____ 8 років

Початок експлуатації ТЕЦ: _____ з 2013 р

Примітка!

Опалення теплиць дозволило щорічно виробляти 20 000 фунтів свіжих овочів. Додаткові теплиці додані в наступні роки.



Рисунок 3.13

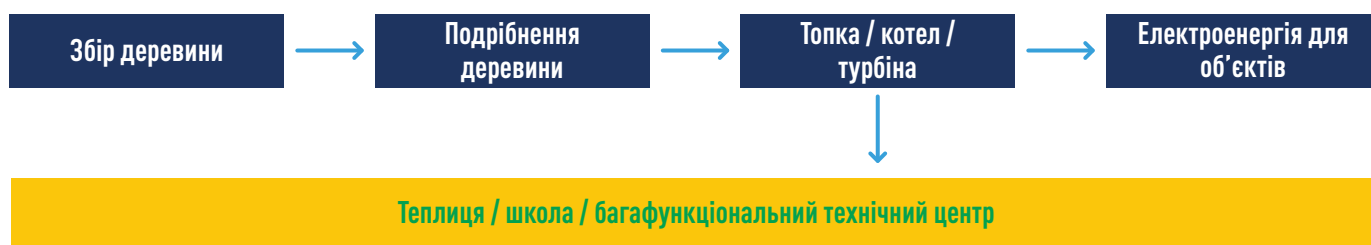


Схема заготівлі біомаси, ТЕЦ та енергетичного використання

Віддалена громада Ток (1400 чол. населення), що в штаті Аляска, розташована приблизно в 200 милях (320 км) по автобану на схід від Фейрбенкса і оточена 8,5 мільйонами гектарів лісу Танана-Валлі, управління яким ведеться громадою Ток. Велика частина цього лісу - суцільний ліс з ялинками невеликого діаметру у стовбурі. Як і у більшості віддалених невеликих громад на Алясці, високі витрати на паливо та електроенергію (\$ 427/кВт·год) мають негативний вплив на економіку громади, зокрема на шкільне господарство (скорочення персоналу та встановлення подвійних обов'язків). У 2010 році на ТЕЦ було встановлено котел на біомасі, який працює на лісовій деревині після рубок прорідження.

Підстави для впровадження ТЕЦ

- | | | | |
|--|---|---|--|
| 1
Високі витрати на паливо для тепlopостачання | 2
Високі витрати на електроенергію (\$ 427/кВт·год) | 3
Місцеве доступне паливо - біомаса від проріджування лісів | 4
Зниження вартості та збільшення доступності свіжих продуктів протягом року завдяки влаштуванню тепличного господарства |
|--|---|---|--|

Устаткування та експлуатація ТЕЦ

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1
Топка Messersmith 1,6 МВт(5,5 MBtu/год) з дров'яним котлом Hurst серії N65 150 HP з електрофільтром | 2
Шнек для подрібнення деревини з критим бункером для зберігання палива на 120 т | 3
Парова турбіна Elliott потужністю 120 кВт | 4
Система трубопроводів, по якій теплова енергія подається до школи та теплиці |
|---|--|---|--|

Протягом усього року надлишки тепла надходять у теплицю, де вирощують свіжі овочі, які зазвичай, недоступні у багатьох сільських районах Аляски. Існують плани додати ще дві теплиці.

Початкова комбінована система мала конструктивні проблеми через низьку швидкість подачі шнека, відсутність достатнього обсягу пари та невідповідність бажаній потужності для сезонних змін попиту. Були вжиті кроки для вирішення цих проблем, зокрема внесені зміни до конструкції шнеку, що збільшило об'єми переробки деревини, а в топку котла стали подавати додаткове повітря. Ця комбінація удосконалень дозволила вирішити проблеми з підвищенням ефективності використання парової турбіни.

ТЕЦ на біомасі електричної потужності 495 кВт - проект компанії Wellons Energy Solutions для комбікормового комбінату Perdue AgriBusiness²²

Короткі дані



Розташування:
Кофілд, штат Північна Кароліна



Ринковий сектор:
Виробництво продуктів харчування (NAICS 3122)



Початок експлуатації ТЕЦ:
з 2011 р.



Паливо:
(волога деревна тріска, залишки бавовняного виробництва, залишки сої та арахісу)

Обладнання: **Топка Messersmith / Бойлер Hurst / Парова турбіна Elliot / Подрібнювач деревини Rotochopper**

Електрична потужність: _____ **495 кВт**

Теплова потужність: _____ **12,8 МВт пари (42,000 lb/hr steam)**

Обладнання: _____ **(2) Котли на біомасі Wellons 600 HP (1) Паротурбінний генератор протитиску 495 кВт**

Використання теплової енергії: _____ **технологічна пара**

Використання електричної енергії: _____ **обслуговування ТЕЦ та постачання до комунальної мережі Dominion Power NC**

Ефективність системи: _____ **72-75%**

Надійність експлуатації: _____ **98,7% часу безвідмовної роботи для виробництва пари з 2011 року**

Спільний проект: _____ **Wellons Energy Solutions, Perdue AgriBusiness, LLC**

Екологічні переваги: _____ **Відновлювана біомаса з місцевих джерел, включаючи агробізнес Perdue, щорічно дозволяє уникнути викидів 18000 метричних тонн CO₂ екв.**

²² — https://chptap.lbl.gov/profile/267/perdue-wellons-chp_project_profile1.pdf

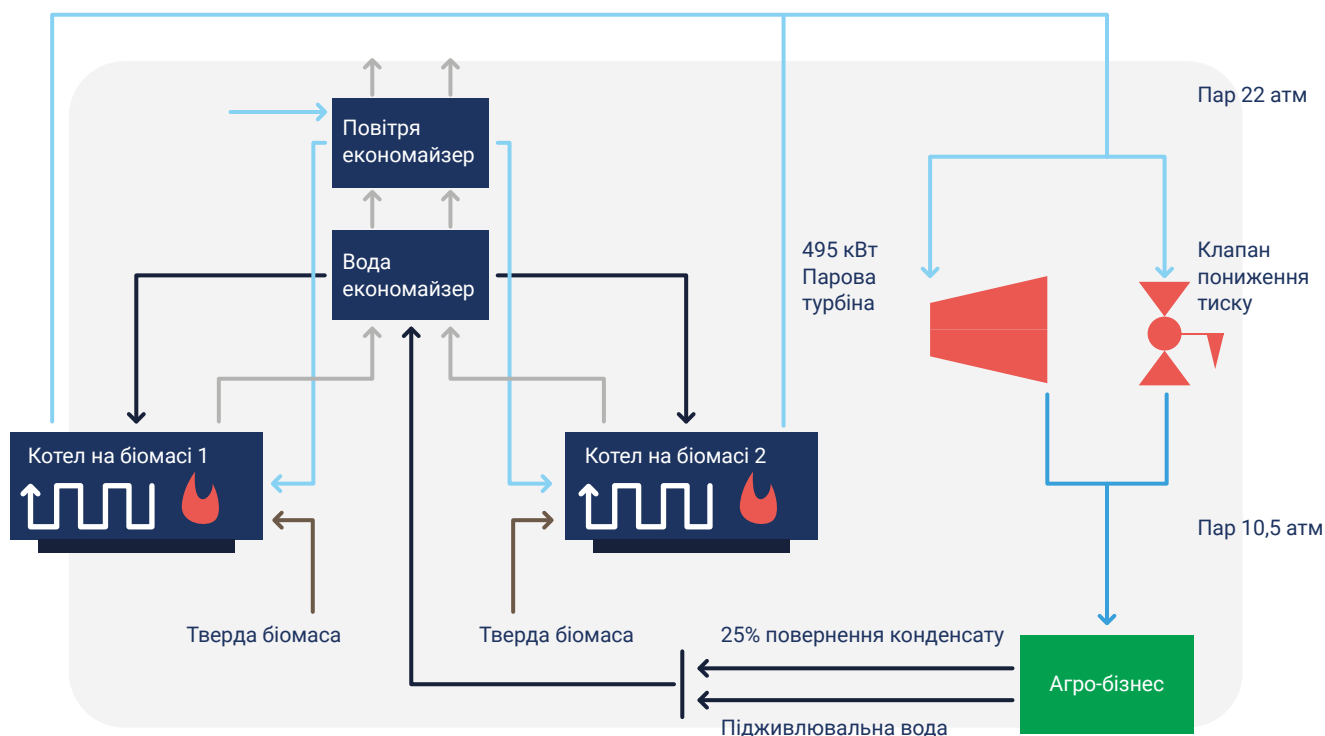
Огляд проекту

В 2011 році на комбикормовому комбінаті Perdue AgriBusiness компанія Wellons Energy Solutions розробила проект ТЕЦ, що працює на біомасі, побудувала і запустила її. Комбінат розташований у м. Кофілд штату Північна Кароліна. Він використовується для переробки сої та виробництва кормів для птиці. ТЕЦ має загальну електричну потужність 495 кВт і може подавати на комбінат Perdue AgriBusiness пару обсягом до 6,7 тис. м³/год при тиску 10,7 атм.²³ З моменту запуску середня потреба пари становила близько 6 тис. м³/год. До появи ТЕЦ для виробництва технологічної пари на комбінаті використовували газ. Зараз ТЕЦ виробляє технологічну пару за нижчою собівартістю, використовуючи паливо з біомаси, яке постачається з місцевих джерел за конкурентоспроможними цінами. Вироблена електроенергія використовується на потреби ТЕЦ, а надлишок електроенергії постачається в мережу.

Підстави для будівництва ТЕЦ

На ТЕЦ Wellons встановлено два твердопаливних котли на біомасі з водоохолодженням топки. В котлах виробляється близько 6,7 тис. м³/год пари з тиском 22,44 атм. Для постачання технологічної пари на комбінат Perdue ця основна пара проходить через парову турбіну з протитиском потужністю 495 кВт, що знижує тиск пари до 10,7 атм. Резервна байпасна труба турбіни з редукційним клапаном може забезпечити постійну подачу пари, коли турбіна проходить технічне обслуговування. Деревне паливо із біомаси місцевого походження у вигляді тріски постачається вантажівками і розвантажується прямо в закритий бункер для зберігання палива. Рухома підлога переміщує більш старе паливо вперед на паливні конвеєри, що транспортують паливо до бункерів біля кожного з котлів. Шнек у кожному бункері подає паливо в котел з контрольованою швидкістю, щоб підтримувати тиск пари в системі. В якості палива також дозволяється використовувати відходи бавовняного виробництва, що доступні на сезонній основі, а також залишки переробки сої з комбінату Perdue. Паровий конденсат та підживлювана вода повертаються з комбінату на ТЕЦ. З комбінату у вигляді конденсату повертається 25% маси води. Тепло димових газів котла використовується для попереднього нагрівання води, що подається в котел, та для попереднього нагріву повітря, яке подається в топку котла для процесу спалювання.

Рисунок 3.14



Конфігурація ТЕЦ

²³ — 155 psi (pounds per square inch) = 10,7 бар або 10,7 атм, 42000 lb/год = 6,7 тис. м³/год

ЕНЕРГІЯ ВІТРУ





Загальна інформація

Вітрові установки перетворюють кінетичну енергію вітру в електричну. Такі установки мають вітроколесо з лопатями, яке під впливом вітру починає рухатися, а разом з ним обертається ротор генератора. Вироблений генератором електричний струм надходить на інвертор (або до акумуляторів, а потім на інвертор), де він перетворюється в необхідний для роботи побутових приладів та електропостачання будинку.¹

Рисунок 4.1

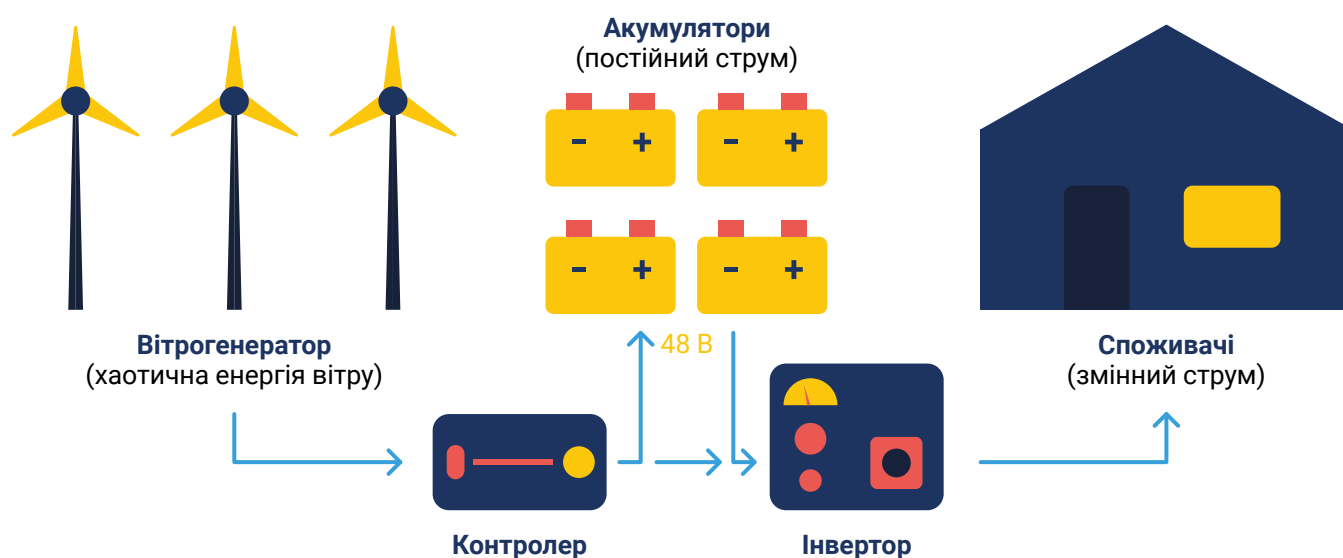
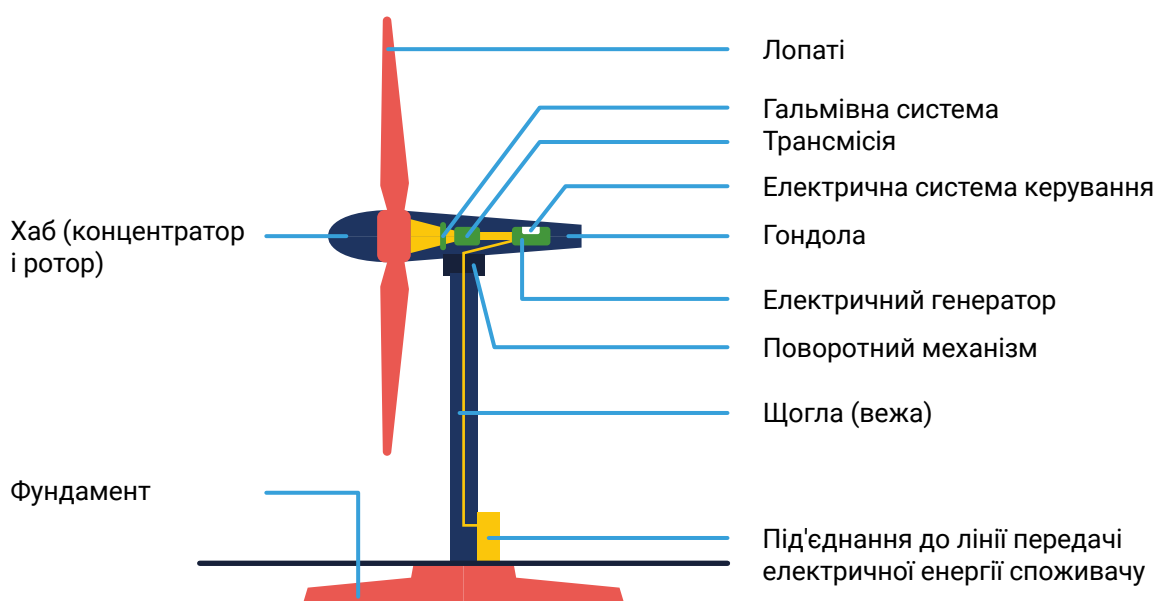


Схема виробництва та споживання енергії з вітру

Найбільш поширений тип вітрогенераторів – це вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання.

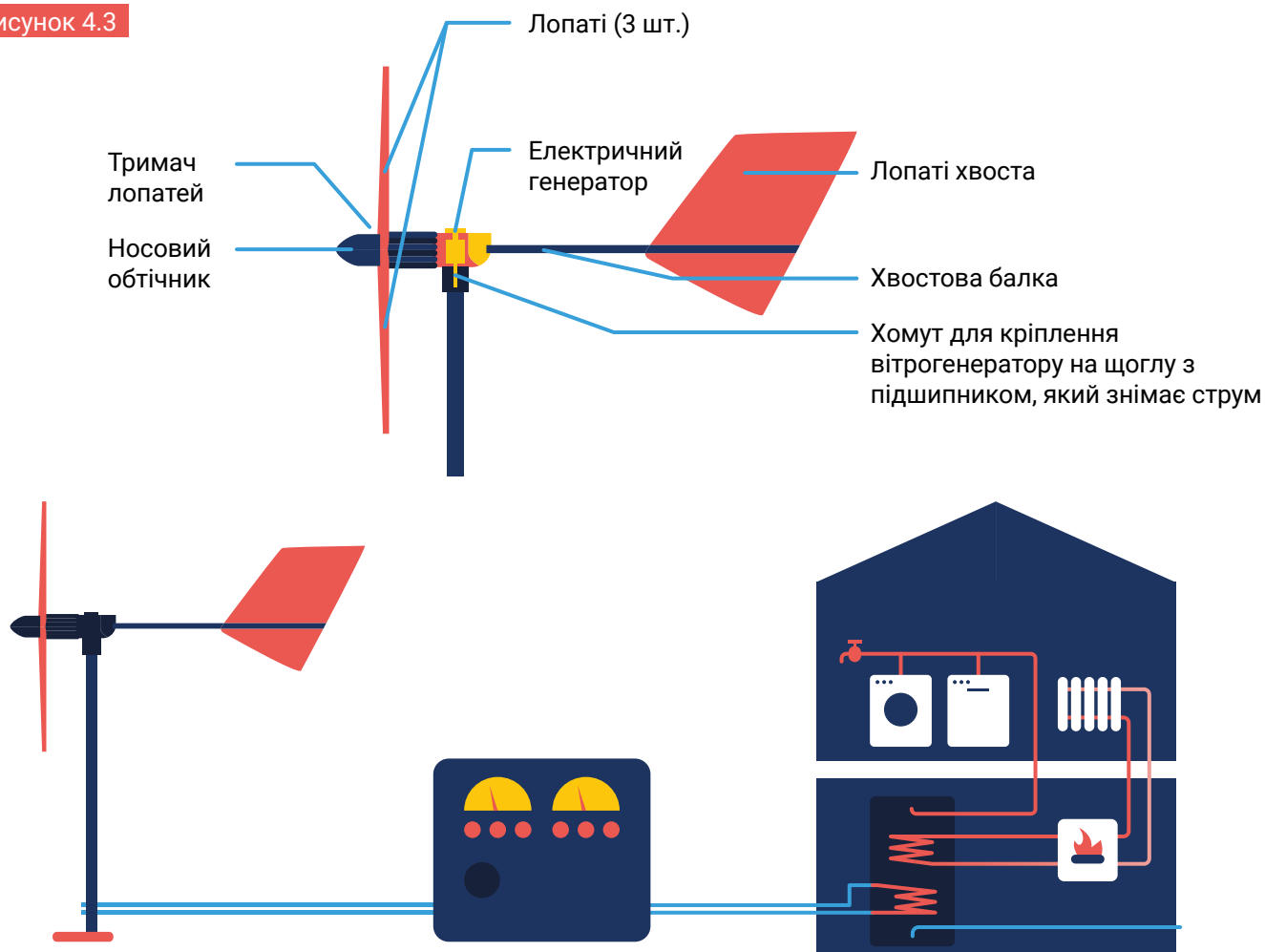
Рисунок 4.2



Спрощена схема конструкції вітрогенератора з горизонтальною віссю обертання

¹ – ЗУ «Про альтернативні види палива», Ст.1 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>

Рисунок 4.3



Будова вітрогенератору з хвостовою частиною та схема його підключення через спеціальний контролер для опалення приміщення .



Приклади вітроустановок з горизонтальною віссю обертання, що пропонуються в Україні

Таблиця 4.1

Назва	Номінальна потужність, кВт	Вартість	Посилання
Вітрогенератор СВ-6.7/1000	4	7403 дол. США	http://mirvetra.com.ua/vetrogenerator_6_7.html
Вітрогенератор Exmork - 2500 Вт/3000Вт - 48 В	2,5	2200 дол. США	http://windkraft.com.ua/product/vetrogenerator-exmork-2500-vt3000vt-48-v/
Вітрогенератор українського виробництва Flamingo Aero-6.7	4	8460 у.о.	https://ggc.com.ua/smallwind-flamingo-aero-6-7kw.html
Вітрогенератор 5 кВт (серія Т)	5	239 400 грн	https://avante.com.ua/catalog/vetrogenerator__5_kvt_serija_t-03298/
Вітрогенератор Fortis 5 кВт Montana	5	578 550 грн	https://avante.com.ua/catalog/vetrogenerator_fortis__5_kvt_montana-02209/

Окрім звичних горизонтальних вітряків, існують і так звані вертикальні вітрогенератори. Їхня основна перевага – малозумність, а також обертання і вироблення електроенергії вже за низької швидкості вітру в 2 м/с. Водночас при швидкості вітру до 11 м/с вертикальний ротор на 2 кВт видає близько 300 Вт-год енергії, тобто має істотно менший коефіцієнт виробітку. Це тому, що ККД горизонтальних вітрогенераторів на 30% більший, ніж у вертикальних, але разом з тим їх рівень шуму теж на 30% вищий. Також недоліком для масового їх використання буде ціна, яка втричі дорожча від звичайного горизонтального вітряка.

20% вертикальних вітряків в США використовують на станціях мобільного зв'язку для забезпечення їх безперебійного енергопостачання. В такому разі значення має не вартість, а гарантія роботи.³



³ – <https://www.aval.ua/biznesu/blog/viter-u-pomich-112>



Вертикально-осьовий вітрогенератор 5 кВт⁴

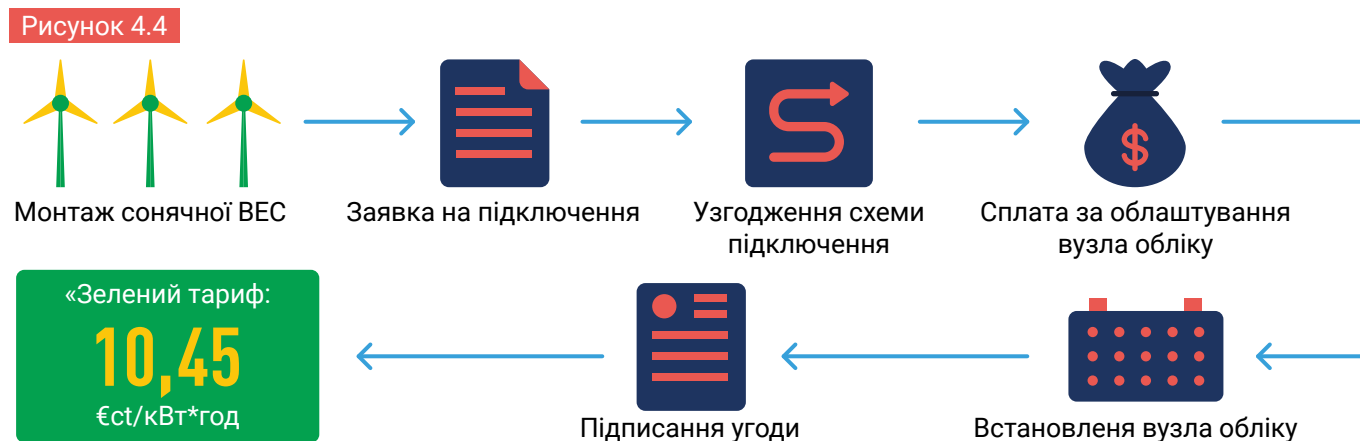


Вітроенергетика в Україні

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 вод⁵.

В Україні значне зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року після запровадження «зеленого» тарифу на електроенергію з ВДЕ. За даними Української вітроенергетичної асоціації, станом на кінець 2020 року встановлена потужність ВЕС в Україні складала понад 1314 МВт. Рекордним по введенню нових потужностей став 2019 рік – додатково було встановлено 637,1 МВт; у 2020 році – 144,2 МВт.

Згідно Закону України № 2712-VIII від 25.04.2019 «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії», «зелений» тариф за спрощеною системою можуть отримувати домогосподарства, суб'єкти споживання і енергокооперативи з генеруючими потужностями до 50 кВт від вітру, від сонця та комбіновані вітро-сонячні системи. У згаданому законі з'явилася нова підгрупа виробників електроенергії – малий і середній бізнес, підприємства, що використовують до 150 кВт енергії. Вони отримали право на спрощену систему підключення та отримання «зеленого» тарифу без ліцензії.



Порядок отримання «зеленого тарифу»

⁴ — <http://winder.ua/ru/vetryaki-drugikh-proizvoditelej/vertikalno-osevoj-vetrogenerator-5-kw.html>

⁵ — Ришард Титко, Володимир Калініченко. Відновлювальні джерела енергії. Досвід Польщі для України. Друге видання. Варшава – Краків – Полтава, 2012, 649 с.

У Таблиці 4.2 наведено розрахунки трьох варіантів використання ВЕСд для типового приватного будинку площею 150 м² із місячною потребою в електроенергії 250 кВт*год у місті Києві:

Варіант 1

виключно для компенсації власних потреб в електричній енергії

Варіант 2

для компенсації власних потреб в електричній енергії та можливості реалізації електроенергії в мережу

Варіант 3

для автономного забезпечення будинку електричною енергією

Таблиця 4.2

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Технічні параметри:			
Встановлена потужність (кВт)	0,8	4	1,6
Висота щогли, м	14	20	26
Обсяг виробництва е/е (кВт*год) в місяць	250	1 000	500
Обсяг власного споживання е/е (кВт*год) в місяць	250	250	250
Економічні параметри за рік:			
Повна вартість встановлення, €:	4 100	14 280	9 370
- вартість вітрової електростанції	3 480	12 140	6 870
- вартість акумуляторної батареї (48В/170А*год)	відсутня	відсутня	1 520
- вартість підключення до мережі (заміна лічильника)	відсутня	270	відсутня
- вартість монтажу	620	1 870	980
Тариф на електроенергію:			
- середній тариф на споживання електроенергії грн/кВт*год (€ст/кВт*год)	1,32 (4,7)	відсутній	1,32 (4,7)
- «зелений» тариф, (€ст/кВт*год)	відсутній	10,45	відсутній
дохід (прибуток/заощадження) / рік, €	141	941	141

«Зелений» тариф на електричну енергію, вироблену ВЕСд (вітроелектростанція домогосподарств), яка введена в експлуатацію з 01.01.2020 по 31.12.2024, складає 10,45 €ст/кВт-год. «Зелений» тариф для комбінованих вітро/сонячних електростанцій, які введені в експлуатацію з 01.01.2020 по 31.12.2024, складає 12,28 €ст/кВт-год, що є більшим ніж тариф для вітроелектростанцій, який становить 10,45 €ст/кВт-год.

Рисунок 4.5

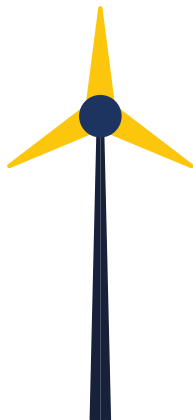
Установки, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт

ВЕСд

Тариф

10,45

€ст/кВт*год

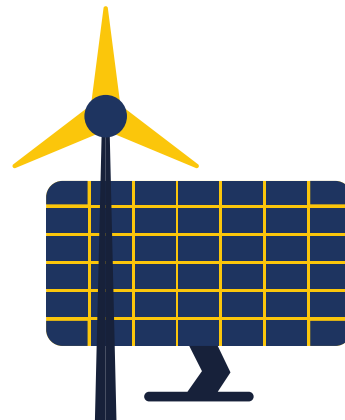


Комбінована
ВЕСд+СЕСд

Тариф

12,28

€ст/кВт*год



«Зелений» тариф для приватних домогосподарств

Комбіновані вітро-сонячні станції дають змогу виробляти електроенергію як у світлий час доби, коли є значна інтенсивність сонячної інсоляції, так і вночі, коли інтенсивність вітру значно зростає. Тому така комбінація забезпечує «цілодобове» виробництво електричної енергії. Запровадження «зеленого» тарифу на комбіновані вітро-сонячні станції домогосподарств суттєво спростило механізм приєднання таких електроустановок до мережі. Адже при єдиному тарифі стало можливим використання лише одного перетворювача електроенергії (інвертора) та одного вузла обліку. Це суттєво зменшило питомі капіталовкладення в електроустановку та, в свою чергу, скоротило термін їхньої окупності.⁶

Наведемо приклад вітроелектростанції (ВЕС), що складається з декількох більш потужних вітроустановок.



Вітрові електроустановки потужністю 107,5 кВт та 600 кВт кожна на Сиваській ВЕС

Будівництво Сиваської ВЕС на території с. Григорівка Чаплинського району Херсонської області України виконувало ТОВ «Сивашенергопром». З 01.09.2012 року перші потужності Сиваської ВЕС почали відпуск електроенергії в об'єднану енергосистему України. На сьогоднішній день колектив компанії налічує більше 20 осіб, які займаються як експлуатацією діючих потужностей, так і реалізацією проектів з розширення виробництва.

⁶ — http://saee.gov.ua/sites/default/files/Power_from_wind_ua.pdf

На майданчику Сиваської ВЕС встановлені 16 вітрових електроустановок (ВЕУ) 107,5 кВт кожна (виробництва заводу «Південмаш» м. Дніпропетровськ за ліцензією американської компанії Kenetec Windpower). Також змонтовані і введені в експлуатацію дві ВЕУ моделі Т600-48 потужністю 600 кВт кожна (виробництва заводу «Південмаш» м. Дніпропетровськ за ліцензією бельгійської компанії TurboWinds). Таким чином, загальна потужність Сиваської ВЕС на даний момент складає 2,92 МВт.

Послідовність і терміни дій, що необхідні для запуску ВЕС в експлуатацію, наведені в Таблиці 4.3⁷

Таблиця 4.3

№	Вид робіт	Термін виконання, місяців	Примітка
1	Визначення ділянки для будівництва ВЕС	3	
2	Проведення вітровимірювальної кампанії	14	
3	Укладення договору оренди землі	4	
4	Розробка ТЕО схеми підключення до мережі і його узгодження	1-5	Залежить від потужності, що повинна бути споруджена
5	Підписання договору на підключення	1	
6	Розробка ТЕО будівництва ВЕС	1	Паралельно з пунктом 5
7	Проведення топографічних і геодезичних вишукувань (передпроектна робота)	2-4	Паралельно пунктам 4-6
8	Розробка та затвердження робочого проекту будівництва ВЕС. Оформлення декларації про початок будівництва	1-4	Залежить від потужності, що повинна бути споруджена
9	Проведення будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт		Залежить від потужності, що повинна бути споруджена
10	Оформлення декларації про завершення будівництва	0,5	
11	Отримання ліцензії на виробництво електроенергії	1	
12	Отримання «зеленого» тарифу	1	
13	Отримання членства в оптовому ринку електроенергії	1	Паралельно пункту 12
14	Підписання договору купівлі-продажу з ринком	1	
15	Запуск в експлуатацію		

⁷ – http://www.sep-wes.com/ua/rynok_energetyky.html



Вітроенергетика у США

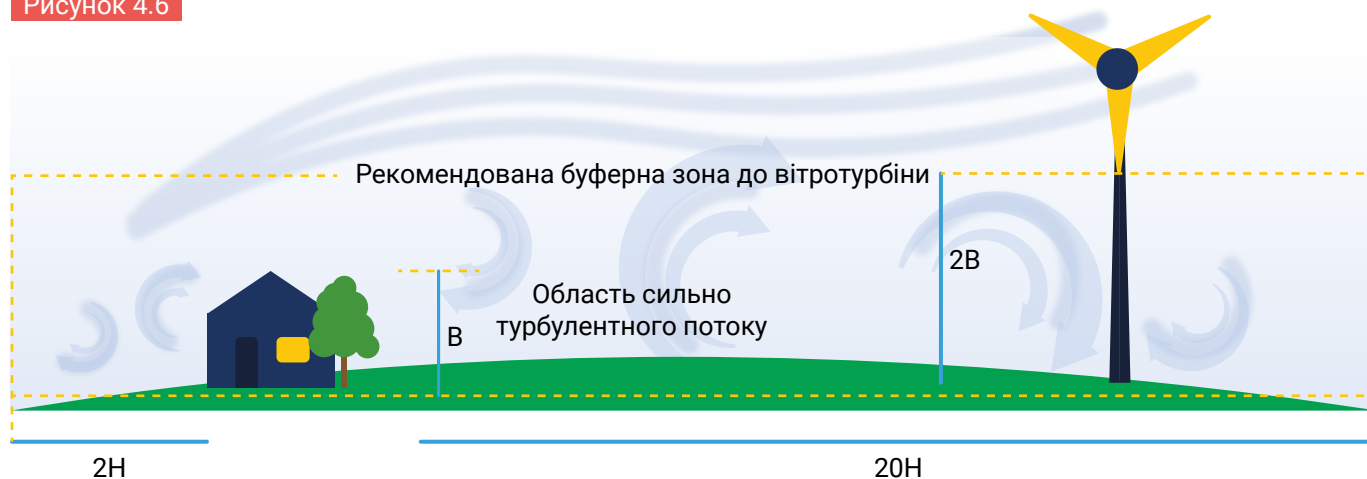
У США вважається, що системи малої вітроенергетики можуть бути практичним та економічно-привабливим джерелом електроенергії, якщо⁸:

- 1** Ваша нерухомість розташована на ділянці з хорошим вітровим потенціалом.
- 2** Ваш дім чи бізнес розташований, принаймні, на 0,4 га землі.
- 3** Ваші місцеві правила зонування⁹ дозволяють встановлення вітрогенераторів.
- 4** Ви можете визначити скільки електроенергії вам потрібно або ви хочете виробляти.
- 5** Це для вас буде економічно-привабливим (ви можете мати право на державні/комунальні або федеральні пільги).
- 6** Вам подобаються довгострокові інвестиції.
- 7** Ваші середні рахунки за електроенергію складають 150 доларів на місяць чи більше або ви не маєте доступу до електричної мережі.

Розмір вітрогенератора залежить від помешкання. В середньому, типовий будинок в США використовує приблизно 897 кВт·год енергії на місяць або 10766 кВт·год в рік. Для покриття значної частини такого рівня використання електроенергії та залежно від середньої швидкості вітру буде потрібен вітрогенератор потужністю від 5 до 15 кВт. До малих вітрогенераторів відносять установки потужністю від 20 Вт до 100 кВт.

Загальні правила встановлення вітрогенераторів на щоглі передбачають наступні обмеження: нижня границя лопатей ротора повинна бути вищою, принаймні, на 9 метрів за будь-яку перешкоду, що знаходиться на відстані 300 футів (приблизно 91 метр) від щогли.

Рисунок 4.6



Перешкода для вітру від будівлі або дерева висотою (B)

Зонування та процедури надання дозволів для вітроенергетичних установок спрямовані на вирішення питань безпеки, естетики та захист інтересів громади. Деякі з цих проблем можуть включати рівень шуму, візуальний вплив, вплив на дику природу, телевізійні/радіоперешкоди тощо.

⁸ — <https://windexchange.energy.gov/small-wind-guidebook#parts>

⁹ — Правила зонування відносяться до загальних місцевих нормативних актів, які необхідні для виконання дозволено-обмежувальної діяльності для різних типів проектів.

Більшість постанов про зонування мають обмеження висоти до 11 м. На додаток до проблем зонування ваші сусіди можуть бути проти вітрогенератора, який перекриває їх краєвид або вони можуть бути стурбовані шумом від вітроустановки. Наприклад, типова 2-кіловатна вітряна турбіна працює при рівні шуму приблизно 55 дБ на 15 м від вітрогенератора.

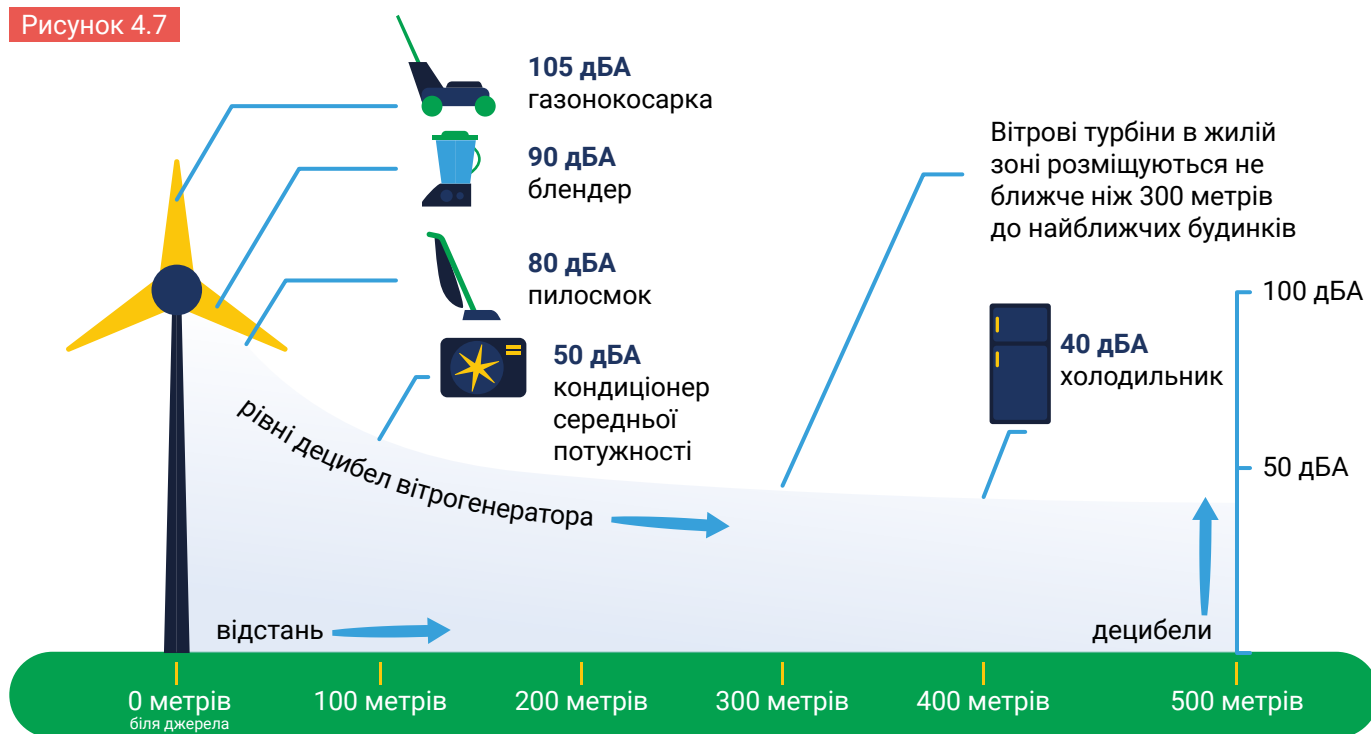
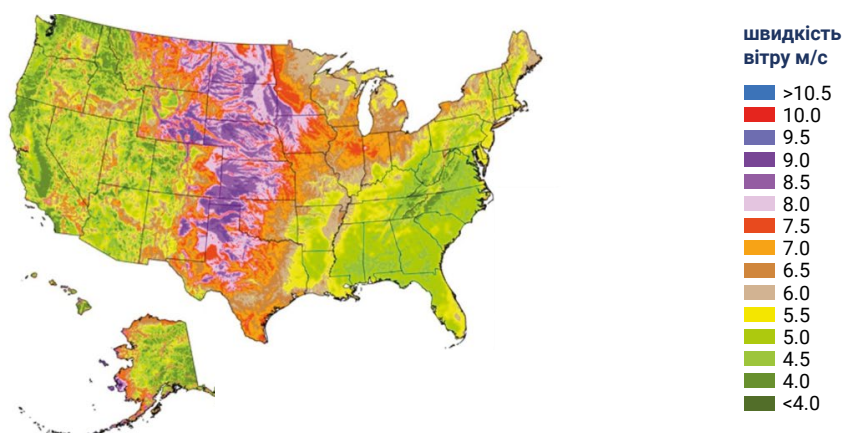


Схема вибору розташування вітроустановки відносно житлових приміщень для запобігання впливу надмірного рівня шуму на мешканців

Програма Wind Powering America, яку запровадило Міністерство енергетики США, розробила карту наземних вітрових ресурсів США на висоті 80 метрів над землею (Рисунок 4.8).¹⁰

Програма Wind Powering America, яку запровадило міністерство енергетики США, розробила карту наземних вітрових ресурсів США на висоті 80 метрів над землею.

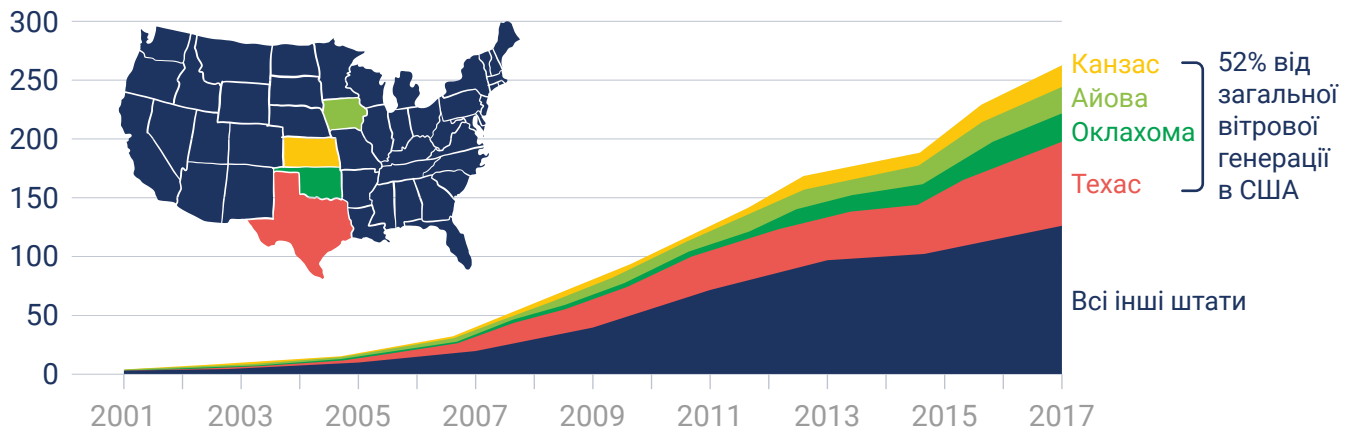
Рисунок 4.8



Щорічна середня швидкість вітру у Сполучених Штатах на висоті 80 м.

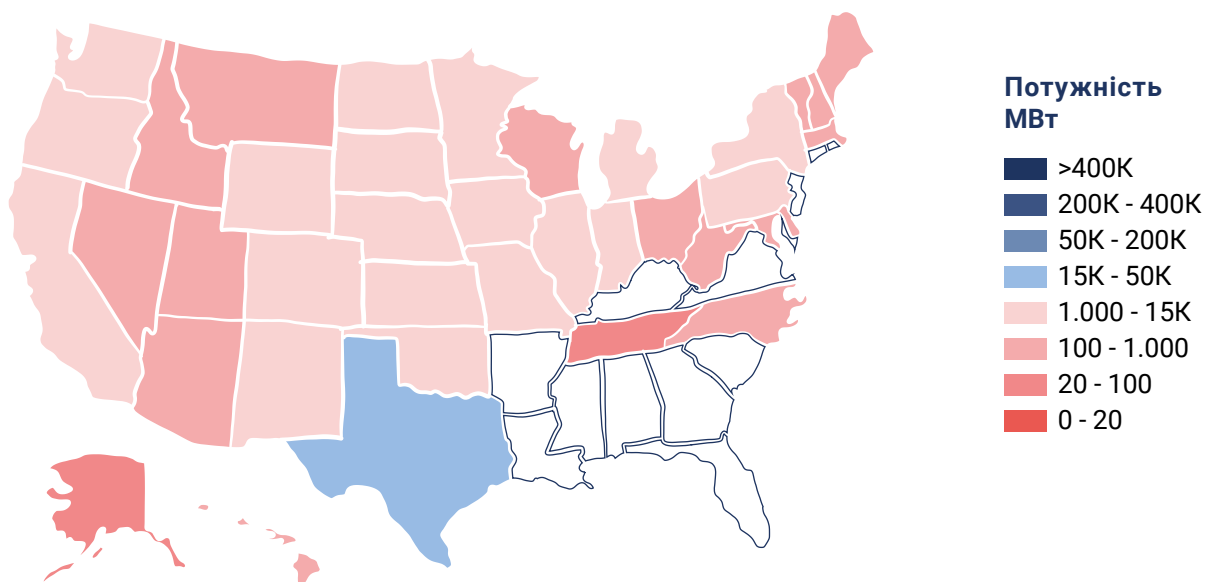
¹⁰ — Міністерство енергетики США, Wind Powering America, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=4630>

Рисунок 4.8



Споживання ВДЕ у США за секторами у 1950-2019 рр.

Рисунок 4.9



Загальна встановлена потужність вітроенергетичного обладнання: 111 809 МВт¹²

Протягом трьох останніх років на Техас припадало понад 25% виробництва електроенергії з вітру в США. Більшість вітрогенеруючих потужностей у Техасі розташовані у північних та західних районах штату. У 2008 році Комісія з питань діяльності комунальних служб Техасу схвалила низку проєктів з розширення систем передачі енергії, які з'єднали вітрогенеруючі потужності з населеними пунктами в південних та східних районах штату. У 2018 році вітер забезпечував 16% загального виробництва електроенергії в Техасі. Для порівняння, частка електроенергії від природного газу складала 50%, з вугілля - 23%.

В штаті Оклахома в 2018 році вироблялось трохи більше 10% від загальної кількості вітрогенерації США та 32% від загальної електрогенерації в штаті. Вітрогенеруюча потужність штату більш ніж подвоїлася в період між 2014 і 2018 роками.

Виробництво енергії з вітру в Айові з 2011 року зросло більш ніж удвічі. За цей період виробництво електроенергії з вугілля зменшилося з піку в понад 40 мільйонів МВт-годин до менш ніж 29 мільйонів МВт-годин. Вітер забезпечував 34% загального виробництва електроенергії в Айові в 2018 році, наздоганяючи вугілля (45%).

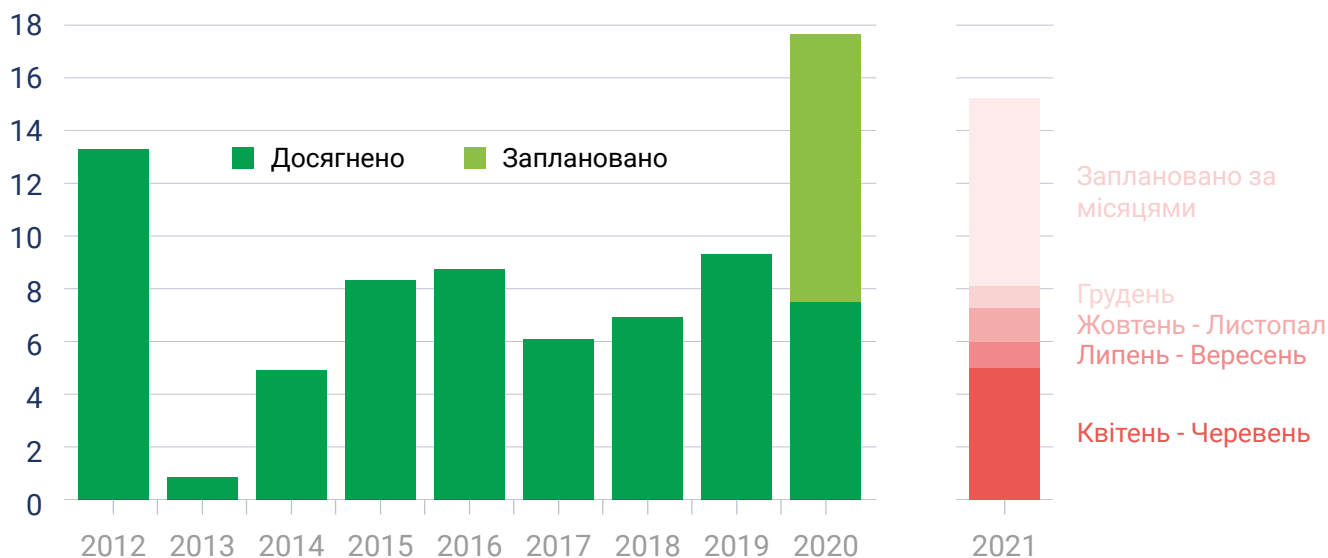
¹² — <https://windexchange.energy.gov/maps-data/321>

В 2016 році Канзас був четвертим за масштабами вітрогенерації, а вже в 2018 році став лідером країни за часткою вітрогенерації від загальної електрогенерації в штаті (36%).

Ці штати отримали вигоду від розташування в зоні з кращими вітряними ресурсами країни, а також від відносно низьких витрат на будівництво вітроелектростанцій. Крім того, кожен із цих штатів має або обов'язкові стандарти портфеля відновлюваних джерел енергії (RPS), як у Техасі та Айові, або добровільні цілі, як в Оклахомі та Канзасі, що заохочують встановлення вітрогенераторів. У кожному з цих штатів спостерігається значне зростання потужності вітрогенерації, навіть після досягнення цілей RPS або добровільних цілей.¹³

Рисунок 4.10

ГВт



Щорічне збільшення потужностей вітрогенерації в США за період 2012-2020 рр. та заплановане на 2021 р. щомісячне зростання (ГВт)¹⁴

Станом на листопад 2020 року потужність вітрогенерації в США становила 112 ГВт та очікувалось, що у грудні відбудеться збільшення ще на 10 ГВт.¹⁵ Загалом у 2020 році до мережі було приєднано 21 ГВт вітрогенерації.¹⁶

Плани на 2021 р. передбачають, що до мережі будуть підключені вітрогенератори загальною потужністю близько 12,2 ГВт, з яких 7,2 ГВт (59%) з'явиться в мережі в грудні. На Техас і Оклахому припадає більше половини збільшення потужності ВЕС в 2021 р. Найбільшим проектом вітрової енергетики, який з'явиться в мережі в 2021 році, буде ВЕС Traverse потужністю 999 МВт в Оклахомі. На початку 2021 року також планується запустити проект комерційної пілотної вітроелектростанції морського типу. ВЕС потужністю 12 МВт розташована в 27 милях від узбережжя Вірджинії-Біч.

¹³ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39772>

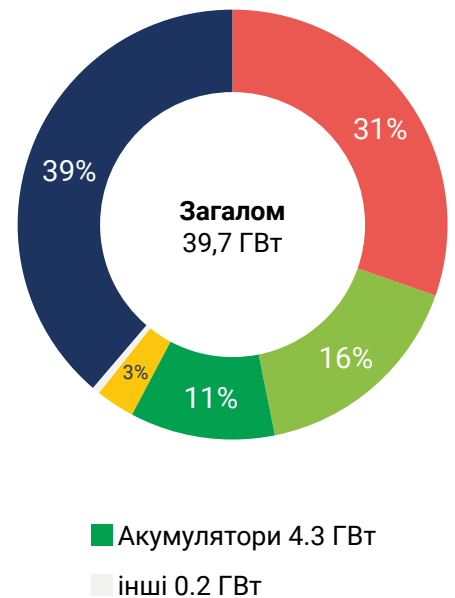
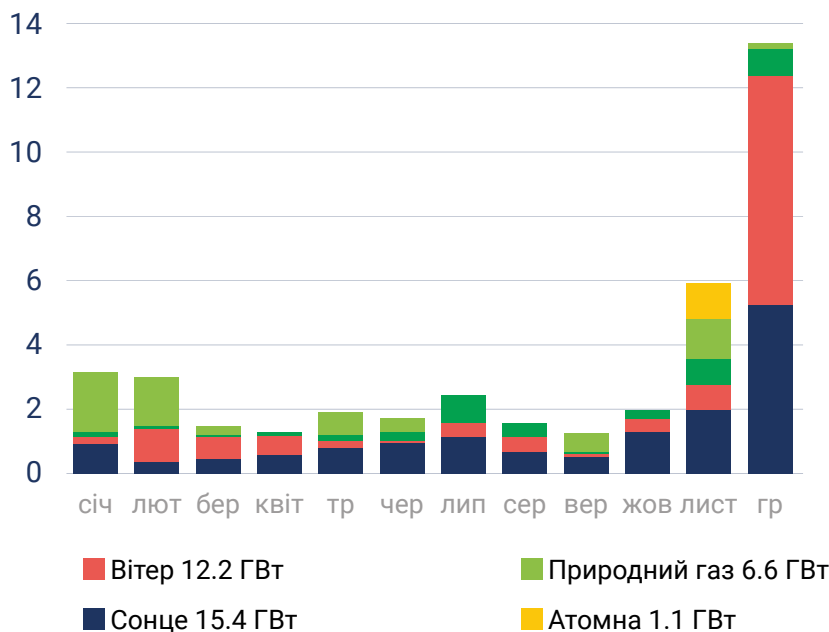
¹⁴ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46576>

¹⁵ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46576>

¹⁶ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46416>

Рисунок 4.11

ГВт



Заплановане в США збільшення потужностей з виробництва електроенергії на комунальні послуги (2021), ГВт¹⁷

З представленої діаграми видно, що у США в 2021 році планується інтенсивний розвиток вітроенергетики. Частка ВЕС від прогнозованої на 2021 р. загальної додаткової електричної потужності складає 31%, що на 8% менше, ніж заплановано на сонячну генерацію, але майже вдвічі більше частки вироблення електроенергії з природного газу.

Кілька узагальнень про вітроенергетику у США¹⁸:

1

Електроенергія з вітрової електростанції доступна за ціною і становить приблизно 2–4 центи за кіловат-годину.

2

Потужність вітроенергетичних установок у США на кінець 2019 року становила 105 591 МВт, що було найбільшим відновлюваним джерелом енергії в США. Цієї енергії достатньо, щоб забезпечити споживання 29,5 мільйонів середньостатистичних американських будинків.

3

Більшість компонентів вітрогенераторів, встановлених у США, виробляються всередині країни. Існує понад 500 виробничих підприємств, пов'язаних з вітроенергетикою, що розташовані у 43 штатах. В американській вітроенергетиці в даний час працює понад 114 000 людей.

¹⁷ — <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=46416>

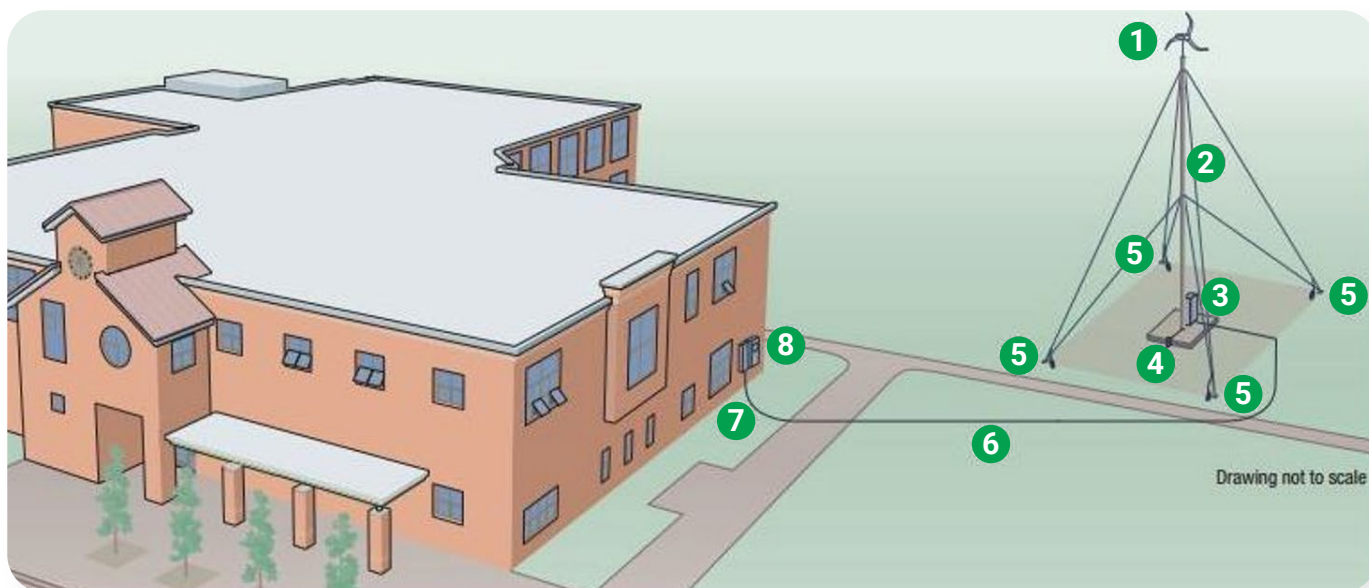
¹⁸ — <https://www.energy.gov/eere/wind/articles/top-10-things-you-didnt-know-about-wind-power>



Програма «Вітер для шкіл»

Програма Wind Powering America (WPA) займається впровадженням проекту «Вітер для шкіл» (Wind for Schools)¹⁹. В рамках проекту передбачено встановлювати стандартну базову конфігурацію системи, яка включає в себе один вітрогенератор SkyStream™, 70-футову (21 м) щоглу, розподільну коробку (щиток) із роз'єднувачем з плавким запобіжником на фундаменті вітрогенератора та школи, а також передбачено надавати послуги встановлення і налагоджування вітроустановки з приєднанням до шкільної електричної системи. Місцевий енергетичний кооператив або комунальне підприємство повинні бути невід'ємною частиною проекту «Вітер для шкіл» та допомагати в установці вітрогенератора та відповідних електричних з'єднань. Оскільки не передбачається, що генератор буде виробляти достатньо електроенергії, щоб забезпечити значну частину шкільних потреб, навіть у періоди низького навантаження влітку або вночі, спеціальні дозволи на електрогенерацію не потрібні. У вимогах до монтажу передбачається встановлення огороження навколо вітрогенератора та наявність з'єднань щогли з фундаментом за рахунок тротуарів.

Наступні компоненти є частиною стандартного проекту «Вітер для шкіл».



Вітрогенератор потужністю
1,8 кВт SkyStream™ 3.7

1

Доступні дві версії: спліт-фаза (з розщепленими фазами) 120/240 В або трифазна 120/208 В. Залежно від рівня обслуговування в школі, може використовуватися будь-яка версія. Спліт-фаза 120/240В є кращою, якщо вітрогенератор потрібно встановлювати на великій відстані від школи (див. пункт 6).



Стандартна
70-футова щогла

2

Стандартна 70-футова щогла, що постачається компанією Southwest Windpower. Між вітрогенератором та розподільною коробкою (щитком) повинно бути електричне з'єднання (із трижильним дротом). Утримуючі троси щогли повинні бути марковані пристроями проти птахів.

¹⁹ — https://windexchange.energy.gov/files/pdfs/schools/project_system_brief.pdf



Розподільна коробка (щиток) із роз'єднувачем з плавким запобіжником на фундаменті вітрогенератора

3

Розподільна коробка та роз'єднувач з плавким запобіжником дозволяють проводити електричне розділення між вітрогенератором та електричними дротами, що підключають систему живлення до школи. Це дає можливість безпечного відключення вітрогенератора від ліній електропередач на фундаменті вітрогенератора.



Основний фундамент для вітрогенератора та щогли, включаючи електричне заземлення конструкції

4

Фундамент з арматури і бетону для вітрогенератора та щогли роблять у формі циліндра діаметром 36 дюймів (92 см), що заглиблений на 42 дюйма (107 см) в землю. Фундамент щогли також електрично заземлений за допомогою стандартного заземлювального стрижня для захисту від ударів блискавки та статичної електрики. Фундамент огорожують. Бетонну подушку слід зробити принаймні за 28 днів до встановлення вітротурбіни.



Кріплення розтяжки з тросів та електрозаземлення

5

Кожен вітрогенератор має чотири троси, які підтримують стійкість конструкції. Циліндричні якірні кріплення з армованого бетону діаметром 36 дюймів (92 см) потрібні у кожному місці приєднання тросу, залежно від конкретних умов ґрунту. У районах, схильних до ударів блискавки, кожен трос заземлений стандартними стрижнями заземлення, що з'єднані між собою за допомогою мідного кабелю.



Електричне підключення школи

6

Вітрогенератор та школа поєднані заглибленим електричним кабелем. Розмір кабелю буде залежати від відстані між місцем розташування вітрогенератора та школою. Майже у всіх випадках дроти слід закопувати в заземленій сталевій трубі. Може використовуватися труба з ПВХ, але також потрібно додати заземлюючий провід. Електричний дріт та допомогу у копанні траншеї можна отримати у місцевого комунального підприємства або енергетичного кооперативу. Місцеві будівельні норми, як правило, вимагають закопування прямих кабелів на мінімальній глибині 24 дюйми (61 см), тоді як кабелі в трубопроводі можуть бути закопані на глибині 18 дюймів (46 см).



Розподільна коробка (щиток) із роз'єднувачем в школі

7

Зазвичай ця розподільна коробка розташована там, де електричні дроти вітрогенератора потрапляють у шкільний корпус. Це дозволяє ізолювати закопані електричні лінії та забезпечити безпечне відключення школи від вітрогенератора. Розподільна коробка також дозволяє використовувати дроти різного поперечного перерізу від вітрогенератора до школи та в шкільних електричних системах. У районах, схильних до ударів блискавки, в цьому місці може бути встановлений заземлювач.



Шкільний лічильник електроенергії або пункт з'єднання, де вітрогенератор електрично підключений до шкільної електричної мережі у 240 В або 208 В

8

Приєднання повинно бути виконаним на шкільній стороні електролічильника.

Витрати на проєкт

Встановлення вітроустановки в рамках проєкту «Вітер для шкіл» коштує від 15 000 до 20 000 доларів, залежно від обраного типу щогли. Основні елементи обладнання (вітрогенератор, щогла) та підключення коштують від 7000 до 10 000 доларів. Додаткові 3000 доларів - для покриття витрат на електричні дроти, трубопроводи, бетон та інші витратні матеріали, ймовірно, можна отримати за рахунок внесків місцевих компаній та енергетичного підприємства або місцевого електричного кооперативу. Витрати на роботи по облаштуванню фундаменту та встановленню вітроустановки також можна покрити за рахунок грантової підтримки шкільного проєкту від місцевої громади. Зазвичай школа надає від 1500 до 2500 доларів. Вартість екологічних вигод внаслідок скорочення викидів в атмосферу через встановлення вітрогенератора складає приблизно 2500 доларів США. Державні гранти, місцеві внески чи викуп обладнання забезпечують решту коштів. Багато учасників проєкту працюють без оплати праці, а місцевому комунальному підприємству або кооперативу рекомендується безкоштовно для школи підтримати установку турбіни. Програма "Вітер для шкіл" не надає кошти через Національну лабораторію з відновлюваної енергетики США (National Renewable Energy Laboratory (NREL)) на обладнання для вітрогенераторів, однак вона може посприяти отриманню фінансування на системи моніторингу даних та інші навчальні матеріали.

Наведемо приклад проєкту вітрової генерації, який можна знайти на мапі Windexchange²⁰. На мапу також нанесено проєкти «Вітер для шкіл».

Західна громада штату Міннесота та технічний коледж

Дата запуску проєкту:	Потужність:	Технологія:	Тип закладу:	Статус проєкту:
20.09.2006	35 кВт	Vestas V15	Громадський коледж	діє

Додаткова інформація:

Західна громада штату Міннесота та технічний коледж пропонує сертифікат Windsmith, диплом механіка з енергії вітру та спеціаліста з технології вітрової енергії в галузі прикладних наук.

Опис проєкту:

У містечку Канбі, штат Міннесота Вест, встановлена вітрова турбіна Vestas V15 потужністю 35 кВт, яка використовується як навчальний засіб для Програми технології вітроенергетики (Wind Energy Technology Program), а також як додаткове джерело електроенергії для кампусу. Решітчаста щогла має висоту 33 м, а розміри лопатей вітрогенератора - 7,5 м. Вітроустановка здатна виробляти 15% - 20% необхідної електроенергії для кампусу в Канбі. Можливість досліджувати роботу вітрової турбіни забезпечує студентів практичним досвідом навчання, таким як моніторинг потужності турбіни за допомогою власних засобів управління Scada, інструктаж з техніки безпеки, пошук електричних несправностей та багато іншого.

Додатково

У США плани розміщення нових енергетичних проєктів у громаді - будь то нафтогазові свердловини, атомні електростанції, сонячні ферми чи вітрові електростанції - часто зустрічаються з протидією суспільства. В свою чергу проєкти ВЕС отримують високий рівень підтримки з боку людей, які живуть у громадах. Посилення місцевого прийняття та громадської підтримки часто є результатом залучення місцевих жителів як інвесторів або акціонерів до цих проєктів. Різноманітність потреб, для яких можуть бути використані проєкти вітроенергетики, також може бути фактором отримання підтримки проєкту від місцевих жителів.

Проєкти ВЕС в громадах, як правило, працюють у меншому масштабі, ніж вітрові електростанції загального користування, тому вони можуть не вимагати модернізації електромереж. Більшість проєктів ВЕС у громадах можна легко підключити до розподільчої мережі²¹. Проєкти малих ВЕС в громаді визначаються як проєкти, вартість яких становить від 10 000 до 100 000 доларів²².

²⁰ — <https://windexchange.energy.gov/windforschools/projects>

²¹ — Rynne, S.; et al. American Planning Association. Planning for Wind Energy

²² — <https://windexchange.energy.gov/small-community-wind-handbook#references>



У 2016 році середньозважена вартість встановлення нової малої вітрової турбіни (вітчизняного виробництва та імпортової) у США становила 5900 доларів США/кВт²³. Беручи до уваги діапазон витрат на проекти малих ВЕС в громаді та середньозважене значення потужності для встановлення малої вітряної турбіни, типовий проєкт вітрогенерації для невеликої громади складався б з турбіни або турбін із загальною потужністю близько 14 кВт. Цей розмір проєкту зазвичай дозволяє власникам будинків, бізнесу, шкіл, муніципалітетів та інших організацій самостійно виробляти достатньо енергії для задоволення частини своїх потреб або для зменшення енергетичних витрат.

В громадах Айдахо реалізуються проєкти ВЕС загальною потужністю до 25 кВт. Вітрові турбіни в цьому діапазоні розмірів, як правило, встановлюються на щоглах висотою від 80 до 120 футів. Ротор турбіни діаметром 30 футів має три лопатки зі скловолокна. Зазвичай такі проєкти складаються з однієї турбіни. Це дуже прості проєкти і під час будівництва та експлуатації вони мають незначний вплив на навколишнє середовище. Підключення до електромережі здійснюється через лічильник замовника. Облік виробленої електроенергії здійснюється за допомогою програм, які дозволяють постачати енергію за тарифом комунального підприємства, що обслуговує будинок. Найкращі типи програм дозволяють комунальному підприємству платити клієнту готівкою або переносити грошовий залишок на невизначений час. Найгірший тип програми чистого обліку обнуляє залишок кожного місяця.



Малі вітрогенератори можуть бути привабливою альтернативою або доповненням для тих людей, які потребують більше 100-200 Вт електроенергії для свого будинку, бізнесу чи віддаленого об'єкта. На відміну від фотоелектричних установок, які в основному мають однакову вартість 1 Вт, незалежно від розміру панелі, вітрові турбіни стають менш дорогими зі збільшенням розміру системи.



Наприклад, при порівнянні невеликої вітряної турбіни та сонячної панелі потужністю 50 Вт питома вартість 1 Вт буде відповідно \$8/Вт та \$6/Вт. При аналогічному порівнянні для 300 Вт витрати на вітрогенератори знижуються до \$2,5/Вт (\$ 1,5/Вт у випадку Southwest Windpower Air 403), тоді як витрати на фотоелектричну енергію все ще складають \$6/Вт. Для вітрової системи на 1500 Вт вартість знижується до \$2/Вт, а при 10 кВт вартість вітрогенератора (без урахування електроніки) - до \$1,5/Вт. Вартість регуляторів та автоматики по суті однакова для обох типів генерації. Типові будинки споживають від 800 до 2000 кВт-год електроенергії на місяць, а вітрогенератор або фотоелектрична система потужністю 4-10 кВт має розмір, який відповідає цим потребам. При таких розмірах та потужностях вітрогенератори набагато дешевші²⁴.

Вітрова турбіна потужністю 20 кВт Dennis у домогосподарстві (фото G. Fleischman)

²⁴ — <http://www.bergey.com/wind-school/a-primer-on-small-wind-systems/>



Розміщення:
Гарднер, Північна Дакота

Технологія:
Bergey Excel 15

Фото зроблене:
Bill Schwankl / Alternative Energy Services



Розміщення:

Групова установка NIRE у місті Лаббок, Техас

Технологія:

Bergey Excel 10

Фото зроблене:

Brian Naughton



Розміщення:

Природний заповідник Мекуон,
штат Вісконсін

Технологія:

Bergey Excel 10

Фото зроблене:

Randy Faller / Kettle
View Renewable Energy

ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ





Енергія сонця

Сонячні панелі трансформують енергію сонця в електричну енергію для безпосереднього використання (мережева електростанція) або із можливістю її накопичення акумуляторами (гібридна, резервна або автономна електростанції). Зокрема, інвертор перетворює отриману енергію постійного струму в електроенергію змінного струму (220 В, 50 Гц), придатну до використання усіма електро- та освітлювальними приладами.¹

Рисунок 5.1

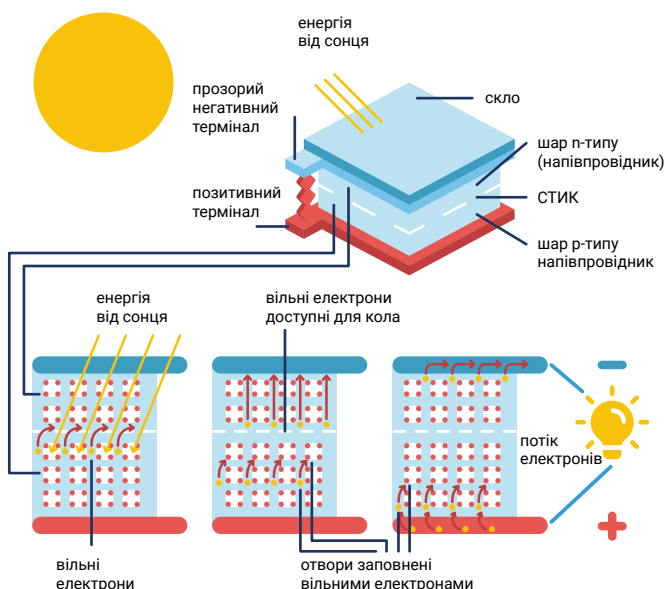


Схема перетворення сонячної енергії в енергію постійного струму²

Рисунок 5.2

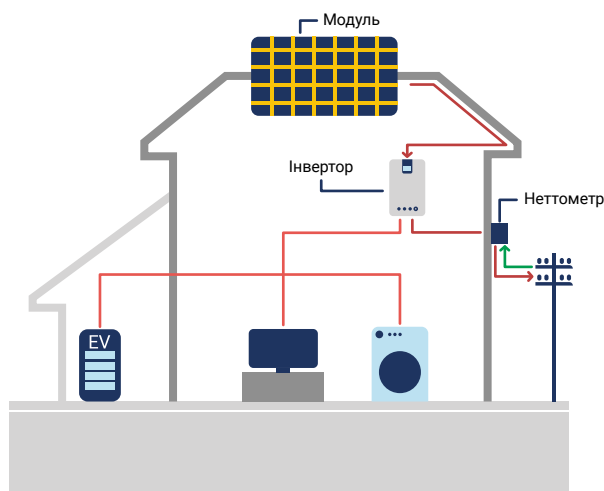


Схема функціонування сонячної електростанції³

Існує багато різних типів фотоелектричних модулів, і структура модулів часто відрізняється для різних типів сонячних елементів або для різних застосувань. Наприклад, аморфні кремнієві сонячні елементи часто інкапсулюються у гнучку матрицю, тоді як об'ємні кремнієві сонячні елементи зазвичай мають жорстку/скляну фронтальну поверхню. Термін служби модуля перевищує 20 років. Типова гарантія передбачає, що модуль виробляє 90% номінальної потужності протягом перших 10 років та 80% номінальної потужності до 25 років.⁴

За останнє десятиріччя вартість сонячних модулів суттєво знизилась. Нижче наведені дані щодо змін у вартості встановлення сонячних електростанцій для різних категорій споживачів у США.

¹ — http://saee.gov.ua/sites/default/files/Solar_energy_for_house_ua.pdf

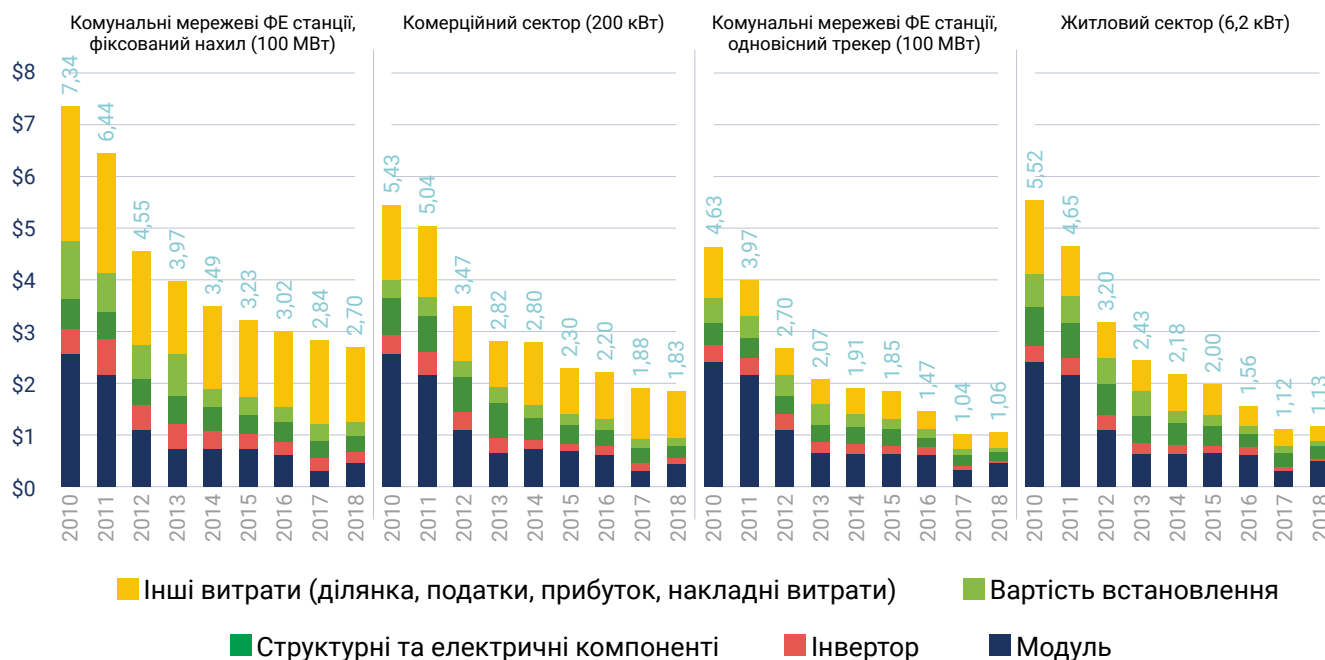
² — <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php>

³ — https://ru.dahsolarpv.com/150kw-on-grid-solar-power-plant-commercial-pv-solar-system_p128.html

⁴ — <https://www.pveducation.org/ru/%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5/modules-and-arrays/module-structure>

Рисунок 5.3

2018 USD за Ватт постійного струму



Сумарна вартість орієнтовних показників вартості фотоелектричної системи (ФЕ) NREL (з урахуванням інфляції), 2010–2018 рр.⁵

Для американських домогосподарств використання енергії сонця стає все більше вигідним, оскільки ціни на сонячні панелі знижуються. Тим не менше, найбільшою перешкодою для доступної сонячної енергії залишаються так звані «м'які витрати» - наприклад, за надання дозволу або підключення сонячної системи до електричної мережі. В середньому, місцеві процедури інспекцій та отримання дозволів додають понад 2500 доларів до загальної вартості сонячної енергетичної системи, і по часу це може зайняти до шести місяців⁶.

З оцінкою варіантів та вартості встановлення сонячної електростанції для домогосподарств в Україні можна ознайомитись в Таблиці 5.1⁷.

Розглянемо Розрахунки варіантів використання СЕСд для типового приватного будинку площею 150 м² із місячною потребою в електроенергії 250 кВт·год у місті Києві:

Варіант 1

виключно для компенсації власних потреб в електричній енергії

Варіант 2

для компенсації власних потреб в електричній енергії та можливості реалізації електроенергії за «зеленим» тарифом

Варіант 3

для автономного забезпечення будинку електричною енергією

Таблиця 5.1

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Встановлена потужність (кВт)	2	30	5 - 10
Обсяг виробництва е/е (кВт*год/рік)	2 560	38 400	6 400 - 12 800
Обсяг власного споживання е/е (кВт*год/рік)	3 000	3 000	3 000

⁵ — <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72399.pdf>

⁶ — <https://www.energy.gov/articles/top-6-things-you-didnt-know-about-solar-energy>

⁷ — Згідно розрахунків проекту "Чиста" енергія для Вашої родини" http://saee.gov.ua/sites/default/files/Solar_energy_for_house_ua.pdf

Економічні параметри

Повна вартість встановлення, грн:	51 700	587 000	282 000 - 465 000
- вартість сонячної електростанції	42 300	517 000 - 540 000	161 000 - 322 000
- вартість акумуляторної батареї	відсутня	відсутня	100 000 грн
- вартість підключення до мережі	відсутня	залежить від регіону	відсутня
- вартість монтажу	10% від вартості обладнання	10% від вартості обладнання	10 - 12% від вартості обладнання
Тариф на електроенергію:			
- середній тариф на споживання електроенергії грн/кВт*год	1,60	-	1,60
- «зелений» тариф (з урах. виплати податку до бюджету 18+1,5%)	відсутній	3,41	відсутній
Дохід (прибуток/економія), грн / рік	Економія 4 096	Прибуток 130 944	Економія 4 800
Термін окупності, роки	від 12	4-6	-

Згідно розрахунків профільних спеціалістів⁸, термін окупності інвестицій в мережеві сонячні станції для промислових підприємств та приватних домогосподарств складає менше 5 років.

Перспективність цього напрямку відновлюваної енергетики була усвідомлена як в США, так і в Україні, про що свідчать темпи зростання ринку електроенергії із сонця.



Згідно оцінок Управління інформації в області енергетики США (U.S. Energy Information Administration - EIA) очікувалось, що в 2020 році в мережі з'явиться 13,5 ГВт від сонячних електростанцій, що перевищить попередній щорічний приріст 8 ГВт у 2016 році. Більше половини потужностей сонячної фотоелектричної генерації сектора електроенергетики розташовані в чотирьох штатах: Техас (22%), Каліфорнія (15%), Флорида (11%) та Південна Кароліна (10%).⁹

В EIA підрахували, що використання сонячної енергії в США збільшилось приблизно з 1,5 тис. т н.е у 1984 році до 26,3 млн т н.е. у 2019 році. Загальне виробництво електроенергії з сонця зросло приблизно з 5 млн кВт·год у 1984 до 104 млрд кВт·год у 2019 році, з яких 64% - від комунальних мережевих фотоелектростанцій (from utility-scale PV power plants), 33% - від невеликих (або розподілених) фотоелектричних систем (from small-scale (or distributed) PV systems) - систем з потужністю менше 1 МВт, а 3% - від комунальних сонячних теплоелектростанцій (from utility-scale solar thermal-electric power plants).

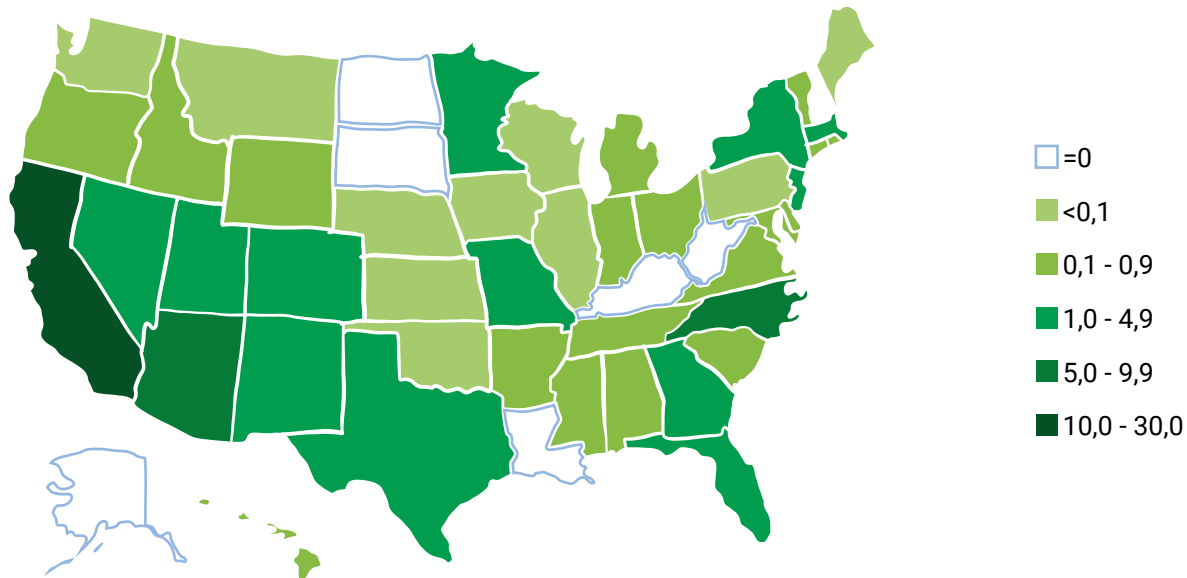
На наведених нижче картах показано загальний річний обсяг виробництва електроенергії з сонця в кожному штаті від комунальних мережевих сонячних електростанцій та розрахункове виробництво електроенергії від невеликих фотоелектричних систем. Більшість невеликих фотоелектричних систем встановлюються на дахах будівель.

⁹ — <https://avante.com.ua/catalog/okupaemost-i-tsena-solnechnykh-stantsiy/>

¹⁰ — з 0,06 трлн Btu до 1044 трлн Btu.

Рисунок 5.4

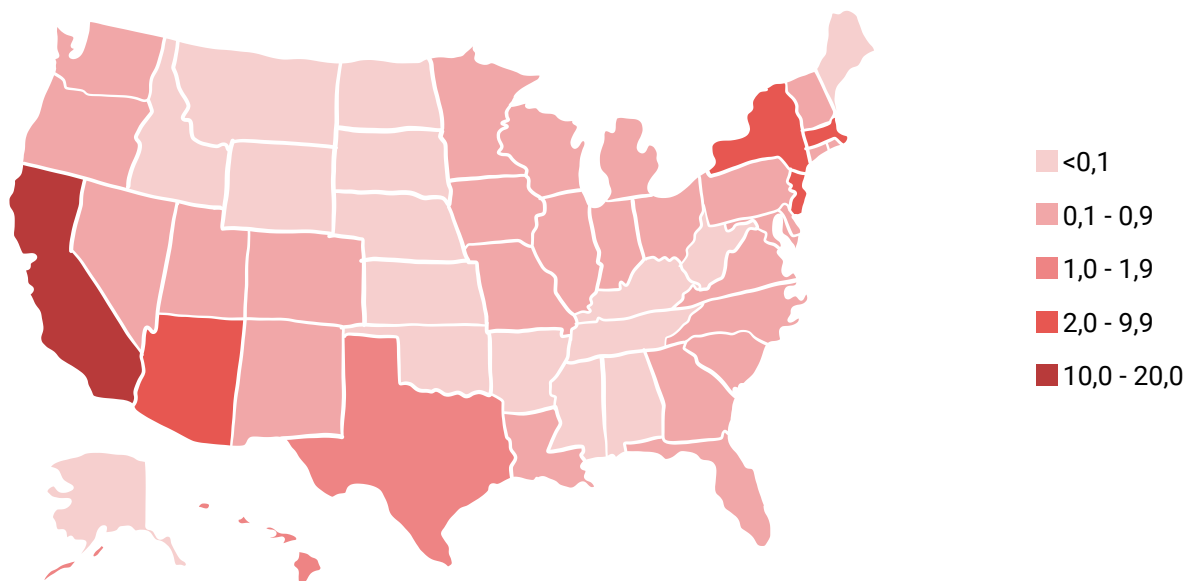
Мільярдів кВт·год



Виробництво електроенергії комунальними мережевими електростанціями у розрізі штатів, 2019

Рисунок 5.5

Мільярдів кВт·год



Виробництво електроенергії невеликими сонячними фотоелектростанціями у розрізі штатів, 2019

На рисунку 5.6 показано як розвивалась мала фотоелектрогенерація протягом останніх років. Населення активно інвестувало у будівництво дахових сонячних електростанцій, і з 2014 року цей напрямок переважає у порівнянні з комерційними споживачами. За період 2012-2016 рр. потужність СЕС у домогосподарствах збільшилась у 4,5 рази – з 0,6 ГВт до 2,7 ГВт. Потім спостерігався невеликий трирічний спад зацікавленості серед населення, але збільшення активності в комерційному секторі. 2018-2020 рр. характеризувались позитивною динамікою будівництва нових об'єктів для населення.

Рисунок 5.6

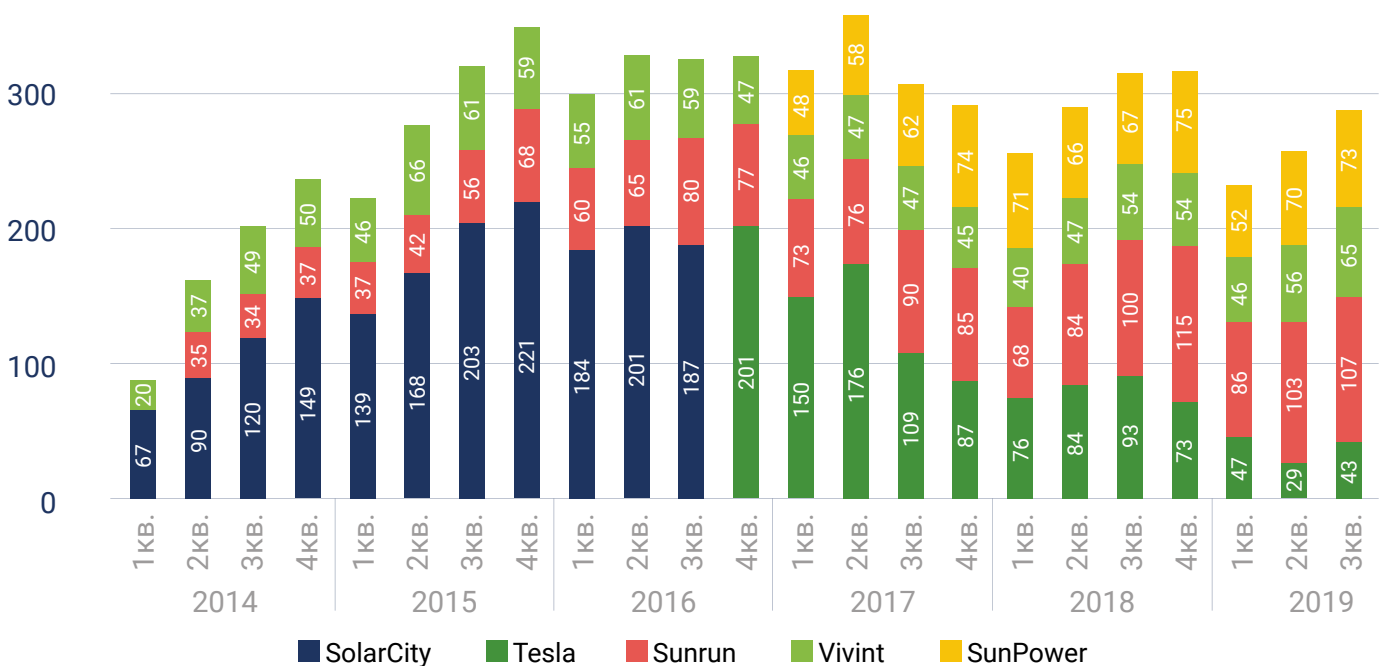


Динаміка щорічного будівництва невеликих фотоелектростанцій в США, ГВт¹¹

Слід відзначити, що у 2016-2017 рр. спостерігався перерозподіл на ринку постачальників фотоелектричних систем населенню. На наступній діаграмі (Рис. 5.7) наведені поквартальні показники встановлення обладнання з позначенням компанії-постачальника. Також наведена діаграма, по якій спостерігається тенденція до збільшення частки власників житла серед інвесторів в дахові СЕС. Це свідчить про усвідомлення населенням перспективності напрямку та про покращення економічної привабливості для капіталовкладень.

Рисунок 5.7

400 МВт встановленої потужності за квартал

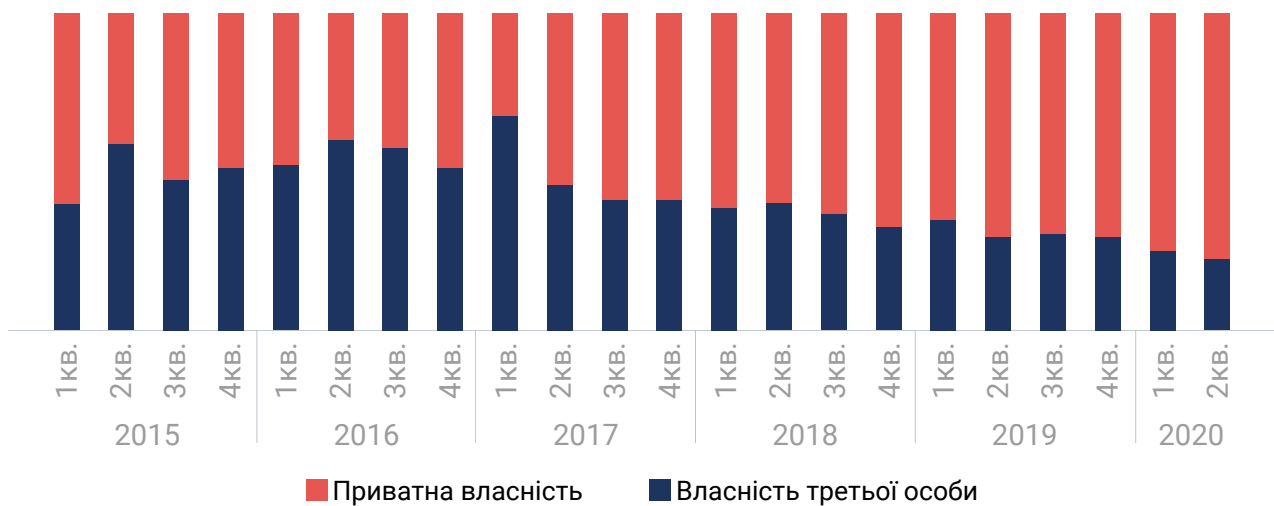


Встановлення населенню фотоелектричних систем найкращими постачальниками¹²

¹¹ — BloombergNEF L.P. 2020, 2021. Developed in partnership with the Business Council for Sustainable Energy

¹² — BloombergNEF L.P. 2021. Developed in partnership with the Business Council for Sustainable Energy.
<https://bcse.org/factbook/>

Рисунок 5.8



Нова сонячна потужність для житла за типом власності (Bloomberg 2021)

Згідно звіту International Energy Outlook 2019 Reference case, що був підготований EIA, загальне світове виробництво сонячної електроенергії у 2010 р. становило близько 33 млрд кВт*год, а у 2018 р. воно сягнуло 894 млрд кВт*год, з яких США виробляли близько 11%, а Китай - близько 36%¹³.

Рисунок 5.9

ГВт



Динаміка нарощування потужності ВДЕ за технологіями¹⁴

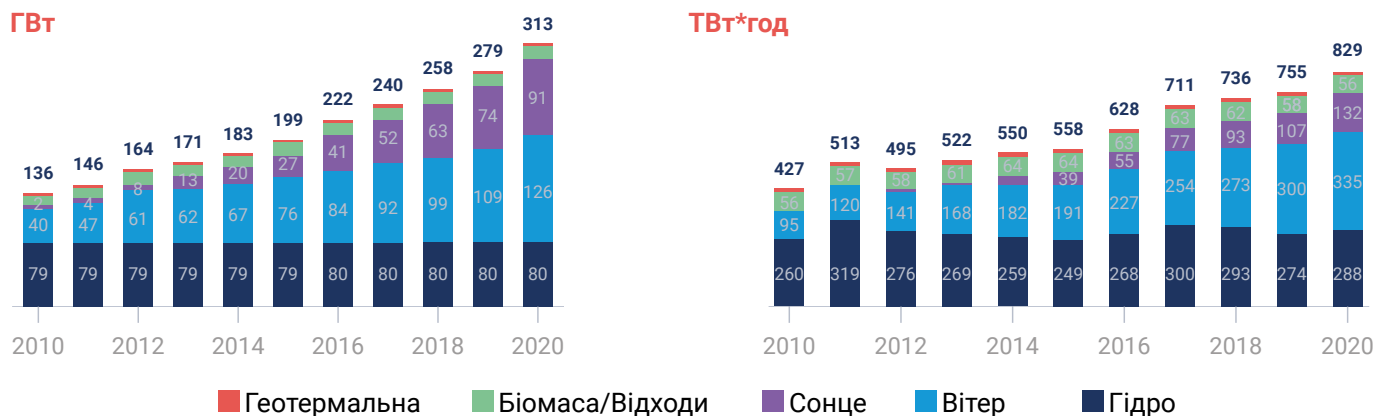
Як видно із діаграми щодо динаміки нарощування потужності ВДЕ (Рис. 5.9), приріст потужності сонячної генерації з 2016 по 2019 рр. перевищував приріст потужності вітрогенерації.

Однак, якщо подивитись на діаграму сукупної потужності ВДЕ у США (Рис. 5.10), то частка сонячної генерації стрімко зростає кожного року, але все ще поступається вітрогенерації. Слід відзначити, що у 2020 році сукупна потужність сонячної генерації (91 ГВт) вперше перевищила сукупну потужність гідроенергетики (80 ГВт). При цьому при співвідношенні виробленої енергії від гідроенергетики надійшло 24,76 млн т н. енергії, а від сонячної генерації – 11,35 млн т н. е.

¹³ — <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/where-solar-is-found.php>

¹⁴ — BloombergNEF L.P. 2021. Developed in partnership with the Business Council for Sustainable Energy. <https://bcse.org/factbook/>

Рисунок 5.10



Сукупна потужність ВДЕ в США та виробництво енергії різними видами ВДЕ (Bloomberg)

Такі темпи зростання сонячної енергетики потребують збільшення масштабів виробництва спеціального обладнання і залучення все більшої кількості людей. Як показано на наступній діаграмі (Рис. 5.11), сонячна електрогенерація у 2018 р. по кількості робочих місць була лідером серед ВДЕ та на третьому місці серед представлених сегментів енергетики.

Рисунок 5.11

Тисяч робочих місць

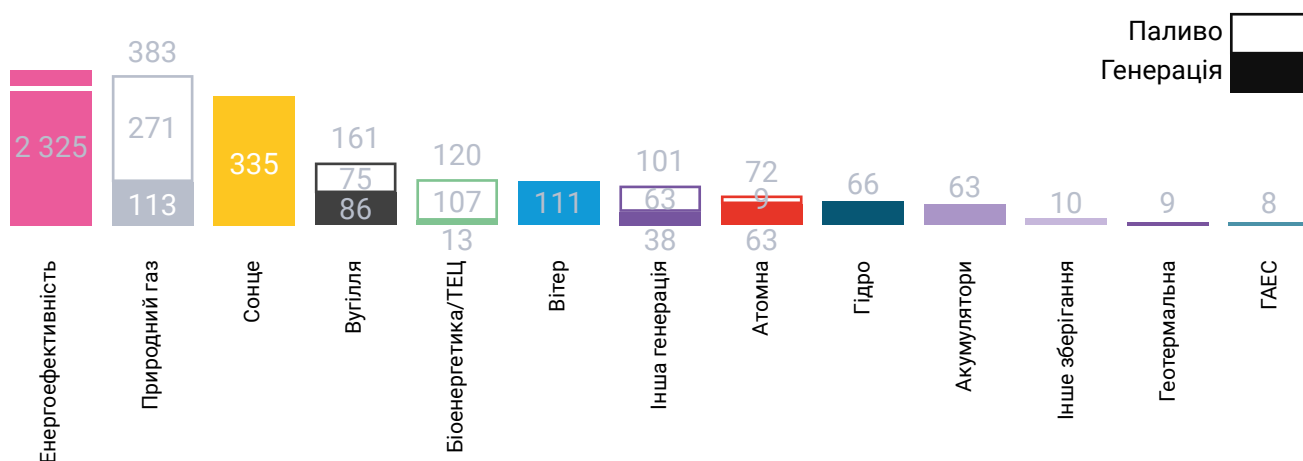
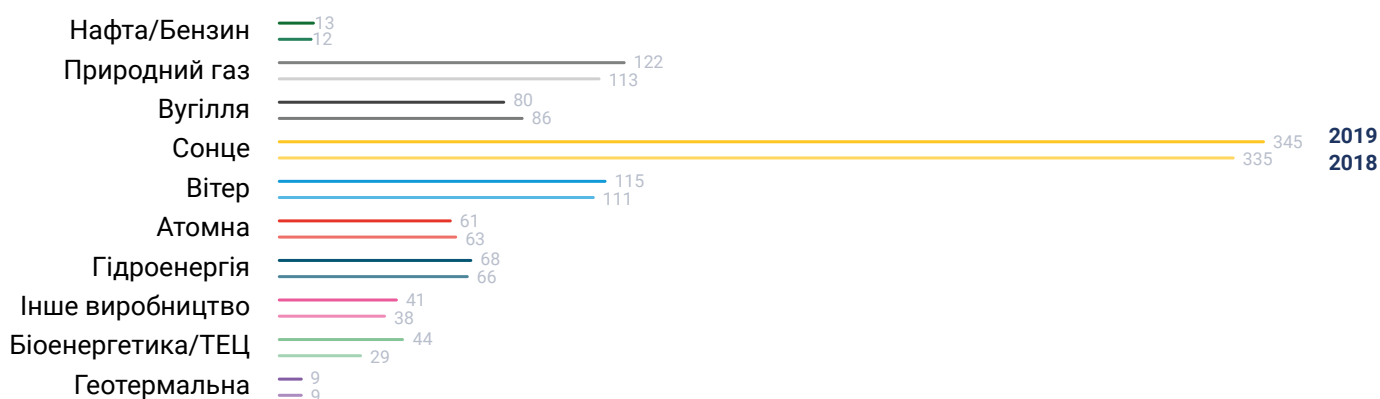


Рисунок 5.12

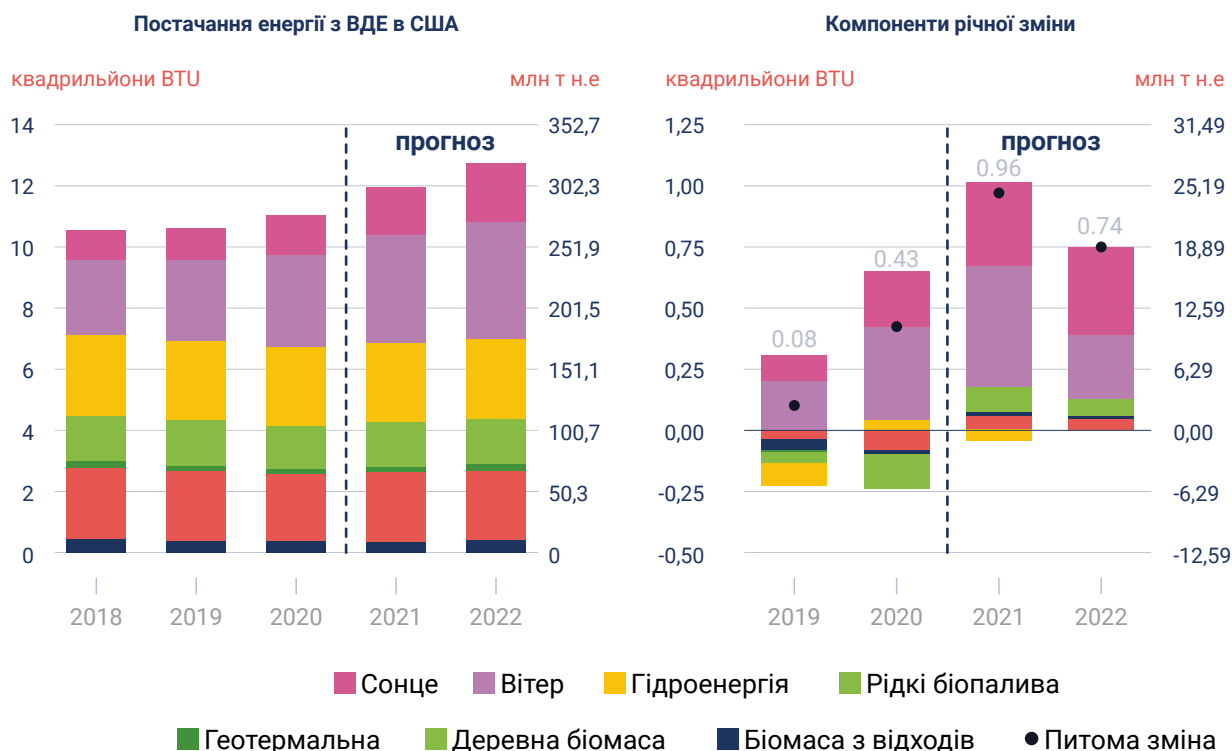
Тисяч робочих місць



Робочі місця в окремих сегментах енергетики у 2018-2019 рр.¹⁰

Згідно прогнозів¹³ Управління інформації в області енергетики США (EIA) на найближчі 2 роки частка фотоелектрогенерації в енергопостачанні із ВДЕ буде збільшуватись (Рис. 5.13).

Рисунок 5.13



Поточний стан та прогнози щодо розвитку ВДЕ у США¹³

Україна

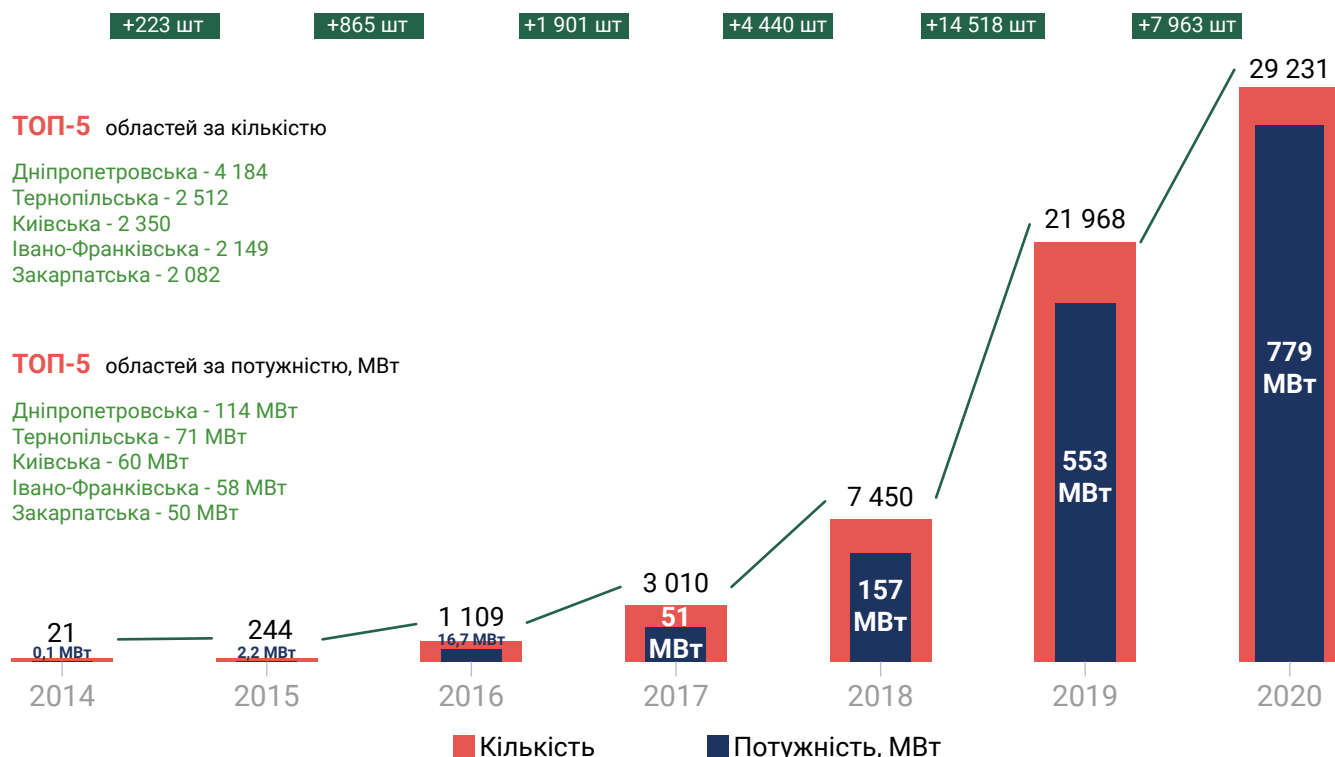
За 2020 рік загальна кількість сонячних станцій приватних домогосподарств, яким встановлено «зелений» тариф, збільшилась на 7963 шт. та на кінець року склала 29931 шт. Станом на 01.01.2021 року, загальна потужність сонячних електростанцій приватних домогосподарств склала 779 МВт (Рис. 5.14).

Починаючи з 2014 року, на встановлення сонячних електростанцій приватними домогосподарствами інвестовано близько 600 млн євро.



¹³ — https://www.eia.gov/outlooks/steo/pdf/steo_full.pdf

Рисунок 5.14



Інвестовано близько 600 млн євро

В Україні налічується 6,5 млн приватних домогосподарств

Динаміка встановлення сонячних електростанцій приватними домогосподарствами¹⁴

Лідерами серед регіонів України із загальної кількості приватних домогосподарств, що встановили сонячні електростанції, є:

Дніпропетровська область –

4184 домогосподарств

Тернопільська область –

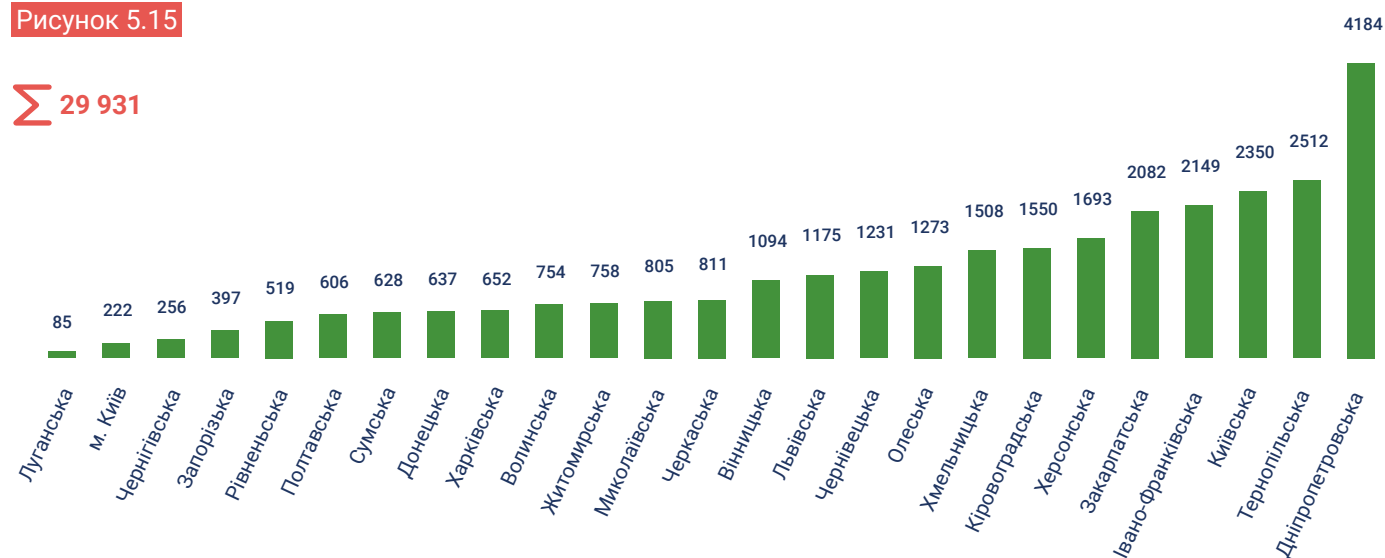
2512 домогосподарств

Київська область –

2350 домогосподарств

Рисунок 5.15

Σ 29 931

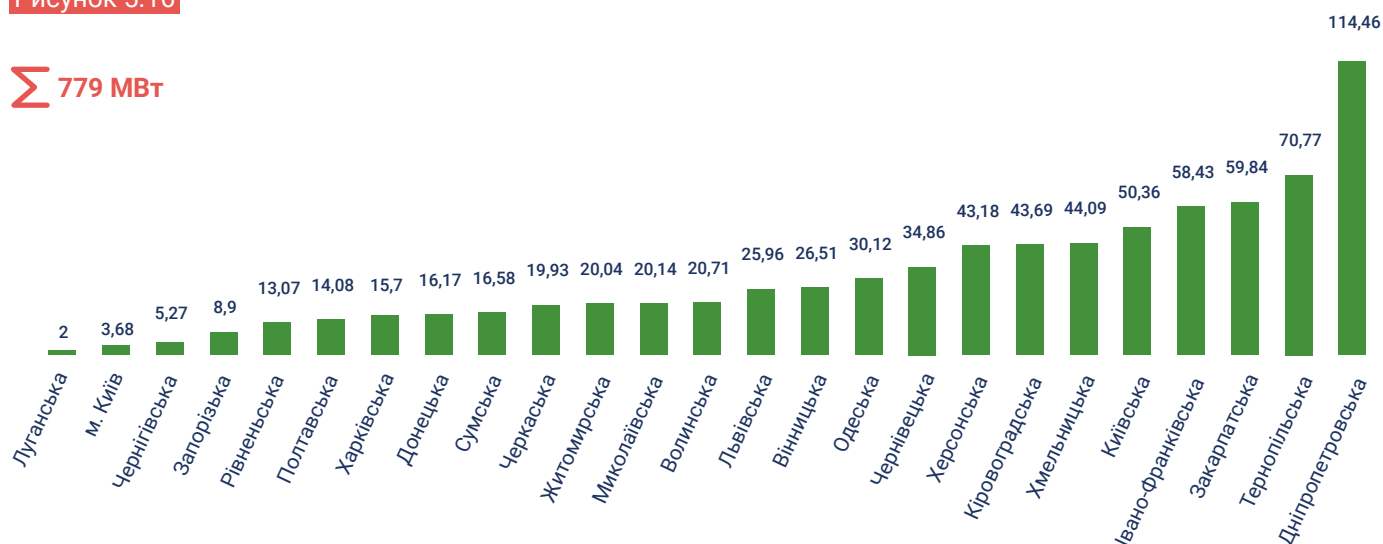


Кількість СЕС домогосподарств у регіонах, станом на 01.01.2021¹⁴

¹⁴ — дані Держенергоефективності, <https://saee.gov.ua/>

Рисунок 5.16

Σ 779 МВт

Потужність СЕС домогосподарств у регіонах, станом на 01.01.2021¹⁴

Якщо розглянути питомий показник – кількість встановлених сонячних електростанцій в приватних домогосподарствах на 1000 осіб, то рейтинг серед регіонів України виглядає наступним чином:

Тернопільська область –

2,32

Закарпатська область –

1,66

Кіровоградська область –

1,64

Таблиця 5.2

Рейтинг регіонів щодо кількості встановлених СЕСд на 1000 осіб

№	Область	К-сть СЕСд	Чисельність населення	К-сть СЕСд на 1000 осіб
1	Тернопільська	2512	1081418	2,32
2	Закарпатська	2082	1256802	1,66
3	Кіровоградська	1550	945549	1,64
4	Івано-Франківська	2149	1373252	1,56
5	Хмельницька	1508	1037640	1,45
6	Київська	2350	1767940	1,33
7	Дніпропетровська	4184	3206477	1,30
8	Одеська	1273	1131096	1,13
9	Чернівецька	1231	1206351	1,02
10	Волинська	754	1035330	0,73
11	Вінницька	1094	1560394	0,70
12	Черкаська	811	1264705	0,64
13	Херсонська	1693	2675598	0,63
14	Харківська	652	1045879	0,62
15	Житомирська	758	1220193	0,62
16	Сумська	628	1157301	0,54
17	Львівська	1175	2522021	0,47
18	Рівненська	519	1400439	0,37
19	Чернігівська	256	904374	0,28
20	Миколаївська	805	2950819	0,27
21	Полтавська	606	2380308	0,25
22	Запорізька	397	1705836	0,23
23	м. Київ	222	1005745	0,22
24	Донецька	637	4165901	0,15
25	Луганська	85	2151833	0,04
Всього		29 931	42 153 201	0,71

Ознайомитись з актуальною інформацією щодо кількості СЕС в Україні можна на офіційному вебсайті Держенергоефективності:

https://saee.gov.ua/sites/default/files/26.01.2021_Mala%20heneratsiya_Prezentatsiya_0.pdf

У лютому 2019 року відбулося відкриття заводу з виготовлення сонячних панелей — KNESS PV. Група компаній KNESS досягла показника в 100% українського виробництва основних комплектуючих для сонячних електростанцій.¹⁵

На заводі встановлено найсучасніше обладнання для виготовлення сонячних панелей, що розраховане на виробництво 400 МВт на рік. Розробку обладнання, встановленого на заводі, здійснював Національний інститут КНР, один з провідних технологічних центрів світу, що займаються відновлюваною енергетикою. Виробничі лінії заводу дозволяють виробляти різні типи сучасних панелей – рамкові та безрамкові панелі типу «скло-скло» з кількістю комірок 60 та 72. Їх номінальна потужність – від 270 до 370 Вт. Усі характеристики панелей відповідають найвищим світовим вимогам, що робить можливим реалізувати продукцію KNESS PV і за межами країни. Щозміни з конвеєрів заводу сходять до 600 панелей. Сфера їх застосування – побутові, комерційні та промислові сонячні електростанції.

З появою заводу KNESS PV у Вінниці з'явилося 120 нових робочих місць; ще понад 50 людей будуть залучені для роботи у сфері технічних розробок, логістики, реалізації та дистрибуції продукції.¹⁶

Завод в Україні з виробництва сонячних панелей

Місто: _____ **Вінниця**
Потужність І черги: _____ **200 МВт у рік**
Загальна запланована потужність: _____ **400 МВт у рік**
Введено в експлуатацію: _____ **2019**
Інвестиції: _____ **5 млн євро**
Інвестор: _____ **KNESS Group**

Додаткове виробництво:

- Інверторного обладнання
- Системи моніторингу генерації
- Опорних конструкцій



Компанія KNESS у 2019 р. побудувала першу СЕС («Залісся» - 14 МВт), основні комплектуючі якої виготовлені в Україні

Приклади дахових сонячних електростанцій в Україні

Перший в Україні міський муніципальний енергокооператив «Сонячне Місто» був заснований у м. Славутич Київської області. Проект розпочався у серпні 2018 р., коли відбулась офіційна реєстрація згідно вимог українського законодавства, а у лютому 2020 р. кооператив отримав від НКРЕКП ліцензію на право провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії. З червня 2020 р. СЕС працює за «зеленим» тарифом.

¹⁷ – <https://kness.energy/history/>

¹⁸ – <https://kness.energy/news/opening-of-the-kness-pv/>



Дах універмагу «Мінськ», де енергокооператив «Сонячне Місто» встановив 144 сонячні панелі

Реалізація проекту включала наступні етапи:

Розроблення ідеї проекту та вибір площадки для його реалізації:

команда кооперативу відібрала муніципальні дахи, що є оптимальними для розміщення сонячних панелей. Розроблено ТЕО і фінансову модель проекту та відповідно до вимог законодавства перевірено несучу здатність конструкцій будівель тримати навантаження від електростанції. Підписано договір страхування на орендовані дахи будівель. У Київській компанії PDM Engineering було замовлено проектування електростанції.



Дах універмагу «Мінськ», де енергокооператив «Сонячне Місто» встановив 144 сонячні панелі

Співпраця з муніципальною владою:

комунальне підприємство «Агенція Регіонального Розвитку» Славутської міської ради долучилося до кооперативу і підписало до 2049 року договір оренди трьох дахів загальною площею 4700 м² (дахи універмагу «Мінськ», будинку культури «Енергія» на 300 місць та БПО «Люкс»). Крім того, 5% чистого прибутку електростанції піде на міські проекти в рамках Плану дій сталого енергетичного розвитку Славутича (це приблизно 1350-1500 євро щорічно).

Залучення інвесторів:

кооператив залучає членів/інвесторів, щоб профінансувати будівництво. Капітальні затрати проекту складають 175 513 євро. Цю суму було поділено на 320 паїв з вартістю одного паю близько 550 євро. У листопаді 2019 інвесторами, що придбали 180 паїв по 15 тис. грн, було зібрано 2,7 млн грн¹⁹. Купувати паї можуть як фізичні, так і юридичні особи з усієї України. Згідно розрахунків фінмоделі, до завершення періоду дії «зеленого» тарифу (до 2030 р.) кожен 1000 євро, які вкладені в кооператив, дадуть 139 євро річного прибутку (після оподаткування). Це трохи більше 13% прибутковості, що прив'язана до євро. Із врахуванням дисконтування окупність проекту складає 7 років. Податки, які сплачуються власником паю із пайового внеску — це податок на дивіденди, оскільки пайові виплати, згідно із українським законодавством, є нетрудовими доходами. Вони оподатковуються за ставкою 5% + 1,5% військового збору. Сумарна ставка, таким чином, становитиме 6,5%. Згідно фінансової моделі, цей податок буде компенсуватись за рахунок того, що протягом року надходження від продажу електроенергії зберігатимуться на депозиті або генеруватимуть додатковий прибуток за рахунок ОВДП¹⁶. Після 2030 року всі пайовики залишатимуться власниками своїх паїв. Дохід після 2030 року зміниться і буде залежати від діючого на той момент законодавства та способу підтримки державою генерації із відновлюваних джерел енергії.

Будівництво:

перша черга сонячної електростанції потужністю 40 кВт (144 сонячні панелі) була змонтована на даху універмагу «Мінськ». Друга та третя черги потужністю 40 та 120 кВт завершають будівництво електростанції загальною потужністю 200 кВт. В проекті використовувались фотоелектричні модулі Cheetah 60M 335 Watt виробництва компанії JINKO Solar, інвертори Huawei загальною потужністю 200 кВт — два пристрої HUAWEI SUN2000-40 KTL потужністю 40 кВт кожен і два — HUAWEI SUN2000-60 KTL по потужності 60 кВт кожен. Постачальником кріплень була українська компанія Kripter. Передбачене відслідковування генерації за допомогою використання спеціальних дата-логгерів (data-loggers) — пристроїв, що дають великий зріз даних по роботі станції у реальному часі. Всі ці дані будуть доступні для членів кооперативу — вони зможуть їх відслідковувати з телефону або з комп'ютера. Треба додати, що перед встановленням сонячних панелей в разі потреби було зроблено точковий ремонт дахів, зокрема замінили поламані флюгарки (захисні пристрої тепловентильційних каналів).

Підготовка документів

для отримання ліцензій та дозволів, технічних умов (ТУ) на приєднання до мереж.

Демократичний мінімальний внесок - починаючи з €15 000 (≈€550)	DPP (дисконтований період окупності) - 7 р. Прибутковість 75,5%
Кожні інвестовані €1000 щороку до 2030 повертатимуть €139	EBITDA margin - 80% IRR - 11% ROE - 13,9%
Капітальні витрати (CAPEX) становлять €175 513	«Зелений тариф» (€0,163 за кВт*год) законодавчо прив'язаний до курсу євро

Основні показники проекту «Сонячне місто»

Іншим прикладом впровадження проекту дахової сонячної електростанції є СЕС потужністю 300 кВт у м. Київ (пр. Шухевича, 30)¹⁷. Об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) знайшло інвестора - компанію «Аврора ТЕРМ», що побудувала електростанцію і реалізує електроенергію за «зеленим» тарифом. Співвласники будинку отримують за оренду даху 40 тисяч гривень на рік. Цього вистачає на оплату електроенергії для місць загального користування: освітлення під'їздів, робота ліфтів і насосів у підвалі. Перед встановленням сонячних панелей інвестором було виконано ремонту даху та 14-ти під'їздів будинку.

¹⁶ — Облігації внутрішніх державних позик України

¹⁷ — <http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/najblsha-v-ukrajini-dahova-ses-zjavilas-na-stolichnij-trojeshhin-60604>
https://elektrovesti.net/72067_osbb-na-troeshchine-ustanovilo-kryshnyu-ses-moshchnostyu-300-kvt



СЕС потужністю 300 кВт у на даху будинку у м. Київ (пр. Шухевича, 30)

Приклади дахових сонячних електростанцій в США

Приклад 1

Об'єднаний шкільний округ Нью-Хейвен є одним з найбільш прогресивних шкільних округів у Північній Каліфорнії¹⁸. На початку 2007 року середня школа Конлі-Карабалло стала першою школою в окрузі Аламеда, яка отримала більшу частину спожитої електроенергії від сонячної електростанції. У листопаді 2007 року шкільна рада затвердила проект встановлення ще двох сонячних установок в початковій школі Кітаяма та середній школі Джеймса Логана.



Solar System Details

System Size	Modules	Modules
471	2,028	1540
KW	UNISOLAR	SHARP
Inverters	Inverters	
2	2	
PV POWERED	SOLECTRIA	

Production Estimates

59,163	KWH MONTHLY
709,950	KWH ANNUALLY
19,807,605	KWH 30 YEARS

МОНТАЖ

Потужності сонячних електростанцій в початковій школі Кітаяма та середній школі Джеймса Логана становлять 201 кВт та 270 кВт відповідно. В установці школи Кітаяма застосована технологія тонкоплівкових ламінованих пластин Uni-Solar. Перед виконанням монтажних робіт була проведена підготовка даху, на якому потім розташували спеціальний світловідбиваючий підкладковий матеріал GenFlex White. У середній школі Джеймса Логана сонячні батареї були встановлені на даху нового

¹⁸ — <https://www.borregosolar.com/solar-project-portfolio/new-haven-unified-school-district>

центру театрального мистецтва та на даху крила будинку на 500 класів. В цьому випадку використовували більш традиційний полікристалічний сонячний модуль Sharp.

Об'єднаний шкільний округ Нью-Хейвен отримав нагороду «Зелена Каліфорнія» за лідерство серед шкіл в категорії «Енергія», яка була вручена на конкурсі в Пасадені у 2010 році. Шкільний округ був відзначений нагородою за його інновації та відданість енергоефективності.

ПЕРЕВАГИ

Загальна вартість установок середньої школи Кітаяма та Джона Логана склала лише 3 мільйони доларів. Приблизно половину фактичної вартості установки покрили знижки від Каліфорнійської енергетичної комісії. Протягом життєвого циклу роботи установок очікувана економія енергії оцінюється приблизно в 5 мільйонів доларів США, а чиста економія становить приблизно 3,6 мільйона доларів США

Приклад 2

Об'єднаний шкільний округ Кемпбелл Юніон - це шкільний округ PreK-8, що включає частини шести міст округу Санта-Клара¹⁹. Портфель шкільних проектів сонячної енергетики цього округу складається з установок на декількох дахах та чотирьох сонячних конструкцій, що, як очікується, заощадить округу понад 15 мільйонів доларів на електроенергії протягом 25 років. Проект фінансується за рахунок нульової процентної позики від Каліфорнійської комісії з енергетики.

Згідно розрахунків, установки, задіяні в проекті, в середньому щороку надаватимуть 2,4 мільйона кВт*годин енергії, що еквівалентно кількості, необхідній для живлення приблизно 375 середніх будинків.

Сонячні системи в кожній школі компенсують приблизно 70 відсотків поточного споживання електроенергії. Об'єкти підключені до мережі, отже, коли генерація сонячної батареї на об'єкті перевищує те, що використовується на той момент, додаткова енергія надходить в місцеву електричну мережу, а округ отримує кредит на оплату комунальних послуг від компанії Pacific Gas & Electric.

Система загальною потужністю 1,5 МВт складається із десяти елементів потужністю від 69 кВт до 236 кВт кожен, що переважно закріплені на дахах корпусів шкіл.



Solar System Details

System Size	Modules	Inverters
1.5 MW	4,011 LG ELECTRONICS	52 SMA

Production Estimates

200,000 KWH MONTHLY
2,400,000 KWH ANNUALLY
72,000,000 KWH 30 YEARS

Гаряче водопостачання та опалення з використанням сонячної енергії

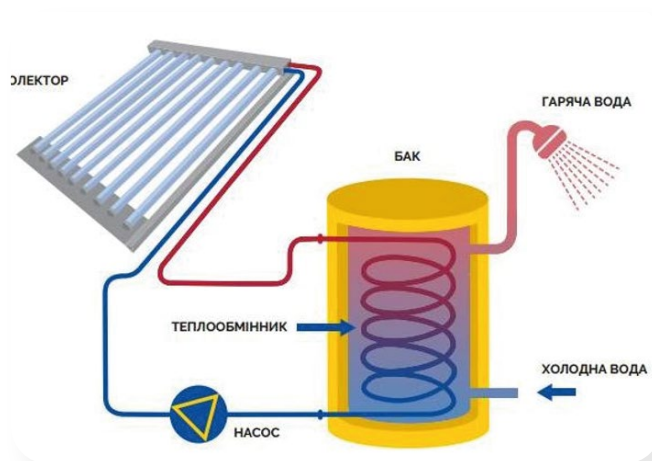
Сонячні колектори поглинають пряме і розсіяне випромінювання, обсяг і якість якого змінюються в залежності від пори року і впродовж світлого часу доби. Сонячне випромінювання потрапляє на поверхню колекторів та нагріває воду, яка знаходиться всередині. Колектори та бак-накопичувач з'єднані трубопроводом, по якому циркулює за допомогою насоса нагріта вода. Отримане від колектору тепло передається в бак запасу гарячої води через теплообмінник. Потім цей процес знову повторюється. Дану енергію можна використовувати як для забезпечення гарячого водопостачання, так і для підтримки системи опалення.²⁰

²² — <https://www.borregosolar.com/solar-project-portfolio/campbell-union-school-district>

²³ — http://saee.gov.ua/sites/default/files/Heat_from%20solar_ua.pdf



Сонячний або геліо колектор на даху будівлі²¹



Принцип роботи системи гарячого водопостачання з використанням сонячного колектору²⁰

Сонячна енергія поглинається через систему вакуумних трубок, конструкція яких схожа на термос. В трубку із ударостійкого скла, що здатне витримати вплив градин великого діаметру, вставлена трубка меншого діаметру. Між трубками вакуум, який виконує функцію термоізоляції. Внутрішня трубка вкрита селективним шаром, який максимально поглинає сонячну енергію, а вакуум заважає втраті тепла. В центрі цієї конструкції знаходиться запаяна трубка з міді, що містить невелику кількість легкокиплячої рідини. Вона слугує нагрівальним елементом сонячного колектору. Під впливом сонячних променів легкокипляча рідина випаровується та її пара підіймається у верхню частину – наконечник, де конденсується та передає енергію теплоносію основного контуру (незамерзаючій рідині). Дана трубка не заморожується при температурі до -50°C . Випаровування починається при досягненні температури у середині трубки $+30^{\circ}\text{C}$. При меншій температурі трубка «запирається» і додатково зберігає тепло. Такі трубки функціонують і в хмарну погоду і при температурі нижче нуля – вони перетворюють прямі та розсіяні сонячні промені в тепло. Незамерзаюча рідина, яка циркулює через теплообмінник сонячного колектору, потрапляє в контур ємнісного водонагрівача (бойлер непрямого нагріву), за допомогою якого відбувається нагрівання гарячої води для використання. Паралельно у бойлер встановлюється електричний ТЕН та контур для зовнішнього опалювального обладнання – для догрівання води у випадку зниження температури нижче норми через тривалий період хмарної погоди.²²

Згідно комерційної пропозиції²² на встановлення геліоколекторної системи, обладнання для проекту на отримання 150 л гарячої води на добу буде коштувати приблизно 2126 доларів США. Для цього потрібно задіяти $3,5 \text{ м}^2$ похилого даху. Використання 20 м^2 похилого даху та інвестиції на обладнання у розмірі 7723 доларів США дозволять отримувати 800 л гарячої води на добу. Вартість монтажу системи складає 10-15% від вартості обладнання в залежності від складності об'єкту. Орієнтовна вартість додаткових матеріалів для монтажу системи складає 10-20% від вартості обладнання.

У США також застосовують сонячні теплові енергетичні системи, які використовують концентровану сонячну енергію.

Сонячні термоелектричні генератори збирають і концентрують сонячне випромінювання для отримання високотемпературного тепла, необхідного для виробництва електроенергії.

Усі сонячні теплові енергетичні системи мають колектори сонячної енергії з двома основними компонентами: рефлектори (дзеркала), які вловлюють і фокусують сонячне світло на приймачі. В більшості типів систем рідини, що передають тепло, нагріваються і циркулюють у приймачі та використовуються для виробництва пари. Пара в турбіні виробляє механічну енергію, яка перетворюється в електричну за рахунок генератора. Сонячні термоелектричні генератори обладнані системами відстеження, які утримують сонячне світло сфокусованим на приймач протягом дня, коли сонце змінює положення на небі. Сонячні теплові електростанції, зазвичай, розташовані на великому полі або мають безліч колекторів, які подають тепло до турбіни та генератора²³.

²² — <https://avante.com.ua/catalog/geliokollektornie-sistemi-ot-150-do-10000-litrov/>

²⁶ — <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-thermal-power-plants.php>

Сонячні термоелектричні генератори також можуть мати системи накопичення теплової енергії, що дозволяє сонячній колекторній системі нагрівати систему накопичення енергії протягом дня, а тепло від накопичувальної системи використовується для виробництва електроенергії у вечірній час або під час похмурої погоди. Сонячні теплові електростанції також можуть бути гібридними системами, які використовують інші види палива (як правило, природний газ) для доповнення енергії сонця в періоди низького рівня сонячної активності.

Існує три основних типи концентраційних сонячних теплових енергетичних систем:

Лінійні концентраційні системи, які включають параболічні жолоби та лінійні рефлектори Френеля

Сонячні енергетичні башти

Сонячні тарілки/двигуни



Параболічні жолоби

Колектор параболічного жолоба має довгий рефлектор параболічної форми, який фокусує сонячні промені на приймальній трубі, розташованій у фокусі параболі. Колектор нахиляється до сонця, щоб сонячне світло було зосередженим на приймачі, коли протягом дня сонце рухається зі сходу на захід.



Система сонячної енергетичної башти

використовує велике поле плоских дзеркал, що відстежують сонце. Ці елементи називаються геліостатами і необхідні для того, щоб відбивати/рефлектувати і концентрувати сонячне світло на приймачі у верхній частині башти. Сонячне світло може бути сконцентровано до 1500 разів. Можливість накопичення теплової енергії дозволяє системі виробляти електроенергію під час похмурої погоди або вночі.



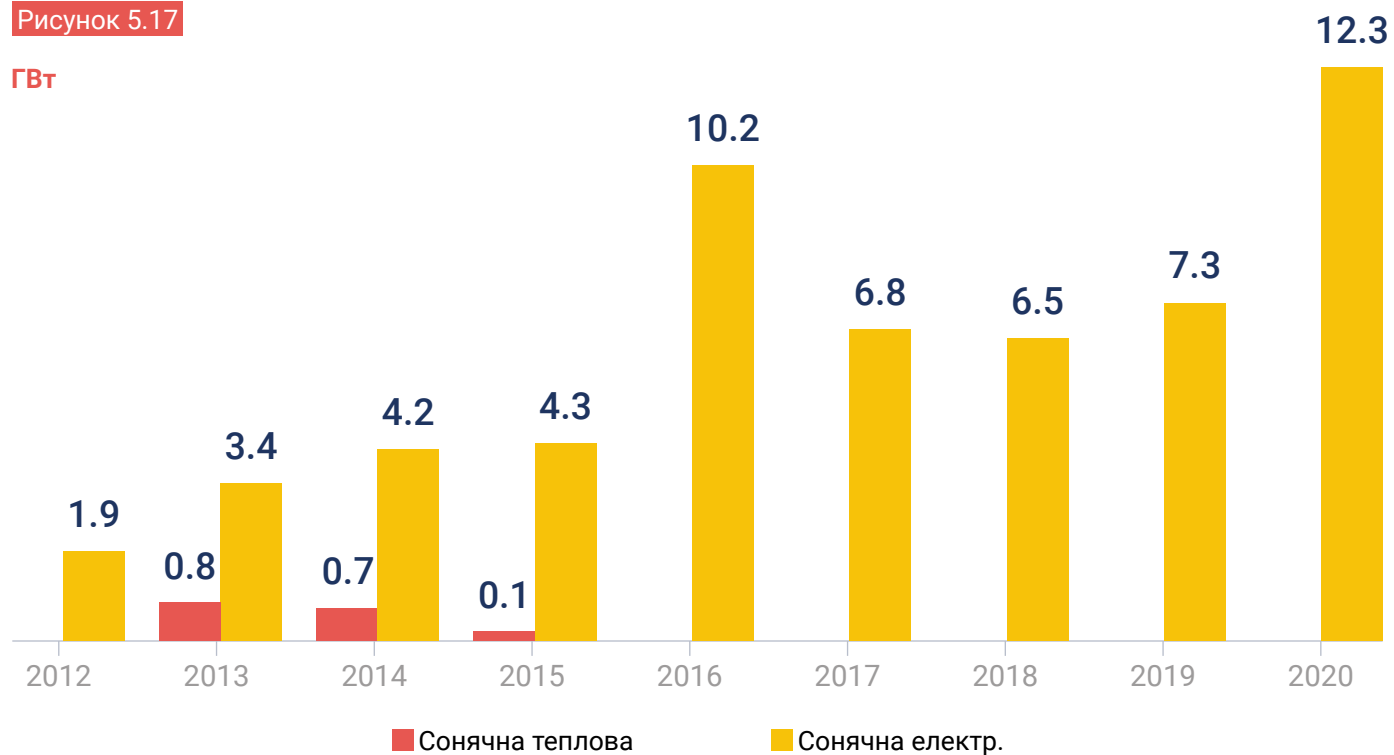
Сонячні тарілки/двигуни

використовують дзеркальну тарілку, схожу на дуже велику супутникову тарілку. Поверхня у формі тарілки спрямовує і концентрує сонячне світло на тепловий приймач, який поглинає і збирає тепло та передає його генератору двигуна. Найпоширенішим типом теплового двигуна, що використовується в системах сонячної тарілки/двигуна, є двигун Стірлінга. Для електрогенерації використовують генератор.

Згідно даних наведеної діаграми, великі сонячні теплові електростанції поки не набули поширення в США. Протягом останніх років у великій сонячній енергетиці будують лише фотовольтаїчні електростанції.

Рисунок 5.17

ГВт



Динаміка будівництва великих об'єктів сонячної генерації у США

Експертні поради

Перспективні види біопалива для отримання теплової енергії.



Георгій Гелетука

голова правління громадської спілки
«Біоенергетична асоціація України»

https://saee.gov.ua/sites/default/files/IFC_Survey.pdf

Для виробництва тепла найчастіше використовують деревну біомасу (наприклад, деревну тріску, дрова й гранули). Однак деякі школи, інші громадські будівлі в сільській місцевості, а також агрофірми використовують соломі (як у тюках, так і в пелетах). На нашу думку, у перспективі кількість котлів, що працюють на соломі та інших агропромислових відходах (наприклад, на стеблах чи качанах кукурудзи, стеблах соняшнику), значно збільшиться, тоді як зростання числа котлів на деревному паливі буде обмеженим. Іншим перспективним варіантом для виробництва тепла є використання енергетичних культур (наприклад, верби, тополі та міскантуса). Це пов'язано зі структурою наявних ресурсів біомаси в Україні, які складаються переважно з відходів сільськогосподарського виробництва та енергетичних культур з порівняно невеликим обсягом деревної біомаси. Ми вважаємо, що розвиток ринку біомаси як палива супроводжуватиметься зростанням цін на неї, хоча ця тенденція не настільки виражена, як у природного газу та інших видів викопного палива. З подальшим розвитком ринку біопалива та виходом на нього великої кількості постачальників-конкурентів ціни на біомасу, ймовірно, стабілізуються на ринковому рівні.

Порівняння вітрових, сонячних та комбінованих електростанцій для умов України



Микола Савчук

член правління Української вітроенергетичної асоціації, керівник сектора малої та середньої вітроенергетики, власник ТОВ «ГРЕСА-ГРУПП»

<https://www.aval.ua/biznesu/blog/viter-u-pomich-112>

Головна перевага вітрових електростанцій перед сонячними при їх будівництві для продажу електроенергії за «зеленим» тарифом – цілорічна робота без зниження продуктивності в осінньо-зимовий період.

Підраховуючи окупність майбутнього проекту, підприємцям слід знати, що коефіцієнт продуктивності вітру в 2-3 вищий за продуктивність сонця. 1 кВт ВЕС здатний генерувати 2200-3200 кВт*год електроенергії на рік – у 2-3 рази більше, ніж СЕС аналогічної потужності.

Перевага ВЕС ще і в тому, що вони займають меншу площу, ніж сонячні електростанції. Так, для ВЕС потужністю 1 МВт знадобиться всього 30-50 соток землі, тоді як для СЕС аналогічної потужності – близько двох гектарів. ВЕС можуть бути максимально наближені до точок підключення: ВЕС > 20 МВт може знаходитися за 700 м від населених пунктів, до 150 кВт – усього за 40 метрів від будівель (згідно з ДСТУ). Вітрогенератори, на відміну від СЕС, дозволено розміщувати на землях сільськогосподарського призначення (є процедура виділення ділянки). Тому за нових сприятливих умов народжується нова група виробників енергії з відновлюваних джерел – фермери та аграрії.

Головний недолік ВЕС для українських користувачів – їх ціна, вища у порівнянні з сонячними панелями. Так, вартість спорудження під ключ 1 кВт вітроустановки становить близько 3,5 тис. дол. (СЕС коштує 700-1000 дол. за 1 кВт). Тобто будівництво ВЕС потужністю 1 МВт обходиться в 1 200 000 дол. Відповідно, термін окупності подовжується і сягає 5-7 років. Китайські вітрогенератори дешеві, але вони розраховані на вищу швидкість вітрів, ніж зазвичай дмуть в Україні - від 12 м/с, у нас же переважно віють вітри близько до 8 м/с. Тож таке обладнання для України не годиться.

Українських виробників недорогих вітрогенераторів для малих і середніх ВЕС потужністю 50-150 кВт немає, сегмент щойно починає розвиватися. Тому у нас не відбувається і масове поширення вітрогенерації серед МСБ.

В Україні відсутні державні програми кредитування і пільги для будівельників та виробників малих та середніх вітрогенераторів, на відміну від країн Євросоюзу. Вищий там і «зелений» тариф. Наприклад, в Данії він становить 35 євроцентів. Тому в Україні окупність вітряків європейського виробництва виходить утричі вищою, ніж у самій Європі.

З 2019 року в Україну почали завозити ренововані вітрогенератори – це відновлені генератори, що пройшли повний цикл тестування, заміни необхідних компонентів і зібрані з оригінальних запчастин на заводі-виробнику (або уповноваженому підприємстві) вітрогенераторів.

Такий вітрогенератор працює як новий ще 15-20 років. Вартість відновлених вітрогенераторів у 3-10 разів нижча за нові. Відповідно, і окупність проектів у 1,5-2 рази швидша, ніж при купівлі нових, і скорочується до 5 років. В Україні пропонуються вітрогенератори з Європи потужністю від 100 кВт до 3,5 МВт виробництва світових брендів: VESTAS, Nordex, General Electric, Suzlon, Enercon та інших.

Наприклад, орієнтир цін на ренововані вітрогенератори на українському ринку такий: Vestas 2008 року випуску потужністю 3 МВт коштує 600 тис. євро, Nordex 2,5 МВт - 350 тис. євро, Enercon 3 МВт - 350 тис. євро.

Якщо підприємець ставить перед собою мету автономного енергопостачання, то зазвичай для покриття споживання електроенергії в зимовий період експерти рекомендують йому встановлювати гібридні системи вітер + сонце. СЕС забезпечать фінансовий потік влітку, а ВЕС – потрібну електроенергію взимку.

Якщо сподіватися лише на сонце, то номінал потужності СЕС має бути в 2-3 рази вищим, ніж потрібно, щоб падіння генерації взимку не призвело до простоїв. Приміром, не 150 кВт, а 450 кВт. В такому разі доведеться ставити панелі більшої потужності, і тоді вартість сонячної електростанції зрівняється з вітровою.

У такому разі треба ще знати, що «зелений» тариф за комбінованими системами (сонце + вітер) вищий: до 50 кВт (домогосподарства, споживачі, енергокооперативи) і до 150 кВт (малий і середній бізнес) з січня 2020 року станове 12,28 євроцентів.

Прогнозована генерація на один кВт встановленої потужності:

1 кВт сонця –

1000 кВт·год на рік

1 кВт вітру –

2200-3200 кВт·год на рік

Побудувати вітроелектростанцію можна у будь-якому регіоні України, але довірити вибір типу вітряка і місця встановлення слід фахівцям. Тому що місце і тип вітряка повинні бути обрані з урахуванням напрямку і сили вітру, рельєфу місцевості, наявності дерев. Особливо важливо врахувати всі умови для невеликих ВЕС побутового сегмента з висотою щогли 17-30 м. Для промислових ВЕС висотою 80-120 м вже простіше: на такій висоті вітер є завжди, але й їх вважають за краще ставити в районі Чорноморсько-Азовського басейну, де сильна роза вітрів. Це Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська, Дніпровська області. Тому компаній, які займаються монтажем та обслуговуванням вітроелектростанцій, в Україні одиниці. Але росте попит – зростає і пропозиція.

