

### **РОЗДІЛ 3**

## **НАУКОВО-ОБГРУНТОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДОСТУПНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ЗАМКНЕНОГО ЦИКЛУ – ВІД ВИРОБНИКА ДО СПОЖИВАЧА**

**Калініченко В. М.**

Енергетичні проблеми та методи їх вирішення у регіонах, що належать до Лісостепової Зони України на всі 100 % відповідають проблемам енергетики усієї держави. Вичерпання проектного ресурсу енергетичного обладнання та витратно-екстенсивний принцип експлуатації енергетичного комплексу України сировинної енергетики завело енергетичну галузь у замкнуте коло невідворотно зростаючих і неефективних витрат на підтримання обладнання. Відсутність виваженої довготривалої державної стратегії та по справжньому ринкових механізмів регулювання, популізм та лобізм у тарифній політиці, неефективність державних енергокомпаній та орієнтація на отримання максимального прибутку без огляду на перспективи розвитку приватних енергокомпаній призвели зростання кризових явищ і є однією з визначальних причин наростаючої аварійності. Наразі стан енергогосподарства країни не відповідає основним вимогам до надійності, якості, сталості і адекватній ціні як приватних так і промислових споживачів [1].

Фактор зношеності енергетичних та розподільчих потужностей, застаріла технологічна їх структура родом з радянських часів, коли мережі конструювалися з прицілом на великих промислових споживачів. Постачальники і виробники енергоресурсу на будь-якому енергоринку не повинні займатися одночасно і його транспортуванням [2].

Наразі 94,5 % блоків ТЕС і ТЕЦ перевищили межу фізичного зношення у

---

<sup>1</sup> Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї: Проект «Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні» / Уклад.: С.П. Денисюк, О.В. Коцар, Ю.В. Чернецька. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 79 с

<sup>2</sup> Огляд реформування ринків електроенергії. Практика обмеження монополізації генерації на ринках електроенергії провідних зарубіжних країн: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/5.-Reformuvannya-rynkiv-elektroenergiyi.pdf>

200 тис. годин наробітку й потребують модернізації або заміни. Атомні блоки наближаються до закінчення строку проектної експлуатації: Понад 70 % атомних блоків працюють з подовженням строку експлуатації, ще у 30 % також у найближчі роки скінчується проектний термін експлуатації [3].

Отже, крупні аварії на Запорізькій і Вуглегірській ТЕЦ (ЗТЕС і ВТЕС) та безліч менш значних більш є яскравим підтвердженням цього. 42,2 % ЛЕП напругою 220-330 кВ експлуатуються понад 40 років, 64,4 % основного устаткування трансформаторних підстанцій випрацювали свій розрахунковий технічний ресурс. У розподільчих мережах значна кількість об'єктів також відпрацювала свій ресурс: 40,5 % електричних мереж і 37,6 % трансформаторних підстанцій потребують реконструкції або заміни. За деякими експертними оцінками на ремонт українських електромереж країні необхідно близько 40 мільярдів доларів [4].

Завдяки вище приведеним фактам Україна є певним «лідером» за втратами електромережі від виробника до споживача – втрати досягають 15-17 % від загального обсягу електроенергії. При всьому цьому річний обсяг купівлі продажу електроенергії на ОРЕ складає близько 200 млрд. кВт·годин відповідно річні втрати складають в середньому 35 млрд кВт·год. Річний обсяг розподілу природного газу складає близько 297 млрд. кВт·год (27 млрд м<sup>3</sup>), відповідно річні втрати близько 14,3 млрд. кВт·год (1,3 млрд. м<sup>3</sup>) [5].

При цьому споживач електричної енергії сплачує за обсяг електричної енергії, з урахуванням втрат електричної енергії. Розрахунок обсягу технологічних втрат електричної енергії в мережах споживача (основного

---

<sup>3</sup> С. О. Кудря. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики. Інститут відновлюваної енергетики. – Режим доступу : <http://ive.org.ua/wp-content/uploads/2012/06/%D0%9A%D1%83%D0%B4%D1%80%D1%8F-22.04.2012-FINAL.pdf>.

<sup>4</sup> Режим доступу : <https://economics.unian.ua/energetics/1533036-nkrekp-hoche-perevesti-vsi-elektromereji-na-evropeyskiy-klas-naprugi-tsina-pitannya-za-sotnyu-milyardiv-ekspert.html>

<sup>5</sup> Обґрунтування до рішення НКРЕКП про затвердження Звіту про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2018 році:

[http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Materialy\\_zasidan/2019/berezen/29.03.2019/p28\\_29-03-19.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Materialy_zasidan/2019/berezen/29.03.2019/p28_29-03-19.pdf)

споживача) здійснюється відповідно до методичних рекомендацій НКРЕ [6]. Тобто порушується основне правило ринку: «споживач оплачує тільки товар або послугу, а не втрати монополістів-постачальників».

Через велику частку енергоємних секторів, застарілих та неефективних технологій, вкрай зношених основних засобів, неефективних систем трансформації та постачання енергії та енергетично низько-ефективного фонду будівель Економіка України є найбільш енерговитратною в Європі. А неефективне споживання паливних енергетичних ресурсів підвищує рівень імпортозалежності економіки країни і поглиблює проблеми її енергетичної безпеки при не реалізованому, за оцінкою Інституту загальної енергетики НАН України, потенціалу енергозбереження та енергоефективності до 48 % [7].

Для відродження Українська енергетична система потребує повного інституційного переформатування. Для цього необхідно докорінно змінити не тільки організаційну структуру енергетичного господарства України, але й саму філософію її існування. Для створення ефективного ринку в енергетичному секторі необхідно, щоб держава відійшла від практики адміністративного регулювання та керування і перетворилася на рушійну силу, яка забезпечує створення та гарантує функціонування справедливих правил, де визначальним параметром буде економіка. Це стимулюватиме підвищення конкуренції між суб'єктами енергетичного ринку та поліпшення якості послуг для споживачів [8]

Основною концепцією такого розвитку повинна стати «розподілена генерація». Основою такої енергетичної системи має стати маломасштабні

---

<sup>6</sup> Правилами користування електричною енергією, затвердженими постановою НКРЕ від 31.07.2009 № 28, зареєстрованою в Міністерстві юстиції України 02.08.1996 за № 417/1442 (зі змінами).

<sup>7</sup> Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн – Київ: Відділ інформаційно-аналітичної роботи департаменту міжнародного співробітництва та євроінтеграції, 2017. – 113 с. – (ДП «Укренерго»).

<sup>8</sup> Обґрунтування до рішення НКРЕКП про затвердження Звіту про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2018 році:

[http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Materialy\\_zasidan/2019/berezen/29.03.2019/p28\\_29-03-19.pdf](http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Materialy_zasidan/2019/berezen/29.03.2019/p28_29-03-19.pdf)

електроенергетичні установки від відновлюваних джерел енергії: сонячні та вітрові електростанції, мініГЕС, когенераційні установки на біогазі, МініТЕЦ на біомасі та іншими локальними енергогенеруючими потужностями, що об'єднані та самокеровані на локальних рівнях у так звані "розумні мережі" (smart grid). З огляду на світові тенденції зі зменшення запасів викопних палив, екологізацію виробництва енергії та енергетичну безпеку такий підхід є єдино правильним. У зв'язку з подіями на Сході енергетична безпека наразі виходить на перший план. Україна надзвичайно залежна від імпорту нафти, газу й вугілля, які є основними первинними енергетичними ресурсами, які нажалі витрачаються неефективно. За індексом енергетичної стійкості, що розраховується Всесвітньою енергетичною радою (World Energy Council, WEC – є акредитованою ООН організацією, що об'єднує незалежних експертів з енергетики з різних країн) Україна у 2017 році посіла 48 сходинку серед 125 країн світу з рейтингом ABD. Водночас, варто відмітити, що ще у 2016 році посідала 63 місце [9].

Певною відповіддю держави на такий стан справ стало прийняття «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року». ЕСУ визначає цілі, завдання та механізми виведення енергетичного комплексу на принципово новий, якісний рівень розвитку. На першому етапі «Реформування енергетичного сектору» (до 2020 року) очікується досягнути радикального прогресу у сфері ВДЕ через збільшення їх частки у кінцевому споживанні до 11 % (8 % від ЗППЕ) за рахунок проведення стабільної та прогнозованої політики у сфері стимулювання розвитку ВДЕ та у сфері залучення інвестицій. На другому етапі «Оптимізація та інноваційний розвиток енергетичної інфраструктури» (до 2025 року) планується інтенсивне залучення інвестицій у сектор ВДЕ, розвиток розподіленої генерації, зокрема розробка та початок

---

<sup>9</sup> World Energy Trilemma Index 2017: Monitoring the Sustainability of National Energy Systems [Електронний ресурс] // World Energy Council. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.worldenergy.org/publications/2017/world-energy-trilemma-index-2017-monitoring-the-sustainability-of-national-energy-systems/>.

реалізації плану впровадження «розумних» енергетичних мереж (Smart Grids) та створення розгалуженої інфраструктури для розвитку електротранспорту [<sup>10</sup>].

Попередній аналіз ставить під сумнів доцільність відтягування другого етапу до 2025 року. Достовірних підрахунків коштів необхідних для відновлення 70% старих та побудову нових енергоблоків немає: приблизні (за заявою заступника міністра енергетики та вугільної промисловості В. Уліди) близько 200 млрд грн інвестицій. Ці кошти необхідно направити на модернізацію і реконструкцію теплових електростанцій (у плані – близько 38 блоків на 98 млрд грн), будівництво нових атомних енергоблоків на Хмельницькій АЕС і підтримку вже існуючих ресурсів, будівництво гідроелектростанцій. 40 мільярдів доларів тільки на підтримку стану електромереж [<sup>11</sup>].

Загальна встановлена потужність електричних станцій ОЕС України на кінець 2018 року (без енергогенеруючих об'єктів вільної економічної зони «Крим») складає 55,3 ГВт, з яких 62% припадає на теплові електростанції (ТЕС, ТЕЦ, блок-станції), 25 % – на атомні електростанції (АЕС), 11,2 % – на гідроелектростанції (ГЕС) і гідроакумуючі електростанції (ГАЕС), 1,7 % – на електростанції, що працюють на альтернативних джерелах енергії – ВЕС, СЕС, БіоЕС [<sup>12</sup>].

Швидкість та ефективність переходу до нової моделі енергетичного господарства залежатиме від багатьох факторів, основними з яких є [<sup>10</sup>]:

- організаційна роль держави, що полягають у створенні умов та механізмів для такого переходу. Це підвищення акцентів загальної стратегії енергетичного розвитку у бік пришвидшення переходу до ВДЕ, приведення законодавства до Європейських норм та створення прозорих ринкових механізмів на енергетичному ринку, створення сприятливого

---

<sup>10</sup> Енергетична стратегія України на період до 2035 року. . – Режим доступу до ресурсу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>

<sup>11</sup> <https://ua.112.ua/ekonomika/na-rekonstrukciyu-energosislemi-ukrayini-neobhidno-blizko-200-mlrd-griven-minenergetiki-85123.html>.

<sup>12</sup> План розвитку ОЕС України на 2017 – 2026 pp. <https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12/Proekt-Planu-rozvytku-OES-Ukrayiny-na-2017-2026-roky.pdf>.

інвестиційного клімату; удосконалення фінансових механізмів стимулювання ВДЕ і т. ін.;

- створення фінансових та інших механізмів, що сприяють інвестуванню у ВДЕ;
- розвиток технологій ВДЕ з огляду на ефективність отримання та собівартість енергії;
- фінансові можливості держави, місцевих органів самоврядування, приватного сектору, громадських організацій та місцевих і міжнародних фондів, що сприяють енергоефективності, впровадженню альтернативної енергетики та екологізації;
- здешевлення технологій ВДЕ за рахунок вдосконалення технологій та зміни поколінь обладнання на більш інноваційне.
- оптимальна реалізація енергетичного потенціалу ВДЕ України.

Економічний потенціал енергії з ВДЕ в Лісостеповій зоні України набагато більший, ніж попит на неї. Головною проблемою при її використанні є те, що енергія з ВДЕ є розпорошеною, що робить її експлуатацію дорожчою у порівнянні, наприклад, з енергією традиційних енергоносіїв. Рациональне використання зазвичай дуже обмежених ресурсів для впровадження ВДЕ передбачає вивчення та оптимальне використання потенціалу відновлюваної енергетики: вітру, сонячного випромінення, геотермальної енергії та біомаси і є одним з істотних компонентів сталого розвитку, що приносить значимі екологічно-енергетичні ефекти [13].

На схемі (рис 1.) показано основні види первинної енергії ВДЕ та технології виробництва енергії, що можна використовувати у Лісостеповій зоні України.

Найбільші перспективи використання в якості ВДЕ на визначеній території є біомаса. Україна володіє найбільшим серед країн ЄС потенціалом біомаси, доступної для виробництва енергії. Так як лісостепова зона України

---

<sup>13</sup> Півняк Г.Г. Альтернативна енергетика в Україні : монографія / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – 109 с.

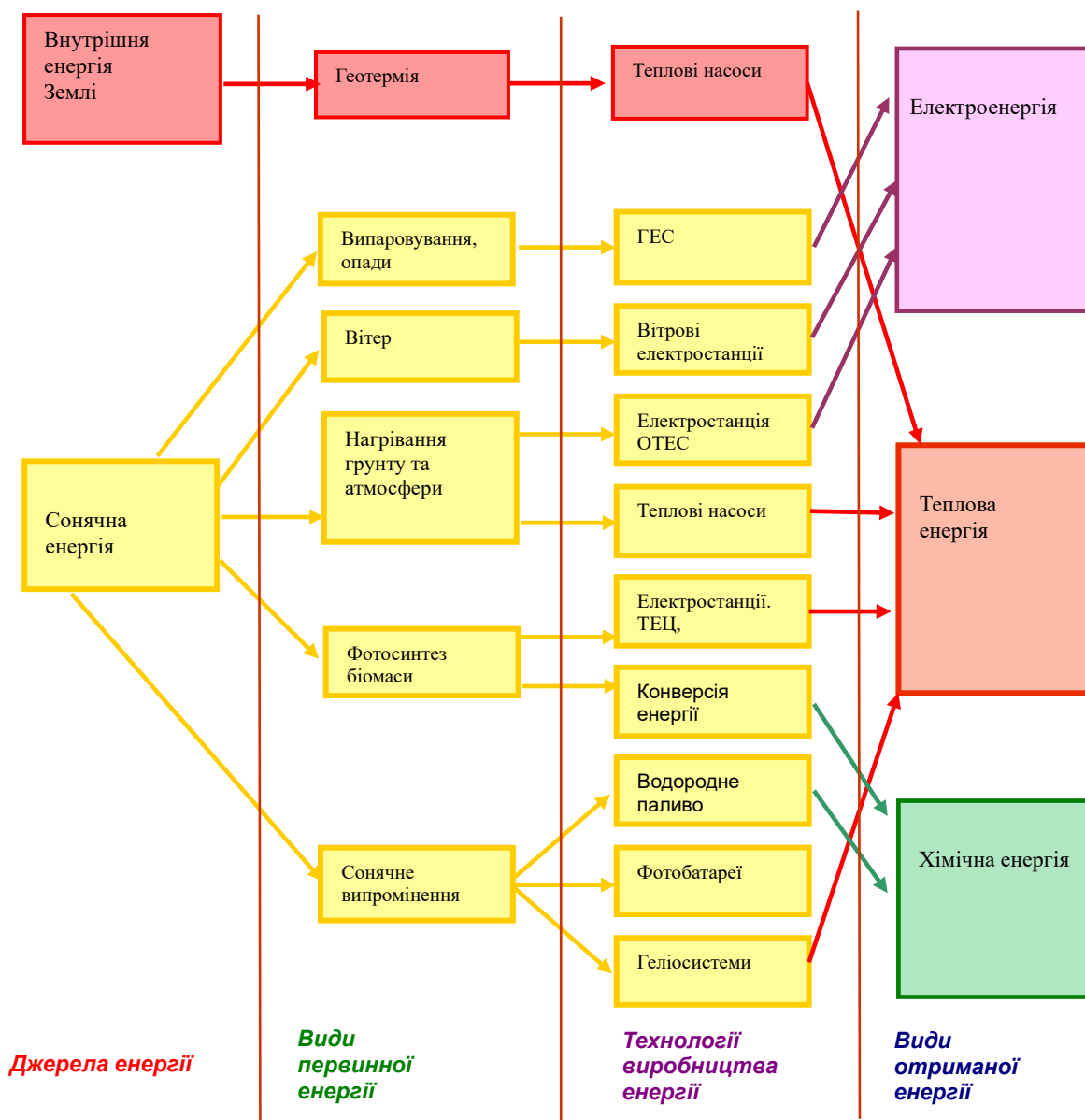
має розвинене сільськогосподарське виробництво, рослинні рештки та відходи тваринництва наразі займають ведучу позицію за потенціалом біомаси придатної для використання у якості первинної енергетичної сировини [14].

Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року, потужність електростанцій на твердому біопаливі планується підвищити до 660 МВт, а виробництво електроенергії до 2,950 ГВт год. Крім того, передбачається досягнення частки 30 % ВДЕ у виробництві теплової енергії до 2025 року та 40 % до 2035 року. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”, частка біомаси у виробництві теплової та електричної енергії буде зростати. Планується, що біомаса і відходи забезпечить 11 млн т.н.е. загального постачання первинної енергії уже в 2035 році [15].

---

<sup>14</sup> Обґрунтування й можливості реалізації сільськогосподарськими підприємствами маркетингових стратегій диверсифікації на основі оцінки потенціалу біомаси Ларіна Я.С., Діченко А.Л.: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/11/293.pdf>

<sup>15</sup> Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2020 року, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>



**Рис. 1. Види і технології використання ВДЕ  
для Лісостепової Зони України.**

Джерело: авторська розробка

У загальному постачанні первинної енергії частка біомаси та відходів має зрости до 11,5 % у 2035 р. Основні відходи, сільськогосподарського виробництва енергетичного призначення включають соломку, лушпиння та насіння соняшника, стебла, качани кукурудзи. Кількість біомаси з рослинних решток залежить від урожайності яка з року у рік підвищується завдяки використанню нових технологій та насіннєвого матеріалу. Лісостепова зона України є провідним регіоном за вирощуванням зернових культур.

Площа вирощування зернових та бобових культур сягає 15 млн га, а обсяги виробництва – 60-70 млн тонн на рік. Виробництво кукурудзи за останні роки при сприятливих обставинах досягає 36 млн тонн, а інших зернових (головним чином, пшениці) у межах 34-38 млн тонн протягом 2014-2018 рр. [16]

Кількість соломи на тону врожаю може коливатись у межах 0,6-0,8 тонн [17]. Національні дані надають більші оцінки обсягів утворення соломи на рівні 1 тонни соломи на тону урожаю зерна для пшениці, 0,8 тонн для ячменю, 1,3 тонн для жита та 1 тонни для вівса. Залишки біомаси мають частково залишатися на полях для забезпечення захисту ґрунту від ерозії, компенсації втрати органічної речовини та скорочення випаровування. Для України рекомендується, що для енергетичних потреб може бути використано 30-40 % соломи зернових. Відсоток залишків біомаси, що можна забрати з фермерського господарства, необхідно оцінювати у кожному конкретному випадку, враховуючи місцеві умови (урожайність, рівень розвитку тваринництва та наявність органічних добрив, якість ґрунту, використання мінеральних добрив, тощо). Біоенергетична асоціація України оцінює енергетичний потенціал використання соломи зернових на рівні 3.65 млн т.н.е. або 10,68 млн тонн для 2017 року[18] Більш консервативні оцінки з меншою оцінкою утворення соломи на рівні 0,8 тонн соломи на тону урожаю зернових дають результат на рівні 8,6 млн тонн (2.9 млн т.н.е.) при середніх рівнях урожаю. Збір соняшника протягом останніх 20 років зріс у шість разів із відповідним зростанням обсягів переробки та обсягами утворення лушпиння насіння соняшника. Загальний обсяг утворення лушпиння насіння соняшника оцінюється на рівні 1,8 млн тонн, однак близько 50 % уже використовується для прямого спалення на самих олійно-екстракційних заводах або інших розташованих поруч підприємствах. Інші 50 % використовуються, головним

---

<sup>16</sup> Український клуб аграрного бізнесу: <http://ucab.ua/ua>

<sup>17</sup> World energy council (2016): World Energy Resources, [https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2017/03/WEResources\\_Bioenergy\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2017/03/WEResources_Bioenergy_2016.pdf)

<sup>18</sup> Bioenergy Association of Ukraine (2019): Analysis of barriers to the production of energy from agribiomass in Ukraine – 21th Position Paper of UABio, <http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics/3889-position-paper-uabio-21>

чином, для пелетування з подальшим спалюванням для виробництва теплової енергії в Україні або закордоном. Однак, очікується дедалі активніше використання лушпиння для виробництва електричної енергії з огляду на оголошені плани будівництва когенераційних установок на основних олійноекстракційних заводах. За даними Біоенергетичної асоціації України, енергетичний потенціал лушпиння насіння соняшника складає 0,99 млн т.н.е. Біоенергетична асоціація України також оцінює енергетичний потенціал залишків біомаси кукурудзи на зерно (стебла, качани) та соняшника (стебла, кошики) на рівні 40% від обсягів утворення, що є еквівалентом 2,45 та 1,33 млн т.н.е. відповідно для 2017 року. Крім того, енергетичний потенціал соломи ріпаку оцінюється на рівні 0,54 млн т.н.е. для 2017 року. Загальний енергетичний потенціал сільськогосподарської біомаси оцінюється на рівні 8-9 млн т.н.е., з яких близько 1 млн т.н.е. уже використовується (головним чином лушпиння насіння соняшника і частково солома) [19].

Хоча сільськогосподарські компанії мають безпосередній доступ до біомаси, вони недостатньо активно використовують її для виробництва енергії. Загалом 11 % усіх опитаних агропромислових компаній спалюють свої сільськогосподарські відходи у власних котлах. Близько 14 % розглядали можливість використання рослинних залишків у котлах для зниження витрат на енергію; 13 % великих господарств оцінювали доцільність застосування біогазової установки, але лише 2 % розробили проект з її встановлення. Сільськогосподарські підприємства неохоче продають свої відходи виробникам пелет. Наразі 14% агропромислових компаній повідомили, що співпрацюють з виробниками пелет, і лише 8 % з них планують розпочати таку співпрацю. Натомість 7 % опитаних компаній вже почали власне виробництво пелет, а ще 18 % збираються це зробити. Ці компанії мають намір виробляти пелети, аби використовувати їх для власних енергопотреб, а не для продажу на загальному

---

<sup>19</sup> Біоенергетика: <https://saee.gov.ua/uk/ae/bioenergy>

ринку [20].

### *Твердопаливні технології*

Паливні брикети – незалежно від того, з якої сировини їх виробляють, це спресовані вироби циліндричної, прямокутної, шестигранної або будь-якої іншої форми, довжиною 100-400 мм, а висота і шириною близько 100 мм. Стандартних розмірів у даній продукції немає. Збільшення щільності та зниження вологості біомаси дозволяє ефективніше зберігати та транспортувати у порівнянні з необробленою біомасою. Недоліком можна вважати низький рівень автоматизації процесу вироблення енергії з паливних брикетів [21].

Пелети або паливні гранули – це спресовані частинки твердої біомаси, що мають форму циліндрів максимального діаметра до 25 мм і завдовжки від 10 до 50 мм. Вони можуть бути виготовлені з деревини, трави, лушпиння, соломи, та багатьох інших видів рослинної сировини, а також їх сумішей. Циліндрична форма паливних гранул забезпечує їм сипкість і дозволяє застосовувати автоматизацію у подавальних пристроях енергетичних установок. Паливні гранули володіють найвищою щільністю та мінімальним вмістом вологи, тому найбільш вигідні з точки зору транспортування та зберігання. Суттєвим недоліком паливних гранул є їх висока вартість [22].

Тюки соломи – найбільш поширеними є спресовані залишки хлібних зернових культур, хоча наразі існують ефективні технології тюкування соломи і інших культур, зокрема кукурудзи. Солома пресується спеціальними агрегатами, при цьому може бути додатково подрібнена для збільшення щільності. Розмір тюка соломи залежить від моделі прес-підбирача. Для промислових потреб, зазвичай використовують великі прямокутні або циліндричні тюки вагою 200-450 кг. Існують відпрацьовані технології використання таких тюків із різною глибиною автоматизації, тому вартість

---

<sup>20</sup> Ринкові умови для впровадження проектів виробництва енергії з біомаси в Україні: режим доступу: <http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/ifc-survey-findings-biomass-to-energy-in-ukraine-2015-ua.pdf>

<sup>21</sup> Технологія виробництва різних видів біопалива: <https://bio.ukr.bio.ua/articles/2344/>

<sup>22</sup> сайт: <https://ekoinform.com.ua/?p=6367>

енергоустановок коливається в широкому діапазоні. Недоліком можна вважати не універсальність такого виду палива, оскільки для організації процесу його енергетичного використання, знадобиться спеціальне устаткування [23].

Отже, для лісостепової зони України найбільш прийнятним видом твердого біопалива є солома зернових. Що стосується біомаси з відходів деревини у Лісостеповій зоні, то вона також має місце але кількість її незначна і переважно використовується деревина від санітарних рубок для прямого спалювання. Зокрема, доволі привабливо виглядає вартість енергії в тюкованій соломі, яка на 80 % дешевша за енергію в природному газі. Але вартість палива не має бути єдиним орієнтиром при виборі енергоресурсу. Головним критерієм при виборі палива має бути не його кількість, а кількість енергії, яку можна отримати при використанні цього палива. Додатковими характеристиками є екологічність, технологічність спалювання і т. ін. Тому питання вибору системи опалювання і опалювальних приладів складніше чим прийнято вважати. Важливі усі параметри і цифри, які відбивають реальну економічну сторону того палива, яке споживач купує. При проектування енергетичного господарства необхідно враховувати особливості застосування різних технологій, їх переваги та недоліки, вартість енергії, яку будуть виробляти джерела кожного виду з урахуванням витрат на всіх етапах процесів генерування та підготування палива для генерації біоенергії (табл 1). Наприклад, для твердого біопалива створення повного циклу перероблення первинної твердої біомаси зменшує вартість отриманої кінцевої теплової енергії за рахунок використання якісного та енергоємного палива, зменшення логістичних витрат та впливу на довкілля [24].

*Таблиця 1*

### **Порівняння первинної біомаси з брикетованою (гранульованою)**

| п/п | Первинна біомаса (недоліки) | Гранульоване біопаливо (переваги)       |
|-----|-----------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | Складність зберігання та    | Стандартне пакування (біг-беги), зручне |

<sup>23</sup> Перебийніс В.І. Енергетичний фактор забезпечення конкурентоспроможності продукції : монографія / В. І. Перебийніс, О. В. Федірець. – Полтава : ПУЕТ, 2012. – 190 с.

<sup>24</sup> Основи пелетного виробництва: <https://ecotown.com.ua/>

|   |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | транспортування біомаси з низькою насипною щільністю та незначним терміном зберігання через швидку втрату споживчих властивостей.   | транспортування, тривалий термін зберігання без зниження споживчих властивостей. Висока насипна щільність (600-800 кг/м³). Паливні гранули повільно набирають вологу з довкілля та не змерзаються взимку. |
| 2 | Різний розмір шматків деревини (гілки, пні, відходи деревообробки, кора, деревні залишки різного розміру). Висока зольність.        | Стандартний розмір пелет відповідно до класу А1 або А2, однорідність, стандартні зольність, вологість та теплотворна здатність                                                                            |
| 3 | Низька ефективність та екологічна шкода довкіл्लю у процесі спалювання.                                                             | Висока ефективність та екологічна чистота спалювання (0,3-2% золи, теплотворна здатність 16-19,5 МДж/кг).                                                                                                 |
| 4 | Для виробництва 1 ГВт*год енергії необхідно спалити 1200-1800 м³ подрібненої біомаси.                                               | Для виробництва 1 ГВт*год енергії необхідно спалити лише 385 м³ пелет.                                                                                                                                    |
| 5 | Висока пористість та вологість використовуваної біомаси (30-50%). Причина - капілярно-пориста природна структура рослинної біомаси. | Стандартна вологість пелет 6-8%.                                                                                                                                                                          |
| 6 | Необхідність попереднього підготування палива до спалювання. Наявність домішок та неорганічних забруднень.                          | Повна готовність до вживання. Відсутність домішок та забруднень.                                                                                                                                          |
| 7 | Можливість використовувати тільки деревне паливо і, меншою мірою, соломі, кукурудзяні качани та деякі інші види первинного палива.  | Пелети можна виготовляти з широкого спектру біосировини. Тому сировинна база для їх вироблення значно більш різноманітна, ніж просто відходи деревини.                                                    |
| 8 | Необхідність ручного завантаження палива в котел.                                                                                   | Можливість автоматизації спалювання палива і його завантаження в котел.                                                                                                                                   |

Джерело: авторська розробка

Однією з головних помилок є те, що при використанні не переробленої біомаси не враховується значне підвищення трудовитрат на обслуговування процесу загрузки палива та обслуговування котлового обладнання, значне збільшення ємності для складування тюкованої соломи та дотримання необхідних умов зберігання <sup>[25]</sup>:

- достатня площа та об'єм складу для зберігання потрібного запасу сировини;
- компоновка обладнання повинна забезпечувати оптимальну механізацію та автоматизацію технологічних процесів, безпечне та зручне обслуговування;

---

<sup>25</sup> Основи пелетного виробництва: <https://ecotown.com.ua/>

- можливість в'їзду та маневру автотранспорту для розвантаження залежно від технічних характеристик автотранспорту (висота, ширина, споряджена маса, радіуси розворотів, висота підйому навантажувачів та вантажопідіймальність на витягнутій стрілі, висота до перекриття та ін.);

- забезпечення допустимих рівнів шуму та стійкості конструкцій. Повинні виконуватися щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів та споруд визначені ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Відповідно до групи горючості матеріалів (Г1–Г4), що можуть бути застосовані в будівництві складу, ступінь їхньої вогнестійкості (Ш, Ша, ШБ);

- забезпечення потрібних умов зберігання, недопущення щодо підвищення рівня вологості тюків, забезпечення сприятливих умов для природного підсушування соломи, що надійшла на склад з підвищеною вологістю (понад 20 %).

Наразі, за слабого розвитку технологій збирання та тюкування рослинних решток та незначного обсягу енергетичного використання тюкованої соломи, в регіоні відсутній стійкий ринок цього виду біопалива.

Собівартість тюкованої соломи визначається розрахунковим шляхом і враховує: вартість сировини у полі, яка визначена на основі еквівалентного заміщення корисних речовин (N:P:K) мінеральними добривами, витрати на тюкування, збір та транспортування на відстань до 30 кілометрів. Логістичні витрати при різних концепціях збору рослинних решток соломи коливаються від 16 до 21 ЕВРО/т [26].

### *Біогазові технології*

Технології отримання біогазу з твердих та рідких органічних відходів базуються на процесі метанової ферментації. Цей процес знайшов широке застосування у всьому світі як для біологічного знешкодження органічних

---

<sup>26</sup> Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси. [www.bioenergy.in.ua](http://www.bioenergy.in.ua)

відходів, так і для виробництва енергії з біомаси [27].

Біогазова установка складається з ферментаційної та постферментаційної камери, відділення підготовки біомаси та завантажувача, мішалок, газгольдеру і когенераційного модулю.

Після закінчення процесу ферментації залишки суспензії, яка була ферментована, є натуральним гноєм і можуть бути використані як ефективне екологічно чисте добриво, що дозволяє зменшити витрати штучних добрив в сільському господарстві.

Субстрати для біогазової установки, що пройшли процеси подрібнення та гомогенізації і були зібрані заздалегідь у накопичувальних сховищах, стають носієм енергії у вигляді біометану, виробленого у процесі мезофільної ферментації при температурі 37°C, проведеної у ферментаційній камері [27].

Найбільш ефективним є використання систем анаеробної ферментації у місцях виникнення та масового накопичення відходів. Для сільськогосподарських об'єктів такими місцями є ферми ВРХ, свино- та птахоферми, де регулярно виникає значна кількість гною для утилізації, до якої додають біомасу рослинного походження. Відходи тваринництва є ідеальною основою для ферментації, але мають малу енергетичну цінність. Для підвищення енергетичної цінності (виходу біогазу) можна додавати будь яку біомасу як рослинного так і тваринного походження [28].

Відповідно до оцінок Біоенергетичної Асоціації України, загальний потенціал виробництва біогазу з відходів тваринництва складає майже 1 млрд м<sup>3</sup> на рік. Дана оцінка включає 385,8 млн м<sup>3</sup> біогазу з відходів ВРХ, 160,3 млн м<sup>3</sup> з відходів свинарства та 377,7 млн м<sup>3</sup> біогазу з відходів птахівництва. Потенціал заміщення природного газу складає 0,5 млрд м<sup>3</sup> СН<sub>4</sub> (враховуючи частку метану у біогазі на рівні 50%). Біоенергетична Асоціація України оцінює, що 97% теоретичного потенціалу для відходів ВРХ, 30% для відходів

---

<sup>27</sup> Відновлювальні джерела енергії (Досвід Польщі для України) Р. Титко, Калініченко В.М., Варшава: OWG. – 2010 р. – 530

<sup>28</sup> Калетнік Г.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України: Навч. посіб. /Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк. – К.: «Хай-Тек Прес», 2010. – 312 с

свинарства та 68% для відходів птахівництва є доступними для використання з енергетичними потребами. Таким чином, реалістичний потенціал заміщення природного газу складає 0,34 млрд м<sup>3</sup> [29].

На кінець I кварталу 2019 р в Україні встановлено 51 МВт біогазових потужностей на агровідходах та сміттєзвалищах, що майже у 3 рази більше, ніж наприкінці 2015 року (18 МВт).[<sup>30</sup>]:

- 6 біогазових електростанцій потужністю 12,9 МВт, що працюють на рослинній сировині (кукурудзяний силос, жом, тощо);
- 4 біогазові електростанції потужністю 5,8 МВт, що працюють на відходах тваринництва (гній свиней, ВРХ та курячий послід);
- 3 біогазових електростанції потужністю 9,6 МВт, що використовують комбінацію рослинної та тваринної сировини.

Приклади біогазових електростанцій, що працюють на відходах тваринництва [<sup>29</sup>]:

- ТОВ Комерцбуд-Пласт з біогазовою установкою потужністю 3.1 МВт, що використовує курячий послід;
- ТОВ Гудвеллі Україна з біогазовою установкою потужністю 1.2 МВт, що використовує гній свиней;
- ТОВ Городище-Пустоварівська Аграрна Компанія з біогазовою установкою потужністю 0.3 МВт, що використовує гній свиней.

Приклади біогазових установок, що використовують і рослинну сировину, і відходи тваринництва включають установки ПрАТ ОрільЛідер потужністю 5.69 МВт та ПАТ Екопрод потужністю 1.5 МВт. Біогазова установка ТОВ Українська молочна компанія потужністю 0.625 МВт використовує гній ВРХ в якості джерела біомаси і під'єднана до національної енергомережі, проте не включена до переліку електростанцій, що працюють за зеленим тарифом, оскільки була введена в експлуатацію до затвердження зеленого тарифу на

---

<sup>29</sup> Біоенергетична асоціація України, <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>

<sup>30</sup> <https://agropolit.com/news/12131-u-2019-rotsi-v-ukrayini-vstanovleno-51-mvt-biogazovih-potujnostey-na-agrovidhodah>

електроенергію, вироблену з біогазу. Існує також кілька біогазових установок на тваринницьких фермах, які використовують вироблену енергію для власних потреб, включаючи біогазову установку 150 кВт на ПП Сігма, що використовує гній свиней, та біогазову установку 250 кВт в смт Терезине, що використовує гній ВРХ [31].

Джерелом біомаси можуть бути спеціально вирощувані енергетичні рослини, які є головним абсорбентом вуглекислого газу, зменшуючи його кількість в атмосфері. Вони утворюють, яку можна було б використати на енергетичні цілі для виробництва біопалива. Використовуючи високі врожаї біомаси енергетичних культур для виробництва енергії можливо задовольнити близько 12-15 % потреб України в первинній енергії [32].

Енергетичні рослини дають значну кількість біомаси і характеризуються невибагливістю до вирощування. В перерахунку на еквівалент енергії витрати на вирощування таких культур значно менші, ніж вартість енергоносіїв, отриманих від традиційних джерел. Вибір енергетичної культури залежить від декількох факторів: місцезнаходження ділянки, тип ґрунтів, вологість, вид ландшафту тощо. На ефективність бізнес-моделі з вирощування енергетичних культур значний вплив має логістичний ланцюг: вирощування → транспортування → переробка → складовування → транспортування → спалювання .

Найбільш придатними для вирощування у Лісостеповій зоні України є міскантус, світчграс, верба, тополя (висаджують їх приблизно на 10-15 - до 30 років, підготовка ґрунту для їхнього вирощування не потребує великих енергетичних затрат, урожай збирають узимку або навесні з використанням

---

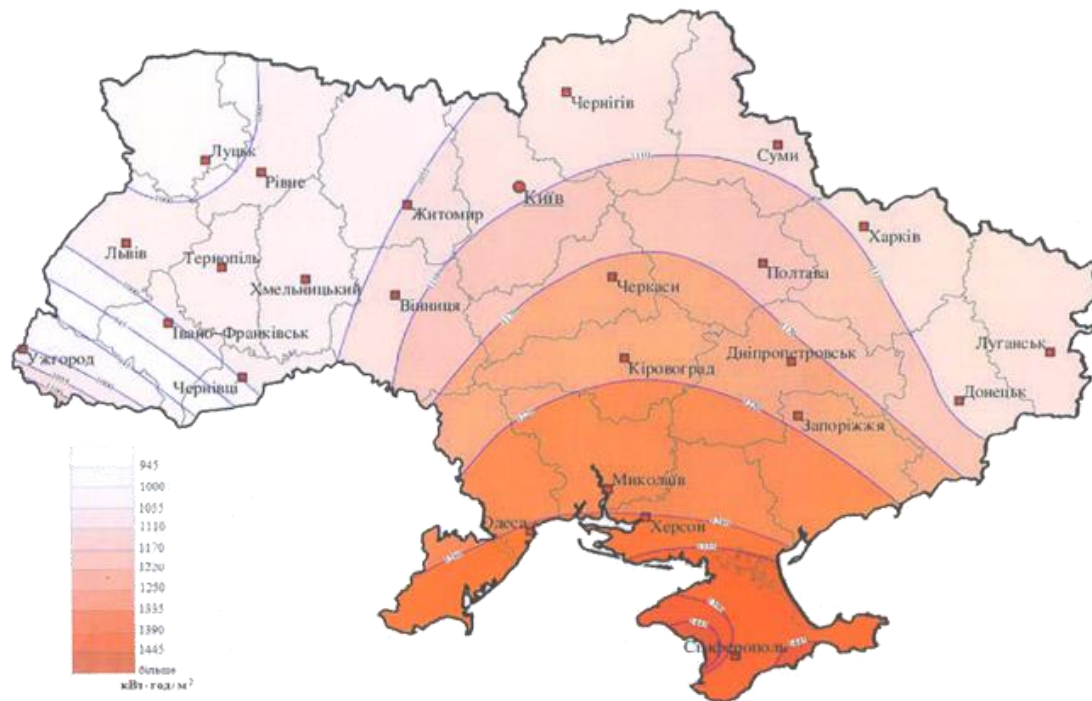
<sup>31</sup> Біоенергетична асоціація України, <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>

<sup>32</sup> Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні: [http://bioenergy.in.ua/media/filer\\_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet\\_po\\_verbe.pdf](http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf)

звичайної сільськогосподарської техніки) [33].

### *Енергія сонця*

Більшість територій Лісостепової зони України відносяться до другої зони за інтенсивністю сонячного випромінювання, яке коливається у межах  $1000 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  та  $1285 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  за рік (рис 2). Цього потенціалу цілком вистачає для отримання та комерційного використання електроенергії з сонячних батарей та підігріву води за допомогою сонячних колекторів [34].



**Рис 2. Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року.**

Джерело: [34]

На сьогодні, сонячна енергетика зазвичай застосовується у випадках, коли малодоступність інших джерел енергії, в сукупності з достатньою кількістю сонячного випромінювання, виправдовує її економічно. Також, значний стимул у використанні енергії сонця для виробництва електричної енергії з метою її

---

<sup>33</sup> Теоретичні та практичні засади процесу вирощування рослин для енергетичної біомаси: <http://dspace.tneu.edu.ua/bitstream/316497/17258/1/%D0%94%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BE%D0%BA.pdf>

<sup>34</sup> Сонячна енергетика. – джерело <http://www.sae.gov.ua/node/592>

продажу в загальну енергомережу, забезпечує запроваджений в Україні «зелений тариф» [35].

Обладнання для перетворення сонячного випромінювання на корисну енергію принципово можна розділити на два типи: для виробництва теплової або електричної енергії.

Системи для збору та перетворення сонячного випромінювання в теплову енергію, зазвичай використовують метод прямого підігріву води. Устаткування для збору енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі називають сонячним колектором. Існують різні типи сонячних колекторів, але усі вони ґрунтуються на простому принципі: поверхня поглинає сонячне тепло, потім це тепло передається теплоносію. Найбільш поширені три типи сонячних колекторів: плоскі, вакуумні та параболічні концентратори, які принципово відрізняються між собою конструктивним виконанням та вартості обладнання [36].

Сонце нагріває рідину у колекторі, після чого нагріта рідина потрапляє до теплового акумулятора де через теплообмінник підігріває його, далі рідина потрапляє назад в колектор і цикл повторюється. За циркуляцію рідини в контурі відповідають спеціальні насоси. Сонячні системи теплопостачання можуть мати різні схеми виконання та передачі енергії до споживача, але всі вони як правило обладнуються тепловими акумуляторами. Це зумовлено нерівномірністю вироблення теплової енергії, яка на пряму залежить від інтенсивності сонячного випромінювання. Використання теплового акумулятора дозволяє згладжувати нерівномірність споживання та виробництва теплової енергії. Накопичена теплова енергія в акумуляторі може використовуватись для потреб опалення, гарячого водопостачання, підігріву повітря або інших технологічних потреб сезонно або цілорічно. Робота системи сонячного теплозабезпечення відбувається в автономному режимі [36].

---

<sup>35</sup> <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0641874-19>

<sup>36</sup> Відновлювальні джерела енергії (Досвід Польщі для України) Р. Титко, Калініченко В.М., Варшава: OWG. – 2010 р. – 530

Останнім часом спостерігається стрімкий попит на сонячні панелі серед приватних домогосподарств. Завдяки «зеленому тарифу» останні 3,5 роки в Україні 4660 родин встановили сонячні станції загальною потужністю 89 МВт. На часі – оптимізація стимулів у цій сфері та поетапний перехід на світову систему «зелених» аукціонів [37].

Україна володіє потужним науковим і виробничим потенціалом для створення й випуску фотовольтажного обладнання та устаткування. Виробничі запаси України становлять понад 10 % світових обсягів монокристалічного кремнію для фотоелектричних перетворювачів. Україна має також технології й досвід промислового отримання полікремнію – сировини для монокристалічного кремнію, попит на якій у світі на сьогодні необмежений [38].

Ще одним з важливих факторів переходу до малої генерації є постійне зменшення її вартості у перерахунку на кВт встановленої потужності.

Основними компонентами, що впливають на загальну вартість системи є сонячні панелі, інвертори, монтажні конструкції, електрична арматура та система обліку електроенергії (рис. 3). Окремим рядком необхідно виділити акумулюючі потужності, що можуть працювати або у складі автономної системи або в якості стабілізуючого елемента у системах smart grid [39].

---

<sup>37</sup> <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenergoefektivnosti-ta-ukrayinska-asociaciya-sonyachnoyi-energetiki-budut-pracyuvati-nad-rozvitkom-zelenoyi-elektroenergetiki-ta-virobnichih-potuzhnostej-u-cij-sferi>

<sup>38</sup> Відновлювальні джерела енергії (Досвід Польщі для України) Р. Титко, Калініченко В.М., Варшава: OWG. – 2010 р. – 530

<sup>39</sup> Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. – 326 с.



**Рис. 3. Вартість елементів сонячної системи, %**

Джерело: авторська розробка

Ця діаграма враховує актуальні середні ціни для комплектуючих сонячної електростанції. Розглядаючи перспективи впровадження ВДЕ необхідно враховувати загальні тенденції зміни ринкових цін на елементи таких систем.

Ціни на фотоелектричні (PV) сонячні батареї тільки за останні 3 роки знизилися на 56% і практично у 100 раз за останні 40 років. Наслідком стрімкого розвитку технологій та появою фотоелементів 3 покоління є підвищення ефективності сонячних елементів і, відповідно ще більше зменшення їх вартості [<sup>40</sup>].

За даними 24 найбільших постачальників інверторів, мікроінверторів, одно- та трифазних інверторів, центральних інверторів та стабілізаторів постійного струму у світі спостерігається суттєве зменшення цін на інвертори. З 2013 року ціни на ці прилади впали на 15 – 30%, а за прогнозами до початку 2022 р вони мають зменшитися ще від 5 до 20 % на різні групи товарів [41].

<sup>40</sup> <http://solarcellcentral.com>

<sup>41</sup> Режим доступу – <https://www.greentechmedia.com>

Тенденції до зниження вартості виробленої вітрогенераторами електроенергії теж стійкі [42].

Але, що стосується потенціалу вітрової енергії у Лісостеповій зоні, то за загальним вітровим потенціалом відноситься до бідних та малорентабельних територій (за міжнародною класифікацією). то він незначний. Визначальним чинником при оцінці пригодності місця розташування вітрової електростанції є достатній вітровий потенціал. Існує чимало досліджень та методик оцінки вітрового потенціалу місцевості та його моделювання, що враховують як макропоказники вітрового потоку, так і особливості території: рельєфу, мікрорельєфу, шорсткості поверхні. Для оцінки вітроенергетики конкретного регіону, відповідно до сучасних вимог, використовуються спеціалізовані кліматичні характеристики. Сюди входять середні багаторічні швидкості вітри, дані про зміни швидкості вітру в різні сезони, розподіли повторюємості швидкості вітру по градаціях в різні сезони, напрями вітрів різних швидкостей і коригуючі коефіцієнти, що враховують зміни швидкості вітру в просторі під впливом мезонеоднородностей підстилаючої поверхні [43].

Важливим атрибутом систем енергозабезпечення через непостійність виробництва електроенергії вітрогенераторами або сонячними батареями стали системи зберігання енергії (акумуляуючі станції). При цьому слід розуміти, що система накопичення і зберігання енергії — це не просто акумулятор. Провідні світові компанії вкладають в це поняття дещо інший сенс, пропонуючи споживачеві комплексне рішення, яке включає як власне акумулятори (накопичувачі), так і програмні рішення, які забезпечують контроль за станом накопичувачів і оптимальним розподілом навантаження, що важливо, зокрема, для інтеграції їх у розподілені електромережі. Стислий огляд новітніх

---

<sup>42</sup> Режим доступу – <https://www.ecowatch.com/renewable-energy-soars-in-2015-1882134526.htm>

<sup>43</sup> Основи використання енергії вітру:

<http://eprints.kname.edu.ua/52650/1/2019%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%20104%D0%9B%20%201%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf>

технологій дозволяє зробити висновок про технічну і цінову готовність ринку підтримати нову концепцію розподілених мереж [44].

*Компанія Redflow, технологія ZCell.* Система збереження енергії заснована на цинк-бромній акумуляторній батареї місткістю 10 кВт. Серед переваг можна відмітити: максимально допустима глибина розряду складає 100 %, при цьому розробники стверджують, що повний розряд ніяк не позначається на місткості батареї і її експлуатаційних характеристиках; батарея може знаходитися розрядженою дуже тривалий час, це ніяк не позначиться на її характеристиках; місткість батареї практично не змінюється з часом — гарантія на акумулятор 10 років; у батарею вбудована власна система електрозахисту, крім того, існуючий інтерфейс дозволяє контролювати і управляти роботою системи дистанційно, використовуючи Інтернет [44].

*Компанія Tesla, технологія Powerwall and Powerpack.* Перша може використовуватися в житлових і невеликих офісних приміщеннях, друга — для роботи на підприємствах, здатна працювати з великими потужностями і для великої кількості споживачів. «Домашня» Powerwall має декілька різновидів — 7 кВт(вартість 3 тис. доларів), 10 кВт(вартість 3,5 тис. доларів) і 14 кВт(вартість 5,5 тис. доларів, місткості акумулятора вистачить на добу для енергозабезпечення будинку з двома спальнями) [44].

Потужність промислової Powerpack складає 100 кВт, але її конструкція дозволяє легко об'єднувати окремі елементи у великі системи потужністю до 100 МВт, що досить для енергозабезпечення великого промислового об'єкту. Приблизна вартість складе 250 доларів за 1 кВт [44].

Сьогодні компанія Tesla Inc. як і увесь світ працює над наступним поколінням акумуляторних батарей власної розробки. Революційний поштовх, з точки зору вирішення конструкцій акумуляторів Tesla, запропонувала фірма Maxwell Technologies із Сан-Дієго. Компанія Maxwell виробляє супер-конденсатори (іоністери) і активно використовує технологію твердого гелю.

---

<sup>44</sup> Режим доступу — <https://rent techno.ua>.

Завдання, що ставить собі на найближче майбутнє компанія перевищення порогу енергоємності батареї у 1000 Вт·ч/кг. Разом з тим покращуються експлуатаційні характеристики акумуляторів та знижується ціна на одиницю акумульованої енергії [44].

*Технологія Sonnen Community* акумуляторні батареї місткістю від 2 до 16 кВт/ч, термін служби – не менше 10 тисяч циклів заряду/розряду при максимально допустимій глибині розрядки близько 80% [44].

Але, що більш важливо те, що платформа SonnenCommunity запустила пілотний проект, який можна розцінювати як етап переходу до розподілених мереж. Платформа надає можливість створити віртуальний пул з власників сонячних систем і електричних батарей. Надлишки електроенергії, отриманої сонячними батареями і не використані в побуті, можуть бути розподілені серед учасників віртуальної мережі, наприклад, можуть бути спрямовані на заряджання акумуляторної системи у іншого власника, а пізніше — реалізовані на оптовому ринку. Враховуючи різке падіння цін на «зелену» електроенергію, це дозволить їй виробникам продавати її в реальному часі в мить, коли ціни будуть найбільш сприятливими. До платформи може підключитися будь-який користувач, який придбав устаткування компанії. Sonnen також використовує нове програмне забезпечення, яке може візуалізувати агреговане зберігання в режимі реального часу [45].

*Компанія Panasonic, технологія: Smart Towns.* Компанія Panasonic реалізує власний проект «розумного» міста, розташованого біля Йокогами. Передбачається, що в межах цього міста усі домашні сонячні електростанції і системи накопичення енергії будуть об'єднані в єдину мережу. Це дозволить не лише забезпечити незалежність міста, але і в перспективі вийти на японський оптовий ринок продажу електроенергії [46].

*Компанія NGK Insulators, технологія сірчано-натрієвих батарей.* однією з перших вийшла на світовий ринок систем накопичення і зберігання електрики

---

<sup>45</sup> <https://avenston.com/articles/energy-storage/>

<sup>46</sup> <https://nachasi.com/2018/12/07/future-cities/>

з технологією сірчано-натрієвих батарей з рідким електролітом. На сьогодні сумарна потужність акумуляторів, встановлених по усій земній кулі NGK Insulators, складає близько 3 ГВт, у тому числі на основі акумуляторів саме цього типу в Японії створена найбільша у світі мережа накопичувальних батарей [47].

Отже, провідні компанії вже розробили та випробували поки що на локальних територіях та об'єктах технології інтелектуальних мереж – Інтелектуальна електромережа – повністю інтегрована, здатна самостійно регулювати і відновлювати свою роботу електроенергетична система, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні і розподільні мережі і всі види споживачів електричної енергії, керовані однією мережею автоматизованих пристроїв в режимі реального часу. Це визначення концепції запропоновано Інститутом інженерів електротехніки та електроніки [48].

Інтелектуальні енергетичні системи обладнані різними приладами і лічильниками, сполученими через Інтернет для більш ефективного енергоспоживання [49].

Основними функціями інтелектуальної мережі є [50]:

- розвиток та інтеграція розподіленої генерації, включаючи відновлювані джерела енергії;
- управління попитом. Підвищення енергоефективності споживачів;
- розгортання та інтеграція технологій зберігання електроенергії та зняття піків навантаження;

---

<sup>47</sup> Стан і перспективи розвитку технологій «інтелектуальних» електромереж, управління попитом та систем режимного управління в умовах розвитку поновлюваних джерел енергії у зарубіжній енергетичній сфері : <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/04/1.-Stan-rozvytku-smart-grid.pdf>

<sup>48</sup> Використання концепції інтелектуальних мереж у енергосистемі України / І. А. Немировський, С. О. Федорчук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2016. - Вип. 176. - С. 28-30. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2016\\_176\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2016_176_12)

<sup>49</sup> <https://ep.kpi.ua/uk/node/22>

<sup>50</sup> Smart Grid Top Markets Report – Update, January 2017: [https://legacy.trade.gov/topmarkets/pdf/Smart\\_Grid\\_Top\\_Markets\\_Report\\_2017.pdf](https://legacy.trade.gov/topmarkets/pdf/Smart_Grid_Top_Markets_Report_2017.pdf)

- збільшення використання цифрових і контролюючих технологій для забезпечення надійності, безпеки та ефективності електричної мережі;
- динамічна оптимізація операцій в мережі із забезпеченням повної інформаційної захищеності;
- використання інтелектуальних технологій для моніторингу стану мережі і управління мережею;
- інтеграція «розумних» приладів обліку і пристроїв споживача;
- інтелектуальна мережа розширює за допомогою цифрових технологій розподільну і транспортну мережу для оптимізації поточних операцій і відкриття нових ринків для альтернативної енергетики (IEEE).

Наразі на ринок технологій smart grid заходять величезні гроші ( $40 \cdot 10^{12}$  \$), і він продовжує активно розвиватися. Експерти передбачають біля 5 триліонів доларів інвестицій в інфраструктуру виробництва і продаж з 2015 по 2030 рік [51].

Концептуальна схема розподіленої генерації, що об'єднує об'єкти маломасштабної електроенергетики, що об'єднані та самокеровані на локальних рівнях у так звані "розумні мережі" (smart grid) на рис 8.

Поширені на сьогодні технології розподіленої генерації при порівнянні з централізованою генерацією в багатьох випадках дають для розподіленої генерації більш високі капітальні витрати (доларів / кВт) і поточні витрати (доларів / кВт.год). Однак додаткові переваги, такі як когенерація тепла, підвищення надійності, відсутність мережових витрат, вже зараз роблять розподілену генерацію вигідною в багатьох застосуваннях. Справедлива ринкова оцінка всіх переваг є ключовим фактором для визначення перспективності таких проектів. Розвиток технологій виводить на рівень економічної виправданості все більше варіантів використання РГ [52].

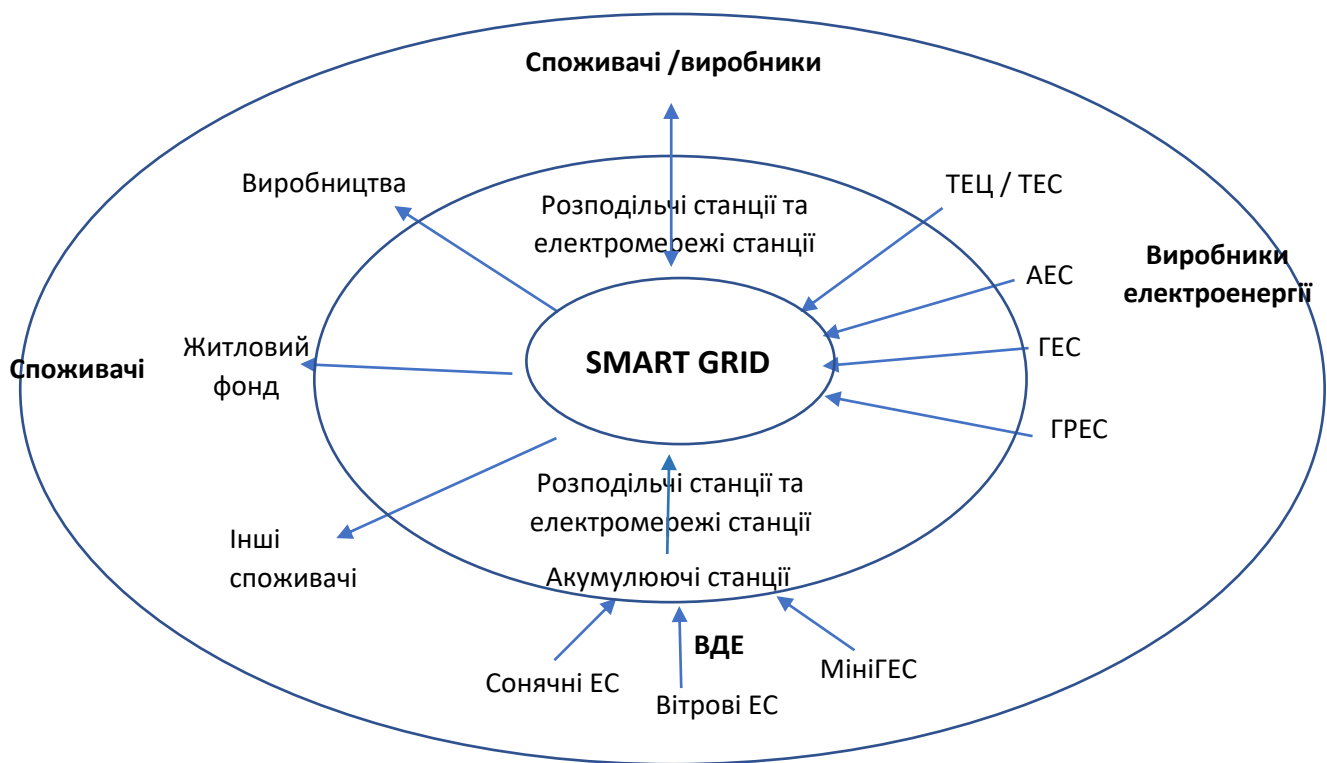
---

<sup>51</sup> Режим доступу - [www.trade.gov/topmarkets/pdf/Smart\\_Grid\\_Top\\_Markets\\_Report.pdf](http://www.trade.gov/topmarkets/pdf/Smart_Grid_Top_Markets_Report.pdf)

<sup>52</sup> Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с

Наприклад, з 2015 року у декількох регіонах США екологічно чиста, сонячна і вітрова енергія стала конкурентоспроможною за вартістю з традиційною потужністю. Якщо ж врахувати побічні екологічні наслідки від традиційної енергетики, вирішення яких лягає важким тягарем на суспільний бюджет з охорони здоров'я і навколишнього середовища, то переваги нового типу енергетики є безперечними [53].

Отже, в Україні склалася ситуація, коли об'єктивні фактори надають унікальну можливість революційних змін у енергетиці України: нагальна необхідність швидкої модернізації існуючої енергосистеми та поява новітніх технологій ВДЕ, здатних конкурувати за рівнем цін з традиційними джерелами енергії, світова орієнтація на екологічно безпечні технології [54].



**Рис. 8. Розподілена розумна електромережа smart grid**

Джерело: [55].

<sup>53</sup> <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-renewable-energy-market-industry>

<sup>54</sup> Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>

<sup>55</sup> Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. – 326 с.

Основними суб'єктивними факторами, що стають на перешкоді є ментальна неготовність до переходу на іншу енергетичну систему та лютий спротив енергетичних монополій та їх лобістів у державних структурах. Можна назвати велику кількість проблемних моментів, що наразі виникають на шляху впровадження ВДЕ і безсумнівно виникнуть у процесі реалізації концепції: це складність та зарегульованість енергетичного сектору, дефіцит вільних коштів, високі проценти по кредитах, несприятливий інвестиційний клімат і таке інше. Але вони є похідними від перших двох, і маючи політичну волю їх можна відносно швидко вирішити [56].

На шляху до переходу до нової моделі енергосистеми необхідне залучення всіх учасників та регуляторів ринку.

Рівень державних інституцій:

- на законодавчому рівні забезпечувати сприятливі умови для інвестування;
- підтримувати розробку та впровадження конкурентоспроможних технологій і локалізацію виробництва потрібного устаткування ВДЕ;
- стимулювати розвиток цивілізованих відносин «споживач – постачальник»,
- прийняття та підтримка стратегічних рішень та фінансових програм для стимулювання енергозберігаючих технологій, заходів.

Рівень об'єднаної енергетичної системи України:

- передбачити механізми забезпечення зростання ВДЕ зростанням маневрових потужностей, яке повинне здійснюватись у межах, які технологічно допустимі задля збереження надійної роботи енергосистеми України;
- заміна зношених та морально застарілих розподільчих систем новими з орієнтацією на концепцію smart grid (інтелектуальних мереж),
- переглянути механізм розподілення (між суб'єктами – виробниками з ВДЕ та компаніями-власниками електромереж) витрат на реконструкцію та

---

<sup>56</sup> Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. – 326 с.

будівництво магістральних та розподільчих мереж, необхідних для підключення електростанцій на ВДЕ до енергосистеми;

- передбачити акумулюючі потужності для стабільної роботи.

Отже, перехід до концепції розподілених мереж дозволить побудувати сталу енергетичну систему з оптимальним використанням розподілених генераторів і перетворити тисячі приватних будинків, офісних будівель і невеликих, або й великих підприємств – у виробників і продавців електроенергії. При цьому споживачі самі продукують енергію на місці споживання, а «розумні» мережі самі розподіляють надлишки, регулюють баланс виробітку і споживання, виконуючи функції центру диспетчерського управління на рівні місцевої самоорганізації та "реакцій всіх на кожного". Така організація дозволить підвищити якість та надійність енергопостачання, сформувати адекватні ціни та значно зменшити екологічне навантаження на зовнішнє середовище.

Розвиток технологій ВДЕ нівелює колись величезну різницю між традиційними і альтернативними джерелами енергії. Враховуючи значне зменшення експлуатаційних витрат на електромережі, підвищення надійності, відсутність мережевих витрат, відсутність побічних екологічних наслідків від традиційної енергетики перехід до нової моделі є економічно виправданим. На шляху до переходу до нової моделі енергосистеми необхідна широка участь всіх учасників та регуляторів ринку, від державних органів та інституцій об'єднаної електромережі країни до рядових споживачів (потенційних виробників) електроенергії [57].

Таким чином, Україна має усі передумови для більш широкого впровадження ВДЕ, в тому числі і у Лісостеповій зоні. При цьому найбільшим стримуючим фактором є необхідність значних капіталовкладень. Держава не має таких коштів, тому її основна роль у стимулюванні виробництва обладнання та технологій для об'єктів відновлюваної енергетики в Україні,

---

<sup>57</sup> Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>

сприянні залученню інвестицій, широкій популяризації потенціалу відновлюваної енергетики для бізнесу та інвесторів. Якщо взяти середню вартість встановленої потужності сонячної енергії – 1\$/Вт, то на гроші, що плануються на відновлення «старої» системи можна встановити 8 ГВт сонячних електростанцій, або 13 ГВт вітрових потужностей (0,6 \$/Вт). Це досить умовне припущення, яке не враховує ні потенціалу вищеназваних джерел ВДЕ ні наявності площ під їх розміщення і інших факторів. Але ці цифри показують реальну перспективу переходу України до концепції розподілених мереж уже сьогодні. Враховуючи те, що якщо згідно загальносвітової практики ці гроші задіяти для створення економічних механізмів стимулювання ВДЕ, вони можуть стати мультиплікатором глобальних змін у конфігурації енергетичної системи України.