

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра екологічного права і
контролю

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Екологічні проблеми та переваги розвитку вітроенергетики»

Виконала магістрант 2 курсу
групи МЕК – 18
Спеціальності 101 «Екологія»
Освітня програма «Екологічний контроль
та аудит»
Тижнева Крістіна Сергіївна

Керівник к.геогр.н., доцент
Бургаз Олексій Анатолійович

Рецензент к.геогр.н., ст. викладач
Сущенко Андрій Іванович

Одеса - 2019

АНОТАЦІЯ

Екологічні проблеми та переваги розвитку вітроенергетики

Тижнева Крістіна Сергіївна

Енергія нерозривно пов'язана з життям кожної людини. Не випадково, що за рівнем енергоспоживання на душу населення судять про стан розвитку країни і про благополуччя її громадян. Крім кількісної характеристики споживання енергії не менш важливим є екологічна і економічна оцінка енергозабезпечення. Вони впершу чергу залежать від науково-технічного рівня технологій видобутку енергоносіїв та перетворення і споживання енергії.

Вітроенергетика – це галузь енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або інші зручні для використання види енергії.

За прогнозами аналітиків, у найближчі роки вітроенергетика в Україні буде розвиватися швидше, в порівнянні з іншими видами відновлювальної енергетики, а загальна потужність вітропарків перевищить потужність сонячних станцій в 10 разів.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка перспектив розвитку, екологічні переваги та недоліки вітрової енергетики в Україні.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

– визначити сучасні сітові тенденції розвитку відновлюваної енергетики;

– визначити стан розвитку вітроенергетики в Україні;

– окреслити екологічні переваги та недоліки вітрової енергетики.

Методика дослідження – системний аналіз наявної інформації щодо розвитку функціонування і розвитку вітрової енергетики в Україні.

Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків та посилання на 24 джерела. Загальний обсяг магістерської роботи 60 сторінок.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, вітрової енергетика, розвиток вітрової енергетики.

SUMMARY

Environmental Issues and Benefits of Wind Power Development

Tyzhneva Kristina

Energy is inextricably linked to everyone's life. It is no coincidence that the level of energy consumption per capita is judged on the state of development of the country and the well-being of its citizens. In addition to the quantitative characteristics of energy consumption, environmental and economic assessment of energy supply is equally important. First of all, they depend on the scientific and technical level of energy production technologies and energy conversion and consumption.

Wind power is an energy industry that specializes in converting the kinetic energy of air masses into atmospheres into electrical, mechanical, thermal, or other energy-friendly types.

According to analysts, in the coming years wind power in Ukraine will develop faster than other types of renewable energy, and the total capacity of wind farms will exceed the capacity of solar plants 10 times.

The purpose of the master's qualification work is to evaluate the prospects for the development of wind energy in Ukraine.

To achieve this goal, the following tasks were set:

- identify current grid trends for renewable energy;
- determine the state of development of wind power in Ukraine;
- outline the environmental benefits and disadvantages of wind power.

The research methodology is a systematic analysis of the available information on the development of functioning and development of wind energy in Ukraine.

Master's qualification work consists of introduction, three chapters, conclusions and postings on 24 sources. Total volume of work is 60 pages.

Keywords: renewable energy sources, wind energy, wind energy development.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ..... | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 СУЧАСНІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ..... | 10 |
| 2 ВІТРОЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ..... | 17 |
| 2.1 Енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні..... | 17 |
| 2.2 Стан розвитку вітроенергетики в Україні..... | 29 |
| 2.3 Перспективи розвитку енергетики вітру в Україні..... | 36 |
| 3 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ..... | 49 |
| 3.1 Екологічні проблеми енергетики..... | 49 |
| 3.2 Негативні фактори впливу ВЕС на довкілля..... | 47 |
| 3.3 Екологічні переваги вітроенергетики..... | 51 |
| ВИСНОВКИ..... | 56 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 58 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЕВІОМ – Європейська Асоціація Біомаси;

GWEC – Всесвітня рада з енергії вітру;

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

ВЕС – вітроелектростанція;

ГЕС – гідроелектростанція;

ЄБРР – Європейський банк реконструкції і розвитку;

ЄС – Європейський союз;

ЗППЕ – загальне первинне постачання енергії, що розраховується як сума виробництва (видобутку), імпорту, експорту, міжнародного бункерування суден та зміни запасів енергоресурсів у країні;

КНР – Китайська Народна Республіка;

МЕА – Міжнародна енергетична Асоціація;

ОЕСР – Організація економічного співробітництва та розвитку;

ООН – Організація об'єднаних націй;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

ВСТУП

Незважаючи на недавню відмову України від закупівлі російського газу, наша країна все ще досить сильно залежить від імпортованих джерел енергії, наприклад, ядерного палива. Однак загальна важка ситуація, пов'язана з економічною кризою, анексією Криму і продовженням бойових дій на сході, може стати відправною точкою для зміцнення енергетичної безпеки, з одночасним розвитком енергозберігаючих технологій та вирішенням екологічних проблем.

Згідно скоригованої Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. в нашій країні в 2035 р. повинно вироблятися не менше 25% від всієї електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонце, вітер, води річок та ін. [1].

Вітроенергетика – це галузь енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або інші зручні для використання види енергії.

Беззаперечною перевагою вітроенергетики є те, що використовувані для виробництва електроенергії вітрогенератори в процесі експлуатації не споживають викопне паливо. Це дозволяє за 20 років лише одного з таких генераторів потужність 1 МВт не тільки зекономити 570 тис т вугілля, але і запобігти викиду в атмосферу 36 тис т CO₂, 180 т сірчистого ангідриду, 80 т двоокису азоту та інших шкідливих домішок. За даними Всесвітньої ради по енергії вітру (GWEC), світова вітроенергетика дозволить до 2050 року скоротити щорічну емісію вуглекислого газу на 1,5 млрд. т [2].

За прогнозами аналітиків, у найближчі роки вітроенергетика в Україні буде розвиватися швидше, в порівнянні з іншими видами відновлювальної енергетики, а загальна потужність вітропарків перевищить потужність сонячних станцій в 10 разів. На думку експертів, це зумовлено тим, що в

порівнянні з фотоелектричними модулями, при однаковій потужності, вітроустановки займають меншу площу і коштують набагато дешевше [2].

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка перспектив розвитку вітрової енергетики в Україні.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- визначити сучасні сітові тенденції розвитку відновлюваної енергетики;
- визначити стан розвитку вітроенергетики в Україні;
- окреслити екологічні переваги та недоліки вітрової енергетики.

1. СУЧАСНІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Сучасні тенденції та досвід використання відновлюваних джерел енергії в енергетичних цілях є важливим для України, де відновлювана енергетика перебуває на початковому етапі розвитку та потребує ефективних механізмів державної підтримки на зразок кращих світових практик.

Відновлювана енергетика стрімко розвивається в постіндустріальних країнах світу, зростає її частка в світовому енергетичному балансі. Очевидно, що ці тенденції зберігатимуться, охоплюючи усе більше країн.

Аналітики Міжнародної енергетичної Асоціації (МЕА) прогнозують, що обсяги виробництва енергії з відновлюваних джерел в усьому світі перевищать обсяги генерації із використанням природного газу на найближчу перспективу. Адже країни ЄС, Латинської Америки, США і Японія активізують переведення своїх енергосистем із традиційних джерел на альтернативні [3].

На сьогодні відновлювана енергетика є сектором світового виробництва електроенергії, який зростає найшвидше. За очікуваннями до 2018 року вона займатиме майже 25% у глобальному енергетичному виробництві. Зокрема, частка вітрової, сонячної, геотермальної та біоенергетики у виробництві електроенергії подвоїться і досягне 8% до 2018 року, порівняно з 4% в 2011 р. та лише 2% у 2006 р. [3].

У Міжнародному енергетичному огляді за 2013 рік, представленому МЕА, передбачається зростання відновлюваної енергетики в середньому на 2,8% щорічно з 2010 до 2040 року. Серед усіх відновлюваних джерел аналітики прогнозують найбільший приріст у використанні біомаси. Вже

сьогодні біомаса покриває приблизно 11% від світових потреб у енергії, що більше за частку інших відновлюваних джерел енергії разом узятих [3].

Згідно з прогнозами Європейської Асоціації Біомаси (АЕВІОМ), у 2020 р. загальна частка відновлюваної енергетики у Європі досягне 20,7%, а частка біомаси включно з транспортом покриватиме 56,5% від загального виробництва енергії з ВДЕ. Сумарний внесок біоенергетики у 2020 році складе 138,3 млн т нафтового еквівалента (т н.е.), при цьому за рахунок біоенергетики потреби транспортного сектора покриватимуться на 21%, потреби в електроенергії – на 14%, а потреби в опаленні – на 65%. Прогресивні прогнози щодо зростання частки біомаси подає і МЕА, стверджуючи, що до 2035 року використання біоенергії для опалення може зрости більше ніж на 60% [4].

Згідно з довгостроковими прогнозами Європейської ради з відновлюваних джерел енергії у 2050 році вся теплова енергія в ЄС буде вироблятися з відновлюваних джерел. При цьому з біомаси вироблятиметься близько половини всієї енергії – 214,5 млн т нафтового еквівалента. Для досягнення цієї мети проводиться політика стимулювання виробників і споживачів чистої енергії – збільшуються податки на викиди CO₂, вводиться обов'язкова частка використання біомаси в опаленні нових будинків, надаються відповідні податкові пільги та здійснюється часткове відшкодування інвестованих коштів та інші [4].

МЕА висуває досить оптимістичні прогнози щодо розвитку відновлюваної енергетики також в країнах, що не є членами Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). Очікується, що ці країни, в тому числі Китай, забезпечать 60% світового зростання в галузі ВДЕ до кінця 2018 року. Таке швидке розгортання відновлюваної енергетики в цих країнах у повній мірі компенсує уповільнення розвитку галузі в інших регіонах світу, зокрема, у Європі та США, де ринки відновлюваної енергетики сформувалися раніше і є досить структурованими та насиченими.

Все більш конкурентоспроможними в порівнянні із традиційною стають сонячна та вітрова енергетика. Вітроенергетика успішно конкурує з новими електростанціями, що працюють на викопному паливі, у Бразилії, Туреччині, Великобританії та Новій Зеландії.

Сонячні електростанції економічно ефективні на регіональних ринках, де спостерігається висока пікова ціна на електроенергію, зумовлена роботою енергоблоків, що використовують дорогі нафтопродукти, та де наявна висока сонячна активність і, відповідно, велика продуктивність сонячних модулів. У деяких країнах світу (США, Бразилія, ЄС та ін.) вже досягнуто так званого мережевого паритету – вартість сонячної енергетики зрівнялась і ще продовжує знижуватися в порівнянні із традиційною. А собівартість електроенергії, виробленої локальними сонячними електростанціями у низці країн, може бути навіть нижчою, ніж роздрібні ціни на електроенергію [5].

В той же час Світовий банк рекомендує, щоб в усьому світі частка відновлюваних джерел енергії збільшилася до 2030 року з нинішніх 18% до 36% [6].

Окрім цього, згідно з вимогами ООН відновлювану енергетику доцільно розвивати у всіх країнах світу як один з вагомих інструментів утримання глобального потепління на рівні не більше 20С. Відповідно до Паризької угоди Рамкової конвенції ООН зі змін клімату 2016 року, розвинуті держави зобов'язуються надавати фінансову та технічну допомогу країнам, що розвиваються, на реалізацію проектів з використання ВДЕ. Більшість учасників Паризького саміту ООН зійшлися на думці, що до 2050 р. світ має повністю відмовитися від викопних енергоресурсів та стовідсотково перейти на відновлювані джерела енергії.

Такі прогнози є цілком реальними, якщо проаналізувати сучасні темпи розвитку відновлюваної енергетики в розвинутих країнах світу, які прагнуть до енергетичної незалежності та зменшення шкідливого впливу на довкілля.

З метою узагальнення світових тенденцій інвестування у відновлювану енергетику доцільно розглянути основні технології відновлюваної енергетики, які впроваджуються провідними державами світу (табл. 1.1) [7].

Таблиця 1.1 – Рейтинг держав-лідерів світу з інвестування у відновлювану енергетику [7]

| Місце в рейтингу | Загальні інвестиції у нові потужності | Інвестиції у: | | | | | |
|------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------|
| | | гідроенергетику | Фотовольтаїку | Вітрову енергетику | Сонячну енергетику | Біодизель | Біоетанол |
| 1 | КНР | КНР | КНР | КНР | Іспанія | США | США |
| 2 | США | Бразилія | ФРН | США | США | Аргентина | Бразилія |
| 3 | ФРН | США | Японія | ФРН | Індія | ФРН/ Бразилія | КНР |
| 4 | Японія | Канада | США | Індія | Марокко | Франція | Канада |
| 5 | Індія | Росія | Італія | Іспанія | Південна Африка | Індонезія | Франція |

В основу даного рейтингу покладено природно-ресурсний потенціал держав, а також рівень розвитку науково-технологічних розробок. Очевидно, що важливу роль в інвестуванні відіграє фінансова спроможність країни. Відповідно лідируючі позиції займають передові економіки світу – Китай, США та Німеччина.

Відповідно до постійного зростання інвестицій у світі збільшується кількість нових об'єктів відновлюваної енергетики. Загальна встановлена потужність відновлюваної енергетики, за виключенням гідроенергетики, у 2015 р. становила 785 ГВт, з них 276 ГВт припадало на країни-члени ЄС, 262 ГВт на Бразилію, Росія, Індію, Китай та Південну Африку, а на решту світу – 247 ГВт.

Велика гідроенергетика потребує окремого дослідження, адже у 2015 р. її світові встановлені потужності перевищили потужності всіх інших ВДЕ разом узятих, досягнувши 1064 ГВт. Рекордним став 2012 р., коли у світі було введено в експлуатацію нових ГЕС загальною потужністю 30 ГВт, з яких 15,5 ГВт припало на Китай [8].

П'ятірку держав-лідерів з розвитку гідроенергетики очолює Китай, далі йдуть Бразилія, США, Канада і Росія, які разом володіють 52% всього світового обсягу встановлених гідроенергетичних потужностей. Загалом гідроенергетика у 2015 р. забезпечила 16,6% світової виробленої електроенергії [8].

В Європейському Союзі велику увагу при плануванні розвитку енергетичного сектору приділяють екології. У 2007 р. в ЄС були прийняті кліматичні та енергетичні цілі на період до 2020 р., відомі як цілі «20-20-20»:

- зменшити на 20% викиди парникових газів від рівня 1990 р.;
- збільшити до 20% частку споживання енергії, виробленої з відновлюваних джерел;
- підвищення енергоефективності ЄС на 20%.

До 2030 р. країни-члени ЄС домовились зменшити викиди парникових газів на 40% від рівня 1990 р., збільшивши частку ВДЕ в кінцевому енергоспоживанні до 27% .

В «Дорожній карті з енергетики до 2050 року» передбачається збільшити частку відновлюваних джерел енергії до 55-75% в загальній структурі виробництва енергії і до 59-83% в генерації електроенергії.

На даний час перше місце серед відновлюваних джерел в ЄС займає біоенергетика. Дорожня карта з виробництва біогазу в країнах ЄС показує можливість виробництва біогазу в цих країнах у 2020 р. в обсязі 29,43 млн. т н.е. (еквівалент 36,29 млрд м³ природного газу). Для цього достатньо буде використовувати 35% всіх відходів тваринницьких ферм і вирощувати енергетичні культури під біогаз на 5% сільськогосподарських земель [9]. Це дасть змогу значно скоротити обсяги імпорту природного газу.

Варто зазначити, що деякі країни та регіони ЄС планують повністю відмовитись від викопних енергоресурсів на користь ВДЕ. В Данії поставлено за мету виробляти 100% теплової та електричної енергії з ВДЕ до 2035 р. Шотландія має ціль виробництва 100% електроенергії з ВДЕ до 2020 р. В Швеції у 2015 р. також взято за мету перейти на використання ВДЕ для забезпечення енергетичних потреб всієї країни.

Європейський Союз входить в п'ятірку лідерів із запровадження нових потужностей відновлюваної енергетики. У 2012 році частка відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії в ЄС склала 14,4% (в порівнянні із 13,1% у 2011 році). Прирости могли бути і більшими, однак виникали адміністративні перепони, зокрема включення критеріїв сталості до підрахунку споживання біопалив; погодні – використання меншої кількості деревини для опалення під час теплішої зими 2011 року; а також рецесія економіки [10].

Згідно з даними Євростату [11], у період з 2004 по 2014 р. частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії зростає у всіх 28 країнах-членах ЄС. Найбільше зростання у європейських країнах за цей період було зафіксовано в Швеції (з 38,7% у 2004 р. до 51% у 2012 р.), Данії (з 14,5% до 26%), Австрії (з 22,7% до 32,1%), Греції (з 7,2% до 15,1%) та Італії (з 5,7% до 13,5%). Естонія, Болгарія та Швеція вже у 2012 р. досягли своїх цілей 2020 року, та планують надалі збільшувати енергетичні потужності з ВДЕ (табл.1.2).

Євросоюз вважається світовим лідером з впровадження фінансових ініціатив для розвитку відновлюваної енергетики. Найважливіші з них:

- 1) «Зелений тариф» (FIT), який передбачає гарантію підключення до енергомережі та довгостроковий контракт на купівлю всієї виробленої енергії за фіксованим тарифом. Застосовується майже у всіх державах ЄС.

- 2) Преміальний тариф (FIP) – в деяких країнах виробники електроенергії з ВДЕ можуть на вибір користуватись «зеленим тарифом» або ж отримувати фіксовану надбавку (премію) до ринкової ціни на

електроенергію на визначений період часу: Великобританія, Німеччина, Чехія, Нідерланди, Данія.

3) Зелені сертифікати для виробників і постачальників електроенергії, що встановлюють обов'язкову частку (квоту) ВДЕ в загальному обсязі виробленої електроенергії: Польща, Норвегія, Швеція, Бельгія, Румунія.

4) Тендери й аукціони для виробників електроенергії з ВДЕ та біопалива – система урядових торгів на підписання контрактів на будівництво та експлуатацію проектів з відновлюваної енергетики за найнижчою ціною: Італія, Франція, Литва, Великобританія.

Таблиця 1.2 – Частка ВДЕ в кінцевому споживанні енергії в країнах-членах ЄС [11]

| | Назва країни | Частка ВДЕ у % 2014 р. | Мета до 2020 р. у % |
|----|----------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Бельгія | 8,0 | 13 |
| 2 | Болгарія | 18,0 | 16 |
| 3 | Чехія | 13,4 | 13 |
| 4 | Данія | 29,2 | 30 |
| 5 | Німеччина | 13,8 | 18 |
| 6 | Естонія | 26,5 | 25 |
| 7 | Ірландія | 8,6 | 16 |
| 8 | Греція | 15,3 | 18 |
| 9 | Іспанія | 16,2 | 20 |
| 10 | Франція | 14,3 | 23 |
| 11 | Хорватія | 27,9 | 20 |
| 12 | Італія | 17,1 | 17 |
| 13 | Кіпр | 9,0 | 13 |
| 14 | Латвія | 38,7 | 40 |
| 15 | Литва | 23,9 | 23 |
| 16 | Люксембург | 4,5 | 11 |
| 17 | Угорщина | 9,5 | 15 |
| 18 | Мальта | 4,7 | 10 |
| 19 | Нідерланди | 5,5 | 14 |
| 20 | Австрія | 33,1 | 34 |
| 21 | Польща | 11,4 | 15 |
| 22 | Португалія | 27,0 | 31 |
| 23 | Румунія | 24,9 | 24 |
| 24 | Словенія | 21,9 | 25 |
| 25 | Словаччина | 11,6 | 14 |
| 26 | Фінляндія | 38,7 | 38 |
| 27 | Швеція | 52,6 | 49 |
| 28 | Великобританія | 7,0 | 15 |

| | | | |
|--|-------|----|----|
| | ЄС-28 | 16 | 20 |
|--|-------|----|----|

Позитивним є той факт, що за рахунок використання ВДЕ у 2010 р. в ЄС заощадили 30 млрд. євро на витратах на імпортне паливо. В той же час витрати на підтримку відновлюваної енергетики склали 26 млрд. євро. Отже, вартість підтримки використання відновлюваних джерел енергії повністю компенсується за рахунок коштів, які вдалося зекономити від імпорту викопного палива [12].

2 ВІТРОЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ

2.1. Енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні

Першочерговим завданням для успішної реалізації завдань України щодо широкомасштабного використання енергії відновлюваних джерел є встановлення енергетичного потенціалу кожного з видів ВДЕ на всій території України, для чого створюється єдина інформаційно-аналітична система з розширеними функціями, що дозволяє оперативно вирішувати питання ефективності впровадження енергетичного обладнання в конкретній місцевості.

Енергоресурси відновлюваних джерел енергії є практично на всій території України. До основних складових відновлюваної енергетики України відносяться вітроенергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика, геотермальна енергетика і енергетика довкілля (використання теплових насосів). Загальний річний технічно-досяжний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії України в перерахунку на умовне паливо становить біля 68.9 млн т н.е. (табл. 1.3), що становить більше 50% загального енергоспоживання в Україні на даний час і 30% від енергоспоживання в 2030 році [13].

Річні показники технічно-досяжного енергетичного потенціалу основних напрямів освоєння енергії відновлюваних джерел в Україні наведені в таблиці 2.1, та на рис. 2.1 [14].

Україна має потужні ресурси вітрової енергії Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії вітру в Україні є еквівалентним 10,5 млн т н.е., а його використання дозволяє щорічно заощаджувати біля 13 млрд м³ природного газу. За оцінками європейських та вітчизняних експертів, вітровий енергетичний потенціал дозволяє на території України

економічно ефективно функціонувати вітровим електростанціям (ВЕС) загальною потужністю 16 000 МВт (не враховуючи офшорні ВЕС).

Таблиця 2.1 – Потенціал відновлюваної енергетики в Україні [14]

| ВДЕ | Річний технічно-досяжний потенціал | |
|---|------------------------------------|---------------|
| | млрд. кВт·год/рік | млн.т н.е/рік |
| Вітроенергетика | 60 | 15 |
| Сонячна енергетика , в тому числі: | 38,2 | 4,2 |
| електрична | 5,7 | 1,4 |
| теплова | 32,5 | 2,8 |
| Велика гідроенергетика | 20,1 | 4,9 |
| Мала гідроенергетика | 8,6 | 2,1 |
| Біоенергетика, в тому числі: | 178 | 21,7 |
| електрична | 27 | 7,21 |
| теплова | 151 | 14,49 |
| Геотермальна теплова енергетика | 96,7 | 8,4 |
| Енергія доквілля | 146,3 | 12,6 |
| Загальні об'єми заміщення традиційних ПЕР | 548,8 | 68,9 |

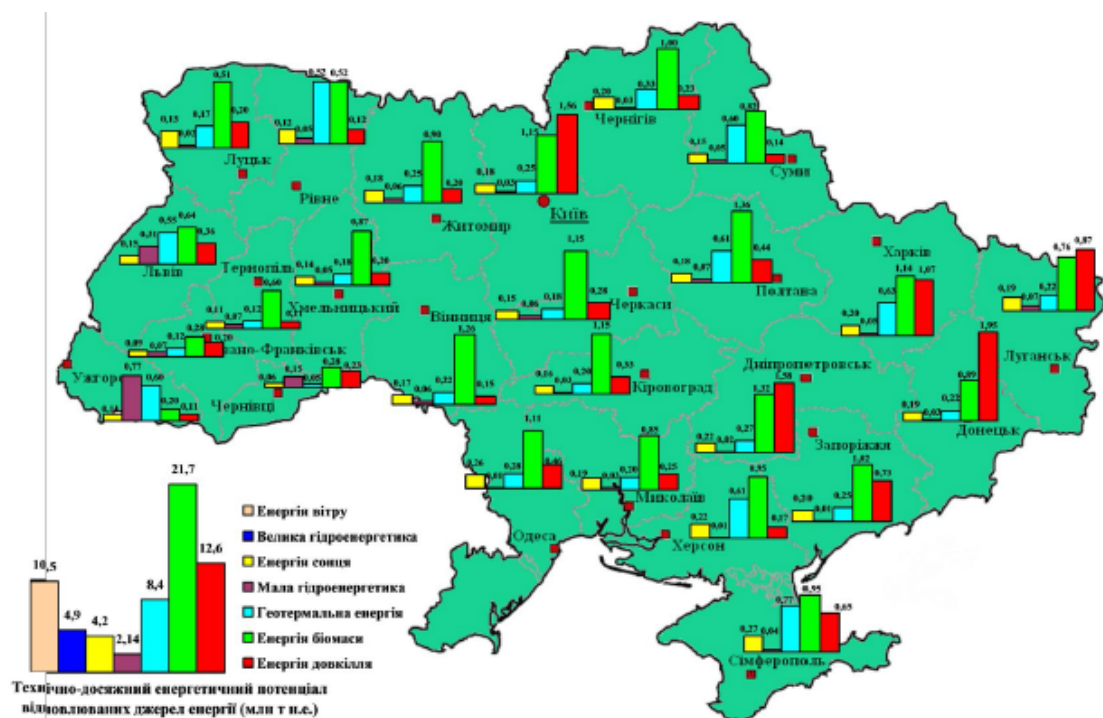


Рис. 2.1 – Сумарний технічно-досяжний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії України [14]

Наведене на карті районування території України виконано на базі статистичних метеорологічних даних довгострокових спостережень

швидкості вітру. З цих результатів випливає, що реалізація інвестиційних проектів ВЕС найбільш ефективна в таких регіонах України: Одеській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Миколаївській, Луганській областях, АР Крим та на окремих гірських площадках Карпат [15].

В горах геострофічний вітер обумовлює вітровий енергетичний потенціал лише на вершинах гір або на інших відкритих плато.

На площадках у гористій місцевості, затінених рельєфом, вітровий енергетичний потенціал може обумовлюватись місцевими вітрами: гірсько-долинними вітрами, фенами тощо. На площадках, наближених до значних акваторій (моря, затоки, лимани, штучні водосховища) суттєвим фактором підвищення вітрового енергетичного потенціалу в теплий період року є бризи, вплив яких відчутний на відстані до 20 км від узбережжя [15].

Потенціал сонячної енергії в Україні.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні є еквівалентним 4,2 млн т н.е., а його використання дозволяє заощадити біля 5 млрд м³ природного газу.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 м² поверхні на території України, знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м² у північній частині України до 1400 кВт·год/м² в АР Крим [15].

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як фотоелектричного, так і теплоенергетичного обладнання практично в усіх областях [15].

Фотоелектричне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом усього року, а термін ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання у південних областях України – 7 місяців (з квітня до жовтня), у північних областях – 5 місяців (з травня до вересня).

У кліматометеорологічних умовах України для сонячного теплопостачання ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію [15].

Для регіонів із малосніжними зимами та великою кількістю сонячних днів протягом року (АР Крим, Причорноморський та Приазовський регіони тощо) ефективним є застосування сонячних колекторів з вакуумними трубками.

Перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України доцільно орієнтувати в першу чергу на використання фотоелектричних пристроїв.

Енергетичний потенціал малих річок України.

Гідроенергетика відноситься до освоєних способів виробництва електроенергії без використання викопного органічного та ядерного палива, має досить прогнозований відновлюваний енерго-ресурс, найменшу собівартість серед традиційних та більшості нетрадиційних технологій, унікальні маневрові та мобільні властивості, характеризується значним експлуатаційним ресурсом [15].

Україна має значні ресурси гідроенергії малих річок теоретичне значення їх природного гідроенергетичного потенціалу сягає 12,5 млрд кВт·год/рік. Річні обсяги виробництва електроенергії оцінюються на рівні 8,2 млрд кВт·год/рік, що еквівалентно заміщенню органічного палива біля 2,1 млн т н.е., або 2,6 млрд м³ природного газу.

Потенційні можливості малої гідроенергетики України на найближчу перспективу на період до 2030 року оцінені в Енергетичній стратегії на рівні 1147 МВт потужності з річним обсягом виробництва електроенергії 3,75 млрд кВт·год/рік.

Найбільший потенціал малої гідроенергетики України зосереджений у Закарпатській, Львівській, Івано-Франківській, Вінницькій, Чернівецькій,

Тернопільській, Полтавській, Черкаській, Житомирській та Хмельницькій областях [15].

Станом на кінець 2012 року в експлуатації знаходяться 83 малі ГЕС у 34 власників. Загальна потужність складає біля 75 МВт із середньорічним обсягом виробництва електроенергії біля 260 млн кВт·год/рік. Отримали ліцензії на продаж виробленої електроенергії за “зеленим” тарифом 78 малих ГЕС. Розподіл станцій по областях України та їх технічні характеристики наведено в другому розділі Атласу [15].

Розвиток малої гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи, чим зніме ряд проблем в енергопостачанні віддалених районів; при цьому вирішуватиметься цілий комплекс проблем в економічній, екологічній та соціальній сферах життєдіяльності та господарювання в сільській місцевості. Малі ГЕС мають стати суттєвою складовою енергозабезпечення для західних регіонів України [15].

Потенціал геотермальної енергії в Україні.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні є еквівалентним 8,4 млн т н.е., а його використання дозволяє заощадити біля 10 млрд м³ природного газу.

Геотермальна енергія використовується для опалення, водопостачання і кондиціонування повітря в житлових та громадських будинках і спорудах у містах і сільській місцевості. Перспективним напрямом також є технологічне використання глибинного тепла Землі в різних галузях промисловості та сільського господарства [15].

Найбільш поширеним і придатним у даний час для технічного використання джерелом геотермальної енергії в Україні є геотермальні води. Затверджені Міністерством екології та природних ресурсів України потенційні геотермальні ресурси теплоенергетичних вод становлять 27,3 млн м³ /добу, а їх теплоенергетичний потенціал біля 84 млн Гкал/рік.

Одним із перспективних напрямів розвитку геотермальної енергетики є створення комбінованих енерго-технологічних вузлів для отримання електроенергії, теплоти та цінних компонентів, що містяться в геотермальних теплоносіях.

Негативний вплив на навколишнє середовище при експлуатації геотермальних родовищ є найменшим порівняно з джерелами енергії, що використовуються на даний час. Новітні технології дозволяють звести негативний вплив, що виникає при експлуатації геотермальних джерел енергії, до мінімуму. Оцінки, проведені рядом організацій, визначили, що розвиток систем геотермального теплопостачання дозволить не тільки заощаджувати органічне паливо, але й сприяти вирішенню екологічних проблем, створенню належних сприятливих санітарних та житлових умов життя і праці населення [15].

Енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні.

В Україні щорічно збирається понад 50 млн т зернових культур. Солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва, отримуються у значних обсягах.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн т н.е., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд м³ природного газу. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Полтавській, Дніпропетровській, Вінницькій та Кіровоградській областях і становить понад 1,0 млн т н.е./рік.

Для визначення виходу соломи і рослинних залишків використовують коефіцієнт відходів – відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна. За різними оцінками, на кожну тонну зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи або рослинних залишків. 50-60% соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та для удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику залишаються на полях після збирання

врожаю. Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети і використовується для опалення. На 14 підприємствах олійної промисловості спалюється понад 500 тис.т лушпиння соняшнику і 120 тис. т його гранулюється [15].

Лісистість території України становить близько 16% її загальної площі. Щорічно заготовлюється 16-17 млн м³ ділової деревини; відходи переробки деревини складають до 10 млн м³.

На даний час близько 70% відходів деревини у вигляді тирси, трісок, пелет і брикетів використовується як біопаливо [15].

Енергетичні культури – це окремі види дерев та рослин, що спеціально вирощуються для виробництва твердого біопалива. Вони поділяються на три окремі групи:

- швидкоростучі дерева;
- багаторічні трави (міскантус, шавнат);
- однорічні трави (сорго, тритикале).

До енергетичних рослин також належать традиційні сільськогосподарські культури, що вирощуються з метою виробництва біодизельного пального (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, пшениця) та біогазу (кукурудза) [15].

Енергетичний потенціал рідкого біопалива в Україні.

Одним із напрямків використання біомаси є її переробка у рідке біопаливо: біодизель та біоетанол.

Біодизель – метилові та/або етилові етери вищих органічних кислот, отриманих із рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо чи біокомпонент.

Біоетанол з біомаси – алкоголь, який одержують у результаті ферментації вихідних речовин, що містять цукор та крохмаль.

Україна має необхідні умови для виробництва рідких біопалив, як за земельними ресурсами і рослинним потенціалом, так і за наявністю власних виробничих потужностей. Вже на сьогодні потенціал біомаси в Україні, придатний для рентабельного виробництва рідких біопалив (біоетанолу і біодизелю) дає підстави стверджувати про перспективність цього напрямку. Річний технічнодосяжний енергетичний потенціал рідкого біопалива в Україні є еквівалентним 1 млн т н.е. Його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 1,2 млрд м³ природного газу. Найбільший потенціал рідкого біопалива зосереджений у Вінницькій та Полтавській областях, де він становить понад 90 тис. т н.е./рік [15].

Економічний аналіз свідчить про загальну світову тенденцію до підвищення цін на енергоресурси. До того ж залежність України від постачання нафтопродуктів із Росії та інших країн робить її уразливою щодо забезпечення паливом автотранспорту, сільськогосподарських та інших машин. Тому розширення площ для вирощування ріпаку та організація виробництва біодизельного пального з його насіння із застосуванням новітніх світових технологій та обладнання є одним із пріоритетних стратегічних завдань держави в галузі енергетики. Виробництво паливного біоетанолу здійснюється переважно на реконструйованих спиртових заводах [15].

Енергетичний потенціал біогазу в Україні.

Біогаз – це суміш газів, що утворюється внаслідок анаеробного метанового збродження і складається з метану, двоокису вуглецю, домішок сірководню, аміаку та інших газів. Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу CO₂ і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати

незалежно від кліматичних і погодних умов, а на відміну від викопних джерел енергії біогаз в Україні має дуже великий відновлюваний потенціал.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал біогазу в Україні становить 2,3 млн т н.е. Його використання дозволяє щорічно заощаджувати біля 2,8 млрд м³ природного газу. Найбільший потенціал біогазу зосереджений у Дніпропетровській, Донецькій та Київській областях і становить понад 150 тис. т н.е./рік.

Ефективним шляхом доповнення та заміни традиційних ПЕР є виробництво та використання біогазу, який утворюється в результаті застосування технологій метанового зброджування тваринницької біомаси і на 60-70% складається з метану.

Іншим джерелом біогазу є звалища сміття на полігонах твердих побутових відходів [15].

Також джерелом біогазу є стічні води. Відстої міських і промислових стічних вод є одним із видів вторинних енергетичних ресурсів, утилізація яких забезпечує вирішення важливих екологічних, енергетичних і соціальних проблем міст, особливо мегаполісів. Відстої міських і промислових стічних вод мають у своєму складі велику кількість органічних речовин. За рахунок використання біогазу, отриманого в результаті анаеробної ферментації біомаси, можна замінити наступні види палива:

- природний газ та зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб;
- бензин, дизельне паливо та гас у двигунах внутрішнього згорання.

Застосування біогазу дає змогу отримувати теплову та електричну енергію, що є особливо привабливим для фермерських господарств [15].

Енергетичний потенціал торфу в Україні

Станом на 01.01.2011 року загальні геологічні запаси торфу в Україні становлять 2,04 млрд т.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал торфу в Україні становить 0,3 млн т н.е. Його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 0,4 млрд м³ природного газу.

Найбільші ресурси торфу знаходяться у трьох поліських областях: Волинській, Рівненській та Чернігівській. На їх території виявлено і розвідано 836 родовищ (38% усіх родовищ держави), а геологічні запаси торфу становлять 1,0 млрд т. Потенціал торфу, зосереджений у Волинській, Рівненській та Чернігівській областях, становить понад 45 тис. т н.е./рік.

Заторфованість Тернопільської, Хмельницької, Вінницької, Черкаської, Полтавської, Сумської та Харківської областей не перевищує 1,9% загальної території України. У Миколаївській, Запорізькій, Дніпропетровській, Закарпатській, Івано-Франківській областях ступінь заторфованості не перевищує 0,1%.

Нерівномірність територіального розподілу ресурсів торфу в Україні зумовлена неоднорідністю кліматичних, геологічних та інших чинників, що визначають процеси торфоутворення і торфонагромадження.

Ресурси торфу – значний енергетичний та агрохімічний потенціал країни; торф успішно використовується як комунально-побутове місцеве паливо і є джерелом сировини для інших галузей народного господарства. Комплексне використання торфу зумовлюється великою різноманітністю його видів навіть у межах одного родовища [15].

Енергетичний потенціал доквілля України.

До природних енергетичних джерел доквілля належать атмосферне повітря, води річок, морів, верхнього шару ґрунту та ґрунтові води.

Теплова енергія, що надійшла від Сонця, акумулюється в шарі ґрунту осадових та гірських порід на глибинах до ізотермічної (нейтральної) поверхні. Шар ґрунту між глибиною прогріву та ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії,

причому, енергія, яка була використана в зимовий період, буде відновлюватись у теплий період року. Це стосується і ґрунтових вод, що містяться у вищевказаних шарах ґрунту та осадових порід.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії доквілля в Україні є еквівалентним 12,6 млн т н.е., а його використання дозволяє заощадити біля 15,6 млрд м³ природного газу [15].

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентилявання приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія у ґрунтовому теплообміннику становить від 3-50С до 10-120С і є придатною для застосування теплових насосів, які забезпечують підвищення температури теплоносія до 40-700С. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують у теплонасосних установках потужністю 10-20 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки. В умовах України це можуть бути садибні будинки міст та сіл [15].

Теплонасосна система теплохолодопостачання, що працює з використанням теплоти ґрунту, є однією з найбільш енергетично ефективних технологій тепlopостачання. Переваги теплонасосних установок порівняно з традиційними системами пов'язані не тільки зі значними скороченнями витрат первинної енергії, але і з їх екологічною чистотою, а також з можливістю підвищення ступеня автономності систем життєзабезпечення будівель. При розрахунку кількості можливих об'ємів споживання низькотемпературних теплових ресурсів за кліматичних умов різних регіонів України необхідно враховувати, що інтенсивна експлуатація може призвести до зниження температури ґрунтового масиву та його промерзання. Необхідно підтримувати такий рівень використання енергії ґрунту, який дозволив би експлуатувати джерело енергетичних ресурсів без шкоди для навколишнього

середовища. Для кожного регіону України існує деяка максимальна інтенсивність видобування геотермальної енергії, яку можна підтримувати тривалий час [15].

Для спорудження ґрунтових теплообмінників можуть використовуватись земельні ділянки, не зайняті дорогами та забудовою, як у межах садиб, так і на землях загального користування.

Для розрахунку прогнозних ресурсів низькопотенційної теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод приймається, що ґрунтові теплообмінники закладаються в шарі ґрунту від глибини промерзання ґрунту (1,2 м) до глибини залягання нейтрального шару (18 м); в опалювальний період ґрунтовий теплообмінник буде охолоджувати ґрунт на глибині промерзання від 20°C до 0°C, а в літній період ґрунт прогрівається знову до 20°C. Зміна середньої температури ґрунту у ґрунтовому теплообміннику за опалювальний сезон становитиме 10°C. Заморожування ґрунту та ґрунтових вод при такому тепловому режимі не відбувається.

Глибина занурення систем видобування теплових ресурсів верхніх шарів ґрунту, тобто ґрунтових теплообмінників чи свердловин, як правило, повинна бути більшою від глибини кореневої системи рослин [15].

Теплофізичні властивості ґрунтів при розрахунках приймаються для окремих областей, виходячи з переважаючого типу ґрунтів та підстилаючих порід [15].

2.2 Стан розвитку вітроенергетики в Україні

Відносно перспектив розвитку енергетичної галузі, Україна дотримується світових тенденцій, спрямованих на розробку і впровадження програм економії енергоресурсів, підвищення енергоефективності і скорочення використання традиційних видів палива, прискорення темпів

розвитку енергетики, з використанням відновлюваних джерел енергії, а також збільшення їх складової в загальному енергобалансі країни. Розробляючи стратегічні програми розвитку енергетики, що передбачає, у тому числі, можливість переходу до «низьковуглецевої» економіки, уряд прагне створити сприятливий інвестиційний клімат для компаній, працюючих у сфері розвитку альтернативної енергетики, щоб притягнути потенційних вітчизняних і іноземних інвесторів [16].

Світова фінансово-економічна криза уповільнила розвиток альтернативних видів енергетики у всьому світі. Проте це не завадило Україні в 2011 році за темпами розвитку вітроенергетики випередити не лише країни СНД, але і деякі провідні європейські держави. За даними Національної комісії з регулювання енергетики України в 2011 році встановлена потужність вітроелектростанцій (ВЕС) збільшилась на 73 % (на 66,1 МВт) і на кінець року склала 151,1 Вт (в порівнянні з 87,5 МВт в 2010 році) [16].

Світовий досвід показує, що найефективніше енергія вітру використовується в морських і прибережних районах, а також в гірських і пересічених місцевостях. З цієї точки зору територія України, має відповідні географічні характеристики і значну кількість перспективних для вітроенергетики зон. Найбільший вітровий потенціал мають значні території, прилеглі до Чорного і Азовського морям, а також Карпатський, Західно-Кримський і Східно-Кримський регіони. Крім того, є ділянки з підвищеним вітровим потенціалом в Донбаському регіоні і в Дніпропетровській області. При реалізації проектів з будівництва і введення в експлуатацію ВЕС на усіх цих територіях, можна було б забезпечити близько 30% покриття потреб України в електроенергії [16].

Вітровий потенціал різних районів України визначається національним вітроенергетичним кадастром, який включає показники швидкості вітру

(середньорічні і середньомісячні), обумовлені результатами багаторічних наукових спостережень, повторюваність швидкості вітрових напрямів протягом року, місяця, доби і так далі. Середньорічна швидкість вітру в приземному шарі на території України досить низька – 4,3 м/с. Більшість вітроагрегатів починають виробляти промисловий струм починаючи зі швидкості вітру 5 м/с. Якщо враховувати, що вони можуть використати енергію вітру до висоти 50 м (на деякій висоті від поверхні швидкість вітру зростає), то енергетичний потенціал на території України складає велетенську величину 330 млрд. кВт і перевищує встановлену потужність електростанцій України в 6 тисяч разів. Зрозуміло, ніхто не допускає думки про можливість його повного використання, але все одно ця величина вражає. Хоча, слід зазначити, що це орієнтовні розрахункові дані, оскільки прямі виміри швидкості вітру на висотах вище за щоглу флюгера одиничні. В таблиці 2.1 наведено дані про питомий енергетичний потенціал вітрової енергії в Україні [17].

Вітрові умови району відносно використання вітру визначаються вітроенергетичним кадастром, який включає різні показники швидкості вітру, обумовлені результатами багаторічних спостережень: середньорічні і середньомісячні швидкості вітру; повторюваність швидкості вітрових напрямів протягом року, місяця, доби.

Зі зменшенням впливу теплих і вологих атлантичних повітряних мас, які поступають на територію України з північного заходу, відбувається посилення континентальності клімату, що формує сприятливі умови розвитку вітроенергетики. На значення вітроенергетичного потенціалу (рис. 2.1) південних і південно-східних територій впливає також енергійне переміщення повітряних мас з Чорного і Азовського морів, і крім того – формування вітрів місцевого значення – у береговій зоні морів. Окремо слід

розглядати гірські території України, для яких характерні великі швидкості вітру.

Таблиця 2.1 – Питомий енергетичний потенціал вітрової енергії в Україні [17]

| № райо- ну | Середньорічна швидкість вітру, $V_{ср}$, м/с | Висота, м | Природний потенціал вітру, кВт·год/м ² рік | Технічно-досяжний потенціал вітру, кВт·год/м ² рік |
|------------|---|-----------|---|---|
| 1 | <4,25 | 15 | 1120 | 200 |
| | | 30 | 1510 | 280 |
| | | 60 | 2030 | 375 |
| | | 100 | 2530 | 460 |
| 2 | 4,5 | 15 | 2010 | 390 |
| | | 30 | 2710 | 520 |
| | | 60 | 3640 | 700 |
| | | 100 | 4540 | 850 |
| 3 | 5,0 | 15 | 2810 | 520 |
| | | 30 | 3790 | 690 |
| | | 60 | 5100 | 860 |
| | | 100 | 6350 | 975 |
| 4 | 5,5 | 15 | 3200 | 620 |
| | | 30 | 4320 | 830 |
| | | 60 | 5810 | 1020 |
| | | 100 | 7230 | 1150 |

Діючі сьогодні в Україні ВЕУ в основному побудовані на базі вітроагрегатів, вироблених в Україні за ліцензією фірми «Кенетек Віндпауер». Всі українські ВЕУ були побудовані у рамках виконання Комплексної програми будівництва вітроелектростанцій", прийнятої урядом України в 1997 році, що передбачала до 2010 року введення в експлуатацію 1990 МВт. вітроенергетичних потужностей. Саме у рамках цієї програми було освоєно виробництво ліцензійних установок потужністю 107,5 кВт, причому 100% компонентів цих машин виготовлялися в Україні. У їх виробництві були задіяні 23 заводи, а складання вітротурбін здійснював Дніпропетровський Південний машинобудівний завод. На реалізацію програми було витрачено приблизно 675 млн. гривень, побудовані 778 вітрових установок, загальна потужність яких складає близько 90 МВт. У

результаті, як було відмічено на третьому всеукраїнському бізнес-саміті по проблемам зміни клімату, програма розвитку вітрової енергетики в Україні не виправдала очікувань. Головну мету комплексної програми бачили в залученні підприємств ВПК для виробництва вітроагрегатів, тобто метою було не виробництво електроенергії за допомогою вітру, а виробництво вітроагрегатів. Це стало стратегічною помилкою. Також проблемою було і, на жаль, поки залишається фінансування цієї галузі. Крім того не були оцінені можливості існуючих мереж для прийому енергії від ВЕУ.

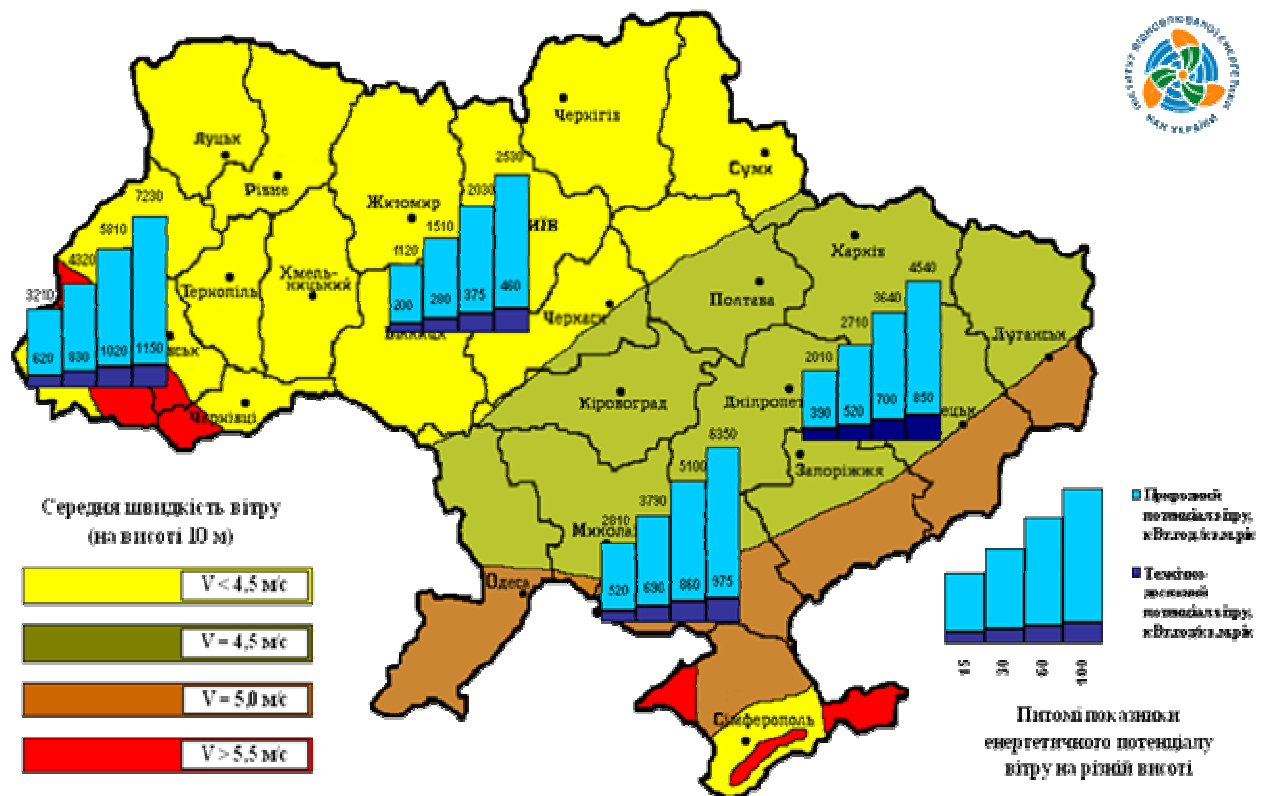


Рис. 2.1 – Потенціал вітрової енергії на території України [17]

На думку української вітроенергетичної асоціації [18], у вітроенергетики України є економічно обґрунтований потенціал в 16 ГВт. (приблизно 25% потужності енергосистеми України). Проте, з урахуванням сьогоденного рівня технічної підготовленості підприємств для виробництва ВЕУ і стану електричних мереж, реально можна добитися до

2020 р. введення в експлуатацію ВЕУ з сумарною встановленою потужністю в 6,5-7 ГВт [19].

Нині в Україні спостерігається бурхливий розвиток вітроенергетичної галузі, обумовлений, передусім, введенням різних пільг для девелоперів альтернативної енергетики, а також прийняттям т.з. «зелених» тарифів на електроенергію, отриману з використанням ВДЕ, які є одними з найвищих в Європі. Зокрема, для вітроустановок потужністю понад 2 МВт величина «зеленого» тарифу складає близько 11,3 євроцента за 1 кВт·год. Встановлені «зелені» тарифи діятимуть аж до 2030 року. За даними Української вітроенергетичної асоціації, завдяки прийняттю податкових пільг на виробництво і ввезення устаткування для виробництва «чистої» енергії, а також дії високих «зелених» тарифів на купівлю електроенергії, отриманої з використанням ВДЕ, тільки за останні півтора роки в країні була запущена в експлуатацію половина із загальної кількості встановлених ВЕС. Відмітно, що в 2011 році уперше в Україні були встановлені сучасні віротурбіни мегаватного класу. Необхідно відмітити, що практично усі нові вітроенергетичні потужності (65,5 МВт), були введені в експлуатацію у рамках розвитку приватних інвестиційних проектів. Цей факт свідчить про те, що завдяки значній державній підтримці, в Україні сформувався і динамічно розвивається ринок вітроенергетики [16].

Нині на енергетичному ринку України працює велика кількість українських і іноземних компаній, що реалізують великі і менш масштабні інвестиційні проекти в різних перспективних районах країни.

Окрім інтенсивного розвитку великих проектів, в Україні відчувається необхідність в реалізації невеликих проектів, призначених для забезпечення електроенергією домогосподарств і приватних підприємств, що знаходяться далеко від районних центрів і ліній електропередач. Наприклад, в таких регіонах, як Крим і Закарпаття, враховуючи їх високий вітроенергетичний

потенціал, так само можна успішно розв'язати проблему дефіциту електроенергії. Необхідно також відмітити, що Європейський банк реконструкції і розвитку (ЄБРР), у рамках інвестиційної Програми фінансування альтернативної енергетики в Україні (USELF), виступив інвестором першого вітроенергетичного проекту, реалізованого в Старосамборському районі Львівської області. Програма об'ємом 70 млн. євро призначена для фінансування приватних проектів в області відновлюваної енергетики в Україні. Варто відмітити, що ЄБРР є в Україні найбільшим інвестором в області ВДЕ [16].

Що стосується технічного оснащення галузі, то треба сказати, що на українському ринку вітроагрегатів окрім установок вітчизняного виробництва, широко представлено устаткування провідних китайських і європейських виробників. Проте, за даними Української вітроенергетичної асоціації, близько 50% усього продажу вітроагрегатів припадає на частку вітчизняного виробника. Фахівці відмічають, що окрім цінової переваги, українське устаткування показало надійну роботу в складних кліматичних умовах. При проектуванні вітроустановок українські розробники максимально врахували особливості місцевого клімату і вірогідні критичні навантаження: можливість обмерзання, різкі пориви і часту зміну напрямів вітру. Нині, завдяки оптимальному поєднанню ціни і якості, вітроагрегати українського виробництва визнаються багатьма експертами кращими у своєму сегменті ринку і мають великий попит в Німеччині, Угорщині, Португалії, Польщі, Казахстані, Білорусії, Франції, країнах Балтії. Наявність власного виробника конкурентоздатного і надійного устаткування, служить хорошою передумовою для успішного розвитку малої вітроенергетики в Україні [16].

Сьогодні про зацікавленість держави в розвитку, зокрема, вітроенергетики в Україні свідчить створення відповідної законодавчої бази,

що формує сприятливий інвестиційний клімат і реальна бюджетна підтримка галузі. За прогнозами аналітиків, найближчими роками вітроенергетика в Україні розвиватиметься швидше, в порівнянні з іншими галузями відновлюваної енергетики, а загальна потужність вітропарків перевищить потужність сонячних станцій в 10 разів. На думку експертів, це обумовлено тим, що в порівнянні з фотоелектричними модулями, при однаковій потужності, вітроустановки займають меншу площу і коштують набагато дешевше. Так, дослідження Швейцарського федерального технологічного інституту, що вивчав основні витрати на проекти у сфері альтернативної енергетики, показали, що інвестиції у вітроенергетичні об'єкти стали в 2-4,5 рази менше, ніж витрати на будівництво сонячних станцій. Експерти стверджують, що такий розрив у вартості проектів буде зберігатися мінімум до 2020 року [16].

2.3 Перспективи розвитку енергетики вітру в Україні

Енергію вітру людина використовувала з давніх часів – спочатку в судноплаванні, а потім для заміни своєї мускульної сили. Перші прості вітродвигуни застосовували за глибокої давнини в Єгипті і Китаї. У Єгипті (біля м.Александрії) збереглися залишки кам'яних вітряних млинів барабанного типу, побудованих ще в 2-1 ст. до н.е. В 7 ст. н.е. перси будували вітряні млини вже більш довершеної конструкції – крильчаті. Деяко пізніше, приблизно в 8-9 ст., вітряні млини з'явилися на Русі і в Європі. Починаючи з 13 ст., вітродвигуни отримали широке розповсюдження в Західній Європі, особливо в Голландії, Данії і Англії, для підйому води, помолу зерна і приведення в рух різних верстатів.

Україна має багатовікові традиції використання енергії вітру. Вітродвигуни для перекачування води та помолу зерна мали масове

поширення на всій її території – до 1917 року їх загальна потужність становила близько 1400 МВт. Для порівняння – потужність Хмельницької атомної станції становить 2000 МВт, а сумарна встановлена потужність сучасних вітроелектричних станцій у країнах Європейського Союзу в 1994 році дорівнювала 1510 МВт [15].

Вітроенергетика в сучасному розумінні – це сукупність засобів перетворення енергії вітру в електричну енергію. Промислова вітроенергетика почала свій розвиток у середині 60-х років ХХ століття. У західних країнах було розроблено і реалізовано механізми державної підтримки вітроенергетики як найбільш могутньої підгалузі відновлюваної енергетики спеціальні тарифи, преференції при під'єднанні до електромережі та при закупівлі екологічно чистої електроенергії і тому подібне. За останні 10 років керівними органами ЄС прийнято ряд вагомих документів для істотного стимулювання виробництва електроенергії в галузі вітроенергетики. Все це стимулювало фінансування і активізацію роботи компаній, що конструюють і впроваджують вітрові електроустановки [15].

Фактично розвиток промислової вітроенергетики в Україні почався в 1994 році з ухвалення практичних рішень щодо серійного виробництва вітроелектричних установок на українських заводах і будівництва вітроелектричних станцій на їх основі. У 1997 р. ухвалою Кабінету Міністрів України №137 була прийнята державна «Комплексна програма будівництва ВЕС в Україні» і розпочато її виконання. Основна мета даної програми розвиток вітчизняного вітроелектричного машинобудування. На підставі рішення, згідно якого в Україні організовується виробництво високотехнологічних ВЕУ за ліцензіями іноземних компаній, було освоєно серійне виробництво ВЕУ моделі USW56-100 потужністю 107,5 кВт, за ліцензією відомого на той час американського виробника вітроелектричного устаткування компанії «Kenetech WindPower», яке повністю проводилося на

23 промислових підприємствах України. На даний момент виготовлено 740 ВЕУ даної моделі, з яких впроваджено до експлуатації в Україні 770 ВЕУ.

Сьогодні в Україні налагоджене серійне виробництво ВЕУ Т600-48 потужністю 600 кВт за ліцензією бельгійської компанії Turbowinds [15].

Будівництво ВЕС в Україні виконувалося згідно завдань Комплексної програми будівництва вітрових електростанцій, в період з 1997 по 2010 р. [20].

Завдання малої вітроенергетики полягає у забезпеченні надійного функціонування автономних і локальних вітроенергетичних систем, практика використання яких передбачає необхідність забезпечення певної кількості годин роботи виробничих механізмів споживачів, тоді як робота об'єктів великої вітроенергетики направлена на досягнення максимального вироблення енергії, що подається в загальну мережу [15].

Доступність енергії вітру, його повсюдність викликає значну зацікавленість у малій вітроенергетиці. В той же час, ухвалення рішення про застосування тієї або іншої вітроенергетичної системи неможливе без енергетичної оцінки вітроенергетичного потенціалу. На сьогодні в Україні розроблена і функціонує державна програма будівництва і експлуатації вітроелектричних станцій, розробляється нормативна і законодавча база для їх функціонування. В той же час, малі вітроустановки проектуються і виготовляються окремими невеликими колективами, які не в змозі довести їх до серійного виробництва. На даний час в Україні серійно випускаються вітроелектроустановки потужністю 0,8 кВт, а попит змінюється в бік установок потужністю 3-10 кВт [15].

В Україні є істотні передумови для розвитку вітроенергетики, а саме: великі площі для будівництва ВЕС, вільні від промислової і житлової забудови, від інтенсивного використання в землеробстві; великі потужності на машинобудівних заводах, здатних виготовляти високоефективні сучасні

моделі ВЕУ для внутрішніх потреб України і на експорт; кваліфіковані кадри на машинобудівних заводах, які мають досвід виробництва ВЕУ і адаптації технологічної документації до українських конструкторських і технологічних стандартів; дані багаторічних спостережень характеристик вітрового режиму в районах перспективного будівництва ВЕС; кваліфіковані кадри у галузі будівництва, налагодження і експлуатації ВЕС. Розроблений НАН України спільно з НКАУ проект "Доповнення до Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. в частині розвитку вітроенергетики" передбачає до 2030 р. побудувати в Україні ВЕС загальною потужністю 16000 МВт [15].

Сумарна кінетична енергія вітру в світі може бути приблизно оцінена як у 80 разів вища від сумарного енергоспоживання людиною. І хоча для енергетичних потреб може бути використана лише певна частка від цього загального показника, майбутній розвиток самої технології має величезний потенціал [15].

Україна має потужні ресурси вітрової енергії. За оцінкою міжнародної програми INFORSE, в Україні можливо побудувати вітрові електричні станції загальною потужністю 24 ГВт. Враховуючи, що не на всій території України було виконане детальне дослідження вітрового енергетичного потенціалу, слід вважати зазначену оцінку (24 ГВт) нижньою границею, що відображає рівень вже "розвіданих" вітрових енергетичних ресурсів України. Виміри швидкості вітру на території України проводяться на метеорологічних станціях Державного комітету по гідрометеорології і на метеорологічних пунктах різних відомств та організацій України. Виміри проводяться на висоті від 9 м до 20 м над рівнем ґрунту. Систематичні виміри швидкості вітру в Україні виконуються протягом останніх 60 років [15].

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал енергії вітру в Україні є еквівалентним 28 млн т у.п., його використання дозволяє заощадити біля 24 млрд м³ природного газу.

Практично в усіх кліматичних зонах України при збільшенні висоти величина питомого енергетичного потенціалу вітрової енергії відносно показника на рівні 10-ти метрової відмітки зростає: на висоті 30 м – в 1,5 рази; на висоті 60 м – у 2 рази; на висоті 100 м в 2,5 рази.

Енергетичний потенціал вітру на одній і тій же висоті в районах Криму та Карпат в 2,5-3 рази більший, ніж у північній зоні; енергетичний потенціал всіх південних регіонів України значно вищий, ніж північних. Таким чином, найбільш перспективними для впровадження вітроенергетичного обладнання є АР Крим, Карпати, Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська області, західна частина Чернівецької, побережжя Чорного та Азовського морів, а також Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Донецька та Луганська області [15].

Тенденції попередніх років вказували на відносне здешевлення вітроустановок при зростанні їх одиничної потужності. Однак перехід до машин мультимегаватного класу в другій половині останнього десятиліття спинив цю тенденцію, а кризові явища в енергетиці спричинили навіть до зростання цін. Наразі експертні оцінки схиляються до стабілізації тенденцій зміни вартості установок. За прогнозом Європейської вітроенергетичної асоціації (Pure Power. Wind energy targets for 2020 and 2030. Доповідь ЄВЕА, 2009 р.) питомі капіталовкладення у наземні ВЕС за період з 2010 до 2030 року мають *знизитись майже на 30%*. Тенденція зміни середньої собівартості електроенергії має бути аналогічною.

В Україні в даний час нема власних розробок потужних вітроелектричних установок (ВЕУ). Отже, майбутнє будівництво ВЕС має опиратися на куповані (спочатку) та виготовлені спільно (за ліцензією)

установки. Отже, вартісні показники мають відповідати європейським з урахуванням місцевих особливостей. За оцінками фахівців, питомі інвестиції для сучасних ВЕУ в Україні становлять 13,5 тис.грн. за 1 кВт встановленої потужності. Щорічні експлуатаційні витрати для вітрової енергетики прийнято на рівні 2% від вартості основних фондів. Середня величина коефіцієнта використання номінальної потужності вітроустановки - на рівні 0,3. Як показує досвід виконання Комплексної програми будівництва ВЕС в Україні (1997-2010 рр.), до додаткових витрат слід віднести також певні витрати на розвиток відповідної енергопередаючої інфраструктури. З урахуванням зазначених факторів середня собівартість електроенергії для установок, що будуватимуться в даний час, має становити в середньому за весь термін експлуатації 35 коп/кВт.год. При цьому не враховано такі фактори, як майбутня плата за землю, потреби в модернізації електромереж загального користування відповідно до розповсюдження об'єктів відновлюваної енергетики, плата за капітал (кредит).

Для залучення інвестицій у вітрову енергетику необхідно забезпечити швидке повернення коштів. З цією метою в Україні прийнято закон про «зелений» тариф [21, 22]. Його розмір змінюється з часом, і на момент прийняття закону забезпечує окупність інвестиційних проектів у термін 6-8 років.

Головним стратегічним документом, що регулює питання розвитку вітчизняної відновлюваної енергетики, є Енергетична стратегія України на період до 2035 р. Її слід розглядати як основу для розробки програм з розвитку відновлюваної енергетики, у т.ч. регіональних [21].

Оцінюючи теперішні темпи розвитку відновлюваної енергетики та заплановані потужності нових об'єктів на найближчі роки, можна спрогнозувати, що у 2030 р. обсяги вироблення електроенергії вітровими

електростанціями переважатимуть сонячні електростанції не більше ніж у два рази.

В середині 2013 р. в Україні було досягнуто показника у 0,85 ГВт потужностей відновлюваних джерел енергії і цим вже перевищено показник у 0,6 ГВт потужностей з ВДЕ, які мали бути введені в експлуатацію до 2015 року.

На думку експертів Української вітроенергетичної асоціації, потужність лише вітроенергетики України може досягнути 3000-4000 МВт до кінця 2020 р. [23]. В Енергетичній стратегії подано песимістичний прогноз досягнення Україною такого показника лише у 2030 р.

Ще одним важливим загальнодержавним документом є Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р, розроблений відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЕС про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел [24].

Цей документ є першим національним планом у галузі відновлюваної енергетики. До його оприлюднення в Україні не було жодного плану на державному рівні, який би цілеспрямовано розглядав аналіз шляхів розвитку власне відновлюваної енергетики, а не всього паливно-енергетичного комплексу. Раніше галузі відновлюваної енергетики відводився розділ або кілька абзаців у нормативно-правових актах, що стосуються всього паливно-енергетичного комплексу. Ухвалення цього плану стало свідченням важливості розвитку відновлюваної енергетики в Україні і позитивним сигналом для інвесторів.

3 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

3.1 Екологічні проблеми енергетики

В останні десятиліття світ зіткнувся з двома серйозними проблемами в галузі енергетики, це: забезпечення надійності енергопостачання і боротьба з негативним впливом виробництва енергії на навколишнє середовище, як у районах розміщення джерел генерації, так і в масштабах всієї планети. Результатом спалювання органічних палив є активізація парникового ефекту і, як наслідок, глобальне потепління. Атмосфера вже перевантажена парниковими газами, зокрема, двоокисом вуглецю. Приблизно 80% всіх викидів CO₂ пов'язано з використанням викопних ресурсів. Крім того, збільшення до небачених раніше масштабів споживання нафти, природного газу і вугілля веде до виснаження викопного палива, яке набагато ефективніше може бути використано для хімічної переробки в корисні сполуки для народного господарства і населення або буде збережено для потреб наступних поколінь [13].

Видобуток і транспортування паливно-енергетичних корисних копалин органічного походження супроводжується викидами забруднюючих речовин в атмосферу, забрудненням водних об'єктів, створенням і розміщенням відходів. Крім забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу і надають локально негативний вплив на навколишнє середовище, результатом функціонування паливноенергетичного комплексу є викид в атмосферу парникових газів, особлива увага серед яких приділяється викидам вуглекислого газу CO₂. Так, наприклад, Китай викидає в атмосферу планети більше 7,7 млрд.т вуглекислого газу, залишивши позаду себе США. Викиди CO₂ на душу населення в Китаї склали близько 6 т. Обсяг викидів

вуглекислого газу Сполученими Штатами Америки склав близько 5,5 млрд. т (18 т на душу населення) [13].

Результати аналізу рівня впливу паливно-енергетичного комплексу на навколишнє середовище і неухильне зниження запасів основних органічних видів палива свідчить про необхідність вишукування нових екологічно чистих і надійних енергетичних джерел. Альтернативою викопному паливу є відновлювані джерела енергії (ВДЕ), до яких відносяться: енергія вітру, сонячна радіація, енергія річок, припливів і океанських хвиль, енергія, укладена в біомасі та органічних відходах [13].

Існує думка, що вироблення електроенергії за рахунок відновлюваних джерел являє собою абсолютно екологічно «чистий» варіант. Це не зовсім вірно, так як ці джерела енергії володіють принципово іншим спектром впливу на навколишнє середовище в порівнянні з традиційними енергоустановками на органічному, мінеральному і гідравлічному паливі, причому в деяких випадках вплив останніх становить навіть меншу небезпеку. До того ж певні види екологічного впливу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії на навколишнє середовище не ясні до теперішнього часу, особливо в часовому аспекті, а тому вивчені і розроблені ще в меншій мірі, ніж технічні питання використання цих джерел.

У загальному випадку вітроенергетика дозволяє зменшити ступінь вторгнення в середовище проживання [13]:

- при будівництві шахт (вугілля, уран), бурінні (природний газ, нафта), прокладанні трубопроводних систем (газ, нафта, продукти переробки нафти). Деякі з цих вторгнень носять локальний характер, а деякі поширюються на сотні і тисячі кілометрів;
- шляхом забруднення повітря і води: кислотні дощі, смог, важкі метали, брудна вода при бурінні свердловин;

- через глобальне потепління із-за спалювання використовуваного палива та емісії CO₂,
- шляхом теплового забруднення води (скидання охолоджуючої води від атомних і теплових електростанцій);
- шляхом затоплення територій і зміни режиму течії річок на великих гідроелектростанціях;
- за рахунок забруднення навколишнього середовища на стадії видобутку, транспортуванні і переробки вугілля.

Таким чином, вітроенергетичні установки при виробництві електроенергії не забруднюють ні повітря, ні воду, ні землю, не виробляють небезпечних відходів і не виснажують природні ресурси [13].

На сьогоднішній день, найбільш перспективною з екологічної та економічної точки зору серед відновлюваних видів енергії є вітрова енергетика. Робота вітрогенератора потужністю 1 МВт за 20 років дозволяє заощадити приблизно 29 тис. тонн вугілля або 92 тис. Барелів нафти. Щорічно застосування такого генератора запобігає потраплянню в атмосферу 1800 т CO₂, 9 т SO₂, 4 т оксидів азоту. За експертними оцінками до 2050 року світова вітроенергетика дозволить скоротити річне забруднення атмосферного повітря вуглекислим газом на 1,5 мільярда тонн. Орієнтуючись на ці прогнози, останнє десятиліття світовий ринок вітроенергетики розвивався швидше, ніж будь-який інший вид відновлюваної енергетики. Слід мати на увазі, що вітроенергетика має локальний вплив на навколишнє середовище. Це означає, що ніякі аварійні ситуації на вітроелектростанції не можуть привести до загибелі значної кількості людей і не можуть мати катастрофічних наслідків для середовища проживання людини на відміну від атомних електростанцій і гідроелектростанцій з високими греблями [13].

Стосовно до екологічних проблем часто вживають поняття «навколишнє середовище», яке є кілька узагальненим. Більш відповідним є

поняття «середовище проживання людини». У загальному випадку середовищем проживання людини можуть бути названі умови життєдіяльності людини, жива і нежива природа, повітря, вода, земля, а також умови функціонування суспільства. Отже, необхідно визначити вплив або відношення вітроустановок на всі зазначені вище аспекти. При цьому, слід виходити з того, що потреба людини в електричній енергії стала необхідною умовою існування і розвитку людського суспільства. Тому при оцінці впливу ВЕС на середовище існування цей вплив необхідно порівнювати з впливом електричних станцій інших типів [16].

Розглядаючи вплив ВЕС на середовище існування людини необхідно розглянути наступні фактори:

- ерозія ґрунту;
- візуальне вторгнення в ландшафт;
- загроза загибелі птахів, тварин, людей;
- шум;
- вплив на роботу теле-, радіо і локаційних пристроїв;
- перешкоди повітряному транспорту;
- наявність викидів вуглекислого газу;
- наявність викидів твердих речовин і важких металів;
- наявність викидів шкідливих газів (NO, SO);
- потреба у воді;
- потреба в землі.

Всі перераховані вище фактори можуть бути об'єднані в дві умовні групи: негативні і позитивні (екологічні переваги вітроенергетики) [13].

3.2 Негативні фактори впливу ВЕС на довкілля

Ерозія ґрунту. Це явище може виникнути при руйнуванні верхнього ґрунтового шару при спорудженні фундаменту ВЕУ, проведенні будівельно-монтажних робіт, будівництві доріг. Особливо це значимо для території пустелі і тундри. У цих районах руйнування верхнього твердого покриття може привести до деградації поверхні на значній площі. При проектуванні ВЕС слід проводити оцінку небезпеки ерозії ґрунту і за наявності такої необхідно передбачати відповідні заходи, в тому числі застосування спеціальної техніки, спеціальні способи прокладки доріг і т.п [13].

Візуальне вторгнення в ландшафт. Поява вітроустановок в звичному природному ландшафті порушує зорову пам'ять жителів і викликає у деяких з них протести. Ця ситуація аналогічна тим, які виникають при спорудженні опор потужних ліній електропередач, мостів через ущелини і т.д. Прихильники індустриальних споруд знаходять задоволення в спогляданні творінь людських рук, а прихильники дикої природи протестують проти вторгнення в природний ландшафт цих споруд. Однак, досвід країн з розвинутою вітроенергетикою показує, що переважна більшість людей схвалює розвиток вітроенергетики і готові миритися з вторгненням вітроустановок в звичний пейзаж. При цьому рекомендується застосовувати такі підходи до проектування ВЕС:

- виконувати комплектацію ВЕС установками одного типу і розміру, що дає можливість встановлювати ВЕУ через однакові проміжки, задовольняючи тим самим основні естетичні запити;

- проведення комп'ютерного моделювання з різними варіантами розташування вітроустановок до початку будівництва дозволяє вибрати варіант найбільш приємний для огляду [13].

Загроза загибелі птахів. Найчастіше найбільшу кількість питань викликає вплив вітропарків на орнітофауну. Дійсно, вітрові електростанції, як вертикальні структури з рухомими елементами, представляють певний ризик для птахів. В якості основних факторів впливу ВЕУ на орнітофауну можна виділити: фізичний вплив ВЕУ при зіткненні з турбінами, лопатями і вежами; порушення середовища проживання; порушення маршруту міграції птахів. Однак оцінка цієї небезпеки утруднена в основному внаслідок сильної залежності від місця розташування ВЕС (рельєф, розташування ВЕУ на майданчику, типи осілих і перелітних птахів в даній місцевості і т.д.). Більш того, можливість зіткнення птахів з ВЕУ залежить від погодних умов і підвищується в умовах поганої видимості [13].

Слід зазначити, що ретельне планування розташування ВЕС у взаємодії з експертами орнітологами з метою мінімізації впливу на орнітофауну дозволяє домогтися на глобальному рівні низького рівня смертності. За результатами численних досліджень, проведених за завданням Американської та Європейської вітроенергетичних асоціацій зроблено наступний глобальний висновок. Як би в майбутньому не розвивалася вітроенергетика загибель птахів від вітроустановок не досягне 1% від інших джерел людської життєдіяльності, таких як мисливці, домашні кішки, висотні будівлі, автомобілі, лінії електропередач, телевежі і щогли для зв'язку, пестициди. За даними Американської вітроенергетичної асоціації на 10 тисяч випадків загибелі птахів в результаті людської діяльності на частку вітроустановок припадає менше одного випадку. З цього випливає, що смертність птахів в результаті зіткнення з ВЕС незначна, порівняно зі смертністю від іншої діяльності людини. Більш того, питомі показники смертності птахів на ГВт·год виробленої електроенергії, були отримані в результаті дослідження впливу на орнітофауну при отриманні електроенергії з використанням різних видів палива (при розгляді всього життєвого циклу

продукції від видобутку палива, до транспортування електроенергії). Цей показник склав 0,3 для ВЕС, 0,4 для АЕС і 5,2 смертельних випадків для ТЕЦ на викопному паливі [13].

Грунтуючись на ці дані, можна зробити висновок, що, незважаючи на очевидне, негативний вплив ВЕС на орнітофауну, вітрогенерацію представляє істотно меншу небезпеку для птахів, ніж традиційні види генерації. Такий результат досягнутий в результаті тісного контакту проектувальників вітростанцій з орнітологами. Неодмінне правило – не розташовувати вітростанції на шляху міграції перелітних птахів, а також місць полювання хижих птахів. Певну роль у скороченні загибелі птахів зіграв перехід від решіток вежі, що використовувалися птахами в якості сідала, до башт у вигляді конічної труби і тим самим зменшилася ймовірність зіткнення птахів з лопатями вітроустановок [13].

Колізій з кажанами на ВЕС зафіксовано дуже мало. Загальна рекомендація: не розташовувати вітроустановки поблизу печер, де кажани зосереджуються під час зимової сплячки.

Загроза загибелі тварин. У зв'язку з відсутністю низькочастотних складових шуму від сучасних вітроустановок, загроза життю тварин відсутня. Звичайна картина для вітростанцій Європи – домашні тварини спокійно пасуться між вітроустановок. На території вітростанцій добре почуваються гризуни і койоти.

Загроза загибелі людей. В якості потенційної небезпеки, що загрожує загибеллю людям, є відрив лопатей і падіння башти. Хоча зафіксовані й інші випадки. Так, за весь час існування вітроенергетики від вітроустановок загинула одна людина в Німеччині. Це був парашутист, якого вітром занесло в зону працюючих вітроустановок. Таким чином на відміну від усіх інших видів електростанцій, на яких загибель людей явище нерідке, вітростанції не

являють серйозної загрози для людей навіть в екстремальних умовах: шторм, землетрус, повінь тощо [13].

Шум. Акустичний і звуковий супровід роботи вітроенергетичних установок є головним негативним фактором ВЕС. Основні джерела акустичного шуму ВЕУ – гондола, маточина вітроколеса, лопаті і башта (щогла). Істотне значення можуть мати резонансні коливання (особливо для ВЕУ зі змінною частотою обертання вітроколеса), шуми мультиплікатора і ефективність застосовуваних шумопоглинаючих (шумоізолюючих) елементів.

Вимірювання власних частот вежі і акустичних характеристик працюючої ВЕУ показали, що мають місце флуктуації рівня шуму, обумовлені крутильними коливаннями вала вітроколеса. Ці коливання вала передачі виникають при малих навантаженнях. Крім того, виявлено, що частоти коливань зубчастих передач можуть опинитися в резонансі з частотами власних коливань башти. В результаті виникають значні вібрації [13].

Як приклад можуть служити результати досліджень акустичного шуму двох великих ВЕУ потужністю 2 і 3 МВт. Основне джерело шуму цих ВЕУ – мультиплікатор. Факторами, що визначають рівень його шуму, вважаються тип передачі, умови роботи, конструкція, робочі характеристики, розміщення. Інші джерела шуму, такі, як генератор, гідравлічне обладнання й лопаті легко піддаються контролю відомими методами. Результати вимірювань рівнів шуму, випромінюваного різними частинами ВЕУ, показують їх відносну значимість: гондола – 55, маточина – 47, лопаті – 49, вежа – 29 дБ. Виміри проводилися в точці на рівні землі на відстані 115 м від башти за напрямком вітру [13].

Найбільш сучасні вітроустановки не мають мультиплікатора, в конструкціях їх гондол використовуються ефективні звукоізолюючі і

звукопоглинаючі матеріали. Основною складовою шуму таких ВЕУ є аеродинамічний шум, вироблений лопатями вітроустановок. Його низькочастотні складові (1-5 Гц) були проблемою для деяких ранніх проектів вітроустановок, оскільки вони негативно позначалися на живих організмах. Аеродинамічний шум може бути знижений відповідним профілюванням лопатей, вибором швидкості обертання вітроколеса і механізму його орієнтації на вітер [13].

Шумність малих ВЕУ більше, ніж вітротурбін, принаймні з двох причин: по перше, швидкість обертання вітроколеса і відповідно кінців лопатей малих ВЕУ вища, ніж у більших; по друге, набагато більше коштів виділяється на дослідження щодо зниження шуму великих машин, ніж для малих. Оскільки неприємності від шуму малих ВЕУ відчуває в основному власник ВЕУ, то поки шум малих вітроустановок не є перешкодою їх застосування [13].

3.3 Екологічні переваги вітроенергетики

Тут слід відзначити ті фактори впливу вітроенергетичних установок на навколишнє середовище, які забезпечують екологічні переваги вітроенергетики в порівнянні з традиційними джерелами і методами виробництва електроенергії [13].

Наявність викидів вуглекислого газу, шкідливих газів (NO, SO,) твердих речовин і важких металів. Кількісна оцінка запобігання шкідливих викидів від теплової енергетики завдяки виробленню електроенергії на ВЕС може бути виконана за даними конкретної електростанції в зоні будівництва ВЕС або на підставі даних, приведених у таблиці 8.3. Значення шкідливих викидів, зазначених у таблиці 3.1, слід використовувати при оцінці

екологічних переваг ВЕС, якщо невідомі конкретні дані паливних електростанцій в зоні будівництва ВЕС [16].

Таблиця 3.1 – Усереднені дані по питомій емісії газів від паливної енергетики США [13]

| Вид газу | Питомі значення г/кВт·год при використанні палива | | | |
|----------------------------------|---|---------------|-------|---------|
| | Вугілля | Природний газ | Нафта | Середнє |
| Діоксид вуглецю, CO ₂ | 967 | 468 | 708 | 690 |
| Діоксид сірки, SO ₂ | 6,1 | 0,0032 | 3,1 | 3,63 |
| Оксиди азоту, NO _x | 3,45 | 0,82 | 0,95 | 2,22 |

Утворені будівельні відходи при спорудженні ВЕС включають: деревні відходи від підготовки території, забруднений ґрунт, відходи бетону в кусковій формі, відходи бітуму та асфальту, будівельний щебінь, що втратив споживчі властивості, брухт кольорових і чорних металів, залишки і огарки сталевих зварювальних електродів, відходи ізольованих проводів та кабелів, сміття від побутових приміщень, тара, та ін.

Потреба у воді або економія водних ресурсів. Використання води – значна проблема у виробництві електричної і теплової енергії, особливо в місцях, де вода в дефіциті. У той час як паливні та атомні електростанції використовують значні обсяги води для охолодження конденсатора в термодинамічних циклах, використання води на ВЕС незначні. Для вугільних електростанцій вода використовується також для очищення й обробки палива. Безповоротні втрати води на паливних електростанціях за даними Енергетичної Комісії США показані в таблиці 3.2 [13].

Вода на вітроелектростанціях використовується в основному для промивки лопатей. Таким чином, споживання води на ВЕС в 475 разів менше ніж на АЕС, близько в 400 разів менше, ніж на вугільних станціях і у 275 разів менше, ніж станціях на газі.

Таблиця 3.2 – Безповоротні питомі втрати води на паливних електростанціях США і на ВЕС [13]

| Вид електростанції | Витрата води, літрів/кВт·год |
|---------------------------|------------------------------|
| АЕС | 2,3 |
| Вугільна | 1,9 |
| На нафті і нафтопродуктах | 1,6 |
| Комбінована газова | 0,95 |
| Вітрова | 0,004 |

На будівельному майданчику потенційними джерелами забруднення поверхневих і підземних вод можуть бути: виробничобудівельні стічні води, забруднені зливові стоки і господарські побутові стічні води, що утворюються на будівельних майданчиках [13].

Потреба в земельних ресурсах. Розглянемо два окремих випадки. Перший – будівництво однієї-двох установок індивідуального власника на орній землі, на одну установку в цьому випадку потрібно майданчик під фундамент ВЕУ і дорога до неї. Для ВЕУ потужністю 500 кВт під фундамент, включаючи комплектний трансформаторний пристрій, достатньо площі $20 \times 20 = 400 \text{ м}^2$, під дорогу шириною 5 м і довжиною 300 м потрібна площа 1500 м^2 . Питома площа складе $3,8 \text{ м}^2/\text{кВт}$. Вся площа, яка залишилася може використовуватися для городництва чи тваринництва, як це зазвичай робиться в Данії та інших країнах Європи.

Другий випадок – будівництво вітроелектростанції потужністю 50 МВт. Потужність однієї ВЕУ складає 500 кВт. Кількість установок 100 штук – наприклад 10×10 [13].

Якщо ймовірність напрямку швидкості вітру («роза вітрів») приблизно однакова по всім румбам, то ВЕУ повинні розташовуватися на відстані, що дорівнює приблизно 10 діаметрам ротора один від одного, що для прийнятих в прикладі ВЕУ D складає 40 метрів. У цьому випадку площа під ВЕС буде дорівнювати 1296 га. Питома площа (витрата землі) складе $25920 \text{ м}^2/\text{кВт}$.

Проте слід мати на увазі, що практично завжди є можливість для великих ВЕУ вибирати землі, непридатні для господарської діяльності. Якщо ж під ВЕС займаються родючі землі, то вони можуть використовуватися для рослинництва і тваринництва. У цьому полягає докорінна відмінність землевідведення під ВЕС від землевідведення під теплові станції та гідроелектричні станції [13].

Аналіз впливу на навколишнє середовище повинен проводитися для основних етапів (фаз) життєвого циклу проектів будівництва вітроелектричних станцій, що включають виробництво енергетичного обладнання, будівництва об'єкта, його експлуатацію, його ліквідацію з утилізацією, по-можливості, морально і фізично зношених елементів ВЕС. Завданням оцінки впливу є визначення основних складових і рівня негативного впливу процесів будівництва, експлуатації та ліквідації ВЕС на такі компоненти навколишнього природного середовища, як атмосферне повітря, поверхневі і підземні водні об'єкти, ґрунту, земельні і водні ресурси, рослинність, тваринний світ (ссавці, орнітофауна), іхтіофауна (якщо ВЕС будується в прибережній акваторії моря або океану). Результати такої оцінки використовуються для розробки і впровадження природоохоронних заходів, спрямованих на зниження впливів та прийняття рішень про можливість та доцільність будівництва конкретних вітроелектричних станцій [18].

Будівництво ВЕС. Орієнтовний склад впливів на навколишнє природне середовище в процесі будівництва ВЕС – це забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунту, розміщення відходів, відторгнення сільськогосподарських земель, нанесення шкоди рослинному і тваринному світу. Вихідною інформацією для проведення оцінки впливу будівництва підприємства на навколишнє середовище є дані проєктиваналогів і розроблюваних проєктів, відомості про територіальні особливості місць можливого розміщення об'єкта та інформація про технології та матеріали, що використовуються при

будівництві. Характер і джерела впливу на навколишнє середовище при будівництві ВЕС мало чим відрізняються від відповідних показників інших об'єктів капітального будівництва.

Джерелами негативного впливу на навколишнє середовище при проведенні будівельно-монтажних робіт є процеси:

- будівництва і ремонту доріг;
- інженерної підготовки території;
- закладки фундаментів ВЕУ та спеціальних майданчиків для їх монтажу;
- будівництва ЛЕП, групової підвищувальної підстанції та інших об'єктів схеми видачі потужності ВЕУ і ВЕС;
- будівництва та оснащення ремонтно-експлуатаційної бази ВЕС з центральним пунктом управління;
- будівництва та демонтаж тимчасових будівель і споруд, рекультивация земель, благоустрій території; життєдіяльність будівельного персоналу та ін [7].

ВИСНОВКИ

Визнана світовим співтовариством концепція сталого розвитку як магістрального шляху подальшого розвитку людства, зумовлює безальтернативність розвитку відновлюваної енергетики, яка витіснить традиційну, з часом замістивши її.

Важливість вирішення проблемних питань розвитку відновлюваної енергетики в Україні обумовлена дефіцитністю і обмеженістю запасів енергоресурсів і погіршенням стану навколишнього середовища.

Широкомасштабне освоєння енергії відновлюваних джерел дозволить створити нову екологічно безпечну галузь енергетики, що сприятиме підвищенню рівня диверсифікації енергоресурсів та зміцненню енергетичної і екологічної безпеки держави.

Основними чинниками, що визначають необхідність розвитку відновлюваної енергетики в Україні, є:

- зростання дефіцитності традиційних енергоресурсів, підвищення їх вартості на світовому ринку та проблеми із зовнішнім постачанням;

- негативний стан і тенденції у паливно-енергетичному комплексі, зокрема недостатня ефективність використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів;

- екологічні проблеми, зокрема необхідність виконання міжнародних зобов'язань;

- виконання вимог Європейського Союзу, згідно яких частка енергії відновлюваних джерел у національному енерговиробництві країн, що прагнуть до вступу у співдружність, повинна складати не менше 6%, або, з урахуванням великої гідроенергетики, – не менше 12%.

Перевагами вітрової електрогенерації є:

1) використання вітрової генерації дає можливість знизити залежність від традиційних джерел енергії, що, своєю чергою, підвищує конкуренцію на ринку електрогенерації;

2) на відміну від традиційних джерел електрогенерації, вітер можна зарахувати до невичерпних;

3) традиційні первинні джерела потребують витрат на видобування, транспортування, переробку, а атомне паливо – утилізації;

4) вирішення проблеми раціонального використання земельних ресурсів:

– використання вітрової енергії приваблює для важкодоступних місць і некомфортних місць проживання людини (гірська місцевість, пустеля);

– територію, де розташовані вітрові електростанції, можна використати для сільськогосподарських цілей;

5) використання енергії вітру дає змогу уникнути викидів небезпечних речовин у повітря (діоксиду сірки, оксидів азоту, пилу, парникових газів), а також утворення відходів;

6) відсутність витрат на первинні джерела енергії робить практично стабільними витрати на 1 кВт·год електроенергії, а це сприяє конкурентним перевагам вітрової енергії порівняно із традиційними джерелами;

7) можливість розташування вітрової електрогенерації близько до споживача зменшує втрати під час передавання електроенергії;

8) зважаючи на зростання зацікавленості у вітровій електрогенерації, розвивається масове виробництво засобів генерації, що знижує рівень капітальних вкладень у створення вітрових генерувальних потужностей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ № 605-р від 18.04.2017 р.
2. Любас Д. Ветроэнергетика Украины: потенциал и перспективы развития. Международный Электротехнический журнал «Электрик». URL: <http://electrician.com.ua/posts/1280>. (дата звернення 6.11.2019 р.).
3. Корольчук А. Ю. Відновлювана енергетика: перспективи України. URL: <http://blog.ubr.ua/politika/idnovluvana-energetika-perspektivi-kraini-6031>.
4. Мурашкін М. Що чекає на біомасу в майбутньому? Українська енергетика. URL: <http://ua-energy.org/post/41920>.
5. Саламова Н. В. Возобновляемые источники энергии в Испании. Энергетика за рубежом. 2002. Вып. 3. С. 37–38.
6. ЄС не надто активно переходить на поновлювану енергію. Євроновини.Юа: інформаційний портал. URL: <http://ua.euronews.com/2013/05/30/europe-lags-behind-china-on-renewables>.
7. Башинська Ю.І. Організаційно-економічні засади використання потенціалу відновлюваної енергетики в регіоні. Дис...канд. економічних наук. 08.00.05. Львів. 2017.
8. Renewables Global Status Report 2016. URL: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings1.pdf.
9. Гелетуха Г.Г. Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б. Аналітична записка в БАУ № 4. Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>.
10. В ЄС підраховали зростання частки «зеленої» енергетики. Українська енергетика: за матеріалами EurObserv'ER. URL: <http://ua-energy.org/post/40304>. (дата звернення 17.11.2019 р.).

11. Share of the renewable energy in gross final energy consumption // Eurostat news release 43/2015 of 10.03.2015. – URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-10032014-AP/EN/8-10032014-AP-EN.PDF.
12. Frankfurt School, FS-UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance. Global Trends in Renewable Energy Investment. – 2013. – P. 1 3. – URL: <http://fs-unep-centre.org/publications/global-trends-renewable-energy-investment-2013>. (дата звернення 6.11.2019 р.).
13. Ветроэнергетика Украины: перспектива развития на ближайшие 20 лет. — К.: INFORSE. Международная сеть по сбалансированной энергии, ГО «Енергія майбутнього століття», 1999. – 10 с.
14. Дослідження, визначення та обґрунтування по видам джерел базових прогнозних показників до проекту Програми розвитку відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива. //Звіт про виконання науково-дослідної роботи ІВЕ НАНУ. Реєстр. № 0110U006388. Київ. 2010. – 214 с.
15. Кудря С.О. Потенціал розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. Київ. ЮНІДО. 2015 р. 48 с.
16. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергер Н., Ципленков Д. Основи вітроенергетики: підручник ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн.ун-т. Д.: НГУ, 2015. 335 с.
17. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. – К.: ТОВ «ВіолаПрінт», 2008. – 55 с.
18. Ветроэнергетика Украины. URL: http://www.uwea.com.ua/ukraine_wind.php. (дата звернення 17.11.2019 р.).
19. Забарний Г.М. Щурчков А. В. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. К.: ІТТФ, 2002. С. 151 -159.
20. Про Комплексну програму будівництва вітрових електростанцій: Постанова Кабінету Міністрів України від 3.02.1997 р №137 // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/137-97-%D0%BF>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).

21. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017р. №605-р // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. (дата звернення: 17.11.2019 р.)

22. Про внесення змін до статті 9¹ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» щодо врегулювання питання генерації електричної енергії приватними домогосподарствами: Закон України від 11.07.2019 № 2755-VIII // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-19>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).

23. Офіційний веб-сайт Української вітроенергетичної асоціації URL: <http://www.uwea.com.ua/press.php> (дата звернення: 17.11.2019 р.).

24. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1.10.2014 р. № 902-р. // База даних «Законодавство України» / Відомості ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>. (дата звернення: 17.11.2019 р.).