

**Гнєшєв В.О., к.т.н.,** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Крохмалюк Ю.О.** (Громадська організація “Dream Life”, м. Рівне)

## **МІНІ-ТЕЦ НА БІОПАЛИВІ В УКРАЇНІ: ЛОГІКА СПОРУДЖЕННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОНОСІЯМИ**

**Показана доцільність спорудження в Україні міні-ТЕЦ, що використовують торф і рослинні палива. Наведені розрахунки необхідних кількостей цих палив для забезпечення роботи ТЕЦ, екологічні та економічні засади ефективного функціонування цих об'єктів.**

**Показана целесообразность сооружения в Украине мини-ТЭЦ, использующих торф и растительные топлива. Приведены расчеты необходимых количеств этих топлив для обеспечения работы ТЭЦ, экологические и экономические основы эффективного функционирования этих объектов.**

**The efficiency of facilities in Ukraine CHP using peat and plant fuel. The calculations necessary amounts of these fuels for the operation of CHP plants, environmental and economic framework for the effective functioning of these facilities.**

Великі запаси кам'яного вугілля Донецького і Львівсько-Волинського басейнів орієнтували українську енергетику саме на цей вид палива. Низькі ціни радянського періоду на нафтопродукти та природний газ стимулювали використання і цих енергоносіїв для виробництва електричної та теплової енергії. Отримала широкий розвиток на українській землі також атомна енергетика, яка анонсувалася і позиціонувалася як найбільш інноваційна, екологічно нешкідлива та економічно ефективна.

Чому ж у сучасному цивілізованому і прагматичному світі таку пильну увагу стали приділяти порівняно низькоякісним, низькокалорійним місцевим паливам: торфу, деревині (а частіше – їх суміші), соломі, гідролізованому лігніну та ін.? Одна з вагомих причин – прагнення країн Європейського союзу до зменшення залежності від імпорту енергоносіїв. Важливу роль відіграє і проголошена концепція сталого розвитку суспільства, яка виходить з необхідності забезпечити світовий баланс між вирішенням соціально-економічних проблем і збереженням навколишнього середовища. Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (UNIDO) ставить задачу забезпечити до 2030 року загальний доступ до чистих і доступних сучасних видів енергії з низьким рівнем викиду парникових газів, використання централізованих та децентралізованих технологій і систем. Це сприя-

тиме забезпеченню стійких джерел існування і відповідатиме потребам країн і громад в отриманні доступної енергії [1]. Відповідає даній концепції і енергетична політика країн ЄС, спрямована на досягнення у 2020 році частини енергії з поновлюваних джерел у розмірі 20% від загального її споживання [2]. Прийнята у 2006 році Енергетична стратегія України на період до 2030 року прогнозувала подвоєння споживання електроенергії. При цьому передбачалось, що на виробництво електричної та теплової енергії істотно зростуть витрати кам'яного вугілля та урану при одночасному зменшенні в енергетиці країни споживання природного газу. Більш ніж скромна роль відведена власним гідроресурсам і нетрадиційним відновлювальним джерелам енергії: їх частка у прогнозних витратах палива на виробництво електричної і теплової енергії повинна навіть скоротитися з 5,9 до 4,5% [3].

**Остання обставина не відповідає** європейським підходам до розвитку енергетики, суперечить концепції сталого розвитку і, ймовірно, є однією з вагомих причин прийняття рішення про необхідність оновлення Енергетичної стратегії країни [4]. Напруженість, що виникла стосовно участі України в Кіотському протоколі, стала додатковим стимулом для нинішнього уряду країни діяти в напрямку подолання негативних наслідків енергетичної політики попереднього уряду, в тому числі щодо виконання зобов'язань перед Секретаріатом Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату (РКЗК ООН). З викладеного випливає, що спорудження в Україні ТЕЦ на біопаливі має ту саму логіку, що й для країн ЄС: використання місцевих палив знижує рівень залежності України від зовнішніх джерел енергоспів, а повна або часткова відновлюваність енергетичних ресурсів є практичним внеском країни у вирішення планетарних кліматичних проблем.

Лідером у використанні біопалива, що являє собою суміш торфу і деревної тріски, є Фінляндія – країна, обділена власними ресурсами вугілля, газу і нафти. Але понад дві третини території Фінляндії покрито лісами і приблизно третина – торфовими родовищами, тому цілеспрямована робота фінських вчених і фахівців щодо створення топкових пристроїв для ефективного спалювання вологих і низькокалорійних торфо-деревних сумішей була затребуваною. Вона завершилася успіхом, і в даний час ТЕС і ТЕЦ, побудовані за участю фінських фірм, успішно працюють не тільки в самій Фінляндії, де «рубіж» 20% енергії з поновлюваних джерел давно подолано, але й в багатьох інших країнах.

Лісистість території України становить близько 14% [5], а заторфованість – 1,7% [6]. Ці порівняно невисокі показники, на перший погляд, роблять проблематичною перспективу використання торфо-деревних сумішей як енергетичного палива. Однак слід врахувати той факт, що понад 70% геологічних запасів торфу зосереджені у Волинській (21%), Рівненській (17%), Чернігівській (12%), Київській (11%) та Львівській (10%) областях [7], лісистість територій яких становить, відповідно, 29,2; 36,1; 18,0; 20,1 і 25,5%. Грунтуючись на концепції мінімізації транспортних витрат, можна зробити висновок, що за сукупністю показників заторфованості і лісистості Рівненська, Волинська, Львівська, Київська області і

північна частина Чернігівщини придатні для спорудження ТЕС (ТЕЦ), що використовують як паливо торфо-деревні суміші місцевого походження.

ТЕЦ потужністю до 25 МВт відносяться до категорії «міні». Об'єкти такого типу, в порівнянні з «великими» станціями, мають низку переваг, зумовлених не лише характером палива, але й можливістю їх спорудження у безпосередній близькості від споживача енергії, що дозволяє:

- уникнути або істотно зменшити витрати на будівництво теплотрас та висковольтних ліній електропередач;
- знизити втрати електричної та теплової енергії при невеликих відстанях їх транспортування;
- набути енергетичну незалежність від збоїв і аварій у системах електро- та теплопостачання.

Оскільки більша частина енергії згоряння палива при виробництві електроенергії перетворюється в тепло, міні-ТЕЦ особливо ефективні при когенерації – безпосередньому використанні теплової енергії кінцевими споживачами (наприклад, гаряче водопостачання, опалення, пара для технологічних потреб). Своєрідною диверсифікацією теплової продукції міні-ТЕЦ може стати тригенерація – часткове перетворення теплової енергії в енергію холоду за допомогою абсорбційної холодильної машини, що споживає не електричну, а теплову енергію. Така трансформація дає можливість ефективніше використовувати тепло в літній період для кондиціонування приміщень або для технологічних потреб. Таким чином, доцільність спорудження міні-ТЕЦ в тому чи іншому місці багато в чому залежить від наявності повноцінного споживача електричної та теплової енергії. Цілком зрозуміло, що і потужність станції з обох видів виробленої енергії також диктується запитами місцевих споживачів. У той же час, потужність міні-ТЕЦ може обмежуватися і доступними обсягами місцевих паливних ресурсів, в даному випадку – торфу і деревини.

Відомо, що витрати палива  $M_n$  (кг/год.) для забезпечення роботи парогенератора заданої потужності  $N$ , що має ККД  $\eta$  і працює на паливі з нижчою теплоотою згоряння  $Q_n^p$  можуть бути розраховані за формулою

$$M_n = \frac{3600 \cdot N}{Q_n^p \cdot \eta}.$$

При потужності котла міні-ТЕЦ 10 МВт, що має ККД 0,9 і споживає в якості біопалива суміш фрезерного торфу з деревною тріскою у співвідношенні 1:1 (нижча теплота згоряння такої суміші близька до 9 МДж/кг), щогодини буде витрачатись

$$M_n = \frac{3600 \cdot 10}{10 \cdot 0,9} = 4000 \text{ кг палива.}$$

Впродовж року при тривалості роботи станції 8 тис. годин буде спожито 32 тис. т біопалива: 16 тис. т торфу і стільки ж деревної тріски. Для видобутку потрібної кількості фрезерного паливного торфу (при типовому для Україні се-

зонному зборі 500 т/га) потрібно технологічну ділянку з площею робочих полів не менше 32 га (нетто) або близько 45 га брутто. За весь термін служби міні-ТЕЦ (для фінських модульних станцій він становить 20-30 років) витрата паливного торфу може досягти 500 тис. т. Родовищ з такими запасами торфу в Україні досить багато. Якщо ж прийняти торф за основне і єдине паливо, то при його нижчій теплоті згорання 9 МДж/кг годинна витрата складе близько 4450 кг, що збільшує необхідний обсяг річного видобутку до 35,6 тис. т, а мінімальну робочу площу (брутто) полів видобутку – до 100 га. Природно, зростає і необхідний для забезпечення 20-річної роботи станції обсяг видобутих запасів торфу: він складе не менше 712 тис. т. Це означає, що паливною базою міні-ТЕЦ з потужністю котла 10 МВт має бути родовище із запасами торфу не менше 1 млн т. Менш бажаним варіантом може стати розробка декількох (але обов'язково не надто віддалених) родовищ з сумарними запасами торфу понад 1 млн т.

Таблиця

Показники торфової енергетичної бази для ТЕЦ

Показники	Потужність котла міні-ТЕЦ, МВт				
	5	10	15	20	25
Річна витрата фрезерного торфу, тис. т	17,8	35,6	53,4	71,2	89
Витрата торфу за нормативний термін експлуатації міні-ТЕЦ (20 років), тис. т	356	712	1068	1424	1780
Необхідна робоча площа ділянки видобутку торфу (брутто), га	50	100	150	200	250
Необхідна площа торфового родовища на нормативний термін експлуатації міні-ТЕЦ, га	150	300	450	600	750

В умовах обмеженості лісових ресурсів України заслуговує на увагу досвід Фінляндії та Швеції щодо використання як палив сумішей торфу і канаркової трави (канаресечника червоного, лат. *Phalaris arundinacea*, англ. Reed canary grass, RCG), а також торфу та енергетичної верби (лат. *Salix spp*, англ. Willow). Якщо фінські підприємці велике значення приділяють вирощуванню канаресечника, то шведські – енергетичної верби. На сьогоднішній день у Фінляндії експлуатується понад 20000 га ділянок з RCG. Реальний рівень врожайності RCG у Фінляндії становить 4-7 тонн сухої речовини з гектара. Енергонасиченість RCG за оцінками фінських фахівців складає близько 4,5 МВт-год/т, що відповідає теплоті згорання 16,2 МДж/кг. За прогнозними оцінками фахівців, до 2020 року внесок RCG в енергетику Фінляндії складе близько 0,6% від загального енергоспоживання країни (близько 2,5 ТВт-год/рік при використанні 100 тис. га земель). 15-річний досвід Фінляндії показує, що оптимальні строки збирання RCG – у березні – квітні. Це пов'язано з тим, що на цей період досягається максимальне зне-

воднення біомаси RCG за рахунок сублімації (виморожування) вологи, а також втрата біомасою рослин значної кількості речовин, які негативно впливають на котельне обладнання. Крім того, в цей період зменшується товщина снігового покриву, що сприяє нижчому зрізанню стебел RCG і зменшує втрати. Зазвичай збирання RCG у Фінляндії здійснюється у круглі або квадратні тюки зі щільністю пакування матеріалу не менше 130-150 кг/м<sup>3</sup>. Більш низька щільність тюків робить транспортування RCG до віддалених місць спалювання невігідною. Використовується також метод подрібнення трави в робочих органах збиральної техніки, але цей метод рентабельний при невеликих відстанях до паливних терміналів.

Вважається економічно вигідним розміщення полів RCG на відстані до 10-15 км від ТЕЦ або паливного терміналу. Використання паливних терміналів, де відбувається змішування RCG з основним видом палива, створює передумови для подовження дистанції до ТЕЦ до 70-80 км. В даний час у Фінляндії немає станцій, які використовують тільки RCG. Це зумовлено тим, що RCG має низьку насипну густину, високий вміст хлоридів і алкалоїдів у порівнянні з традиційними для країни видами палива: торфу, деревини або вугілля. З цих причин зазвичай використовують паливні суміші, у яких енергетична складова RCG обмежена 10-20%, що відповідає 20-40% об'єму (для сумішей з торфом).

Прикладом використання RCG у Фінляндії є когенераційна ТЕЦ компанії Kokkolan Voima Ltd., введена в експлуатацію у 2001 році. На ній встановлено топку з киплячим шаром. Станція генерує 20 МВт електроенергії і 50 МВт тепла.

З 2008 року в якості палива на станції використовуються: торф (основний вид палива з генерацією близько 170 ГВт год енергії на рік), відходи лісової промисловості (50 ГВт год енергії на рік), деревні чіпси (95 ГВт/год енергії на рік) і RCG (5 ГВт/год енергії на рік). Станція уклала контракти з 50 фермерами, які вирощують RCG на загальній площі в 600 га. Найближчі фермери доставляють RCG безпосередньо на станцію, а більш віддалені складають свою продукцію біля країв полів поблизу під'їзних шляхів. Транспортування RCG до ТЕЦ здійснюється транспортом, здатним перевозити одночасно до 70 круглих тюків (загальне завантаження до 10 т).

Логічно припустити, що фінський досвід актуальний і для України: введення RCG до складу біопалива ТЕЦ сприятиме зменшенню частки торфу (повільновідновлюваного ресурсу) і деревного компонента (дефіцитного в Україні). Так, наприклад, для станції потужністю 10 МВт енергетична складова RCG може досягати максимально 2 МВт (20%), що при ККД топки 0,9 і теплоті згоряння RCG 16,2 МДж/кг потребуватиме спалювання 495 кг цього палива в годину. Річна потреба станції в RCG складе близько 4 тис. т, що вимагатиме від 600 до 1000 га площ полів для вирощування даної культури.

Шведські теплоенергетики [8] зосередили свою увагу на використанні енергетичної верби. З 2008 року в країні розвивається новий вид бізнесової діяльності – енергетичне лісівництво. Лише у південній Швеції близько 12500 фермерів вирощують *Salix spp* на площі 13500 га. Середня врожайність плантацій *Salix spp* у

Швеції становить близько 8-10 тонн сухої речовини з гектара. Нижча теплота згоряння *Salix spp* сягає 18,6 МДж/кг сухої речовини. Оптимальні строки збирання *Salix spp* в Швеції – це грудень – березень. Збирання *Salix spp* здебільшого поєднують з подрібненням. Подрібнені чіпси доставляють безпосередньо на ТЕЦ або до паливних терміналів, де виконують змішування з основним видом палива (торфом чи вугіллям). Виходячи з хімічних характеристик деревини, в Швеції використовують суміші палив з вмістом *Salix spp* 20%.

Одним із вдалих і оригінальних прикладів використання *Salix spp* у Швеції є ТЕЦ компанії ENA Energy в містечку Енчопінг (Enköping). Ця станція генерує 23 МВт електроенергії і 55 МВт тепла, щорічно надаючи споживачам 100 ГВт/год електрики і 250 ГВт/год тепла. При цьому шведи створили вдалий симбіоз бази енергетичної сировини та очищення комунальних стічних вод. Комунальне підприємство Енчопінгу здійснює очищення стічних вод від осаду, фільтрує і витягує іони важких металів шляхом пропуску води, що містить також велику кількість азотних сполук, через іригаційну систему з 80-ти гектарною посадкою *Salix spp*. В такий спосіб вирішуються два завдання: забезпечення ТЕЦ необхідною кількістю палива і біологічне очищення близько 200 000 м<sup>3</sup> стічних вод.

Перевагами даної концепції ТЕЦ в Енчопінгу є:

- використання місцевих енергетичних ресурсів – коротка відстань доставки і низькі витрати на транспортування палива;
- використання відходів переробки стічних вод в якості добрив на плантації *Salix spp* – скорочення витрат на застосування комерційних добрив і, водночас, мінімізація екологічних проблем;
- скорочення азотовмісних скидів у Балтійське море – мінімізація екологічних ризиків;
- економія коштів за рахунок відмови від будівництва установки з денітрифікації очищених стоків та відсутності витрат енергії для водоочищення;
- поліпшення структури і екології ґрунтів через ремедіацію *Salix spp*.

На підставі цього успішного шведського досвіду можна прогнозувати, що використання *Salix spp* у наших умовах дозволить скоротити витрати фрезерного торфу як палива для ТЕЦ, адже 1 т сухої енергетичної верби замінєє близько 2 т фрезерного торфу умовної вологості. ТЕЦ потужністю 10 МВт споживатиме впродовж години

$$M_n = \frac{3600 \cdot 10}{18,6 \cdot 0,9} = 2150 \text{ кг сухої } Salix \text{ spp.}$$

При тривалості роботи станції впродовж року 8000 год річна потреба у «зеленому паливі» складе понад 17,2 тис. т, що потребуватиме для її вирощування (при «шведській» врожайності 8-10 т/га) до 2150 га площ.

Логіка сезонності використання ТЕЦ в Україні підказує, що доцільно скомбінувати досвід Швеції та Фінляндії і застосувати його в наших умовах, де періоди

вегетації рослин триваліші, а врожайність вища, ніж у скандинавських країнах. Одночасна закладка плантацій RCG і Salix spp у безпосередній близькості від місця розташування міні-ТЕЦ здатна продовжити терміни експлуатації торфових родовищ, скоротити необхідну експлуатаційну площу торфовищ, ефективно використовувати вироблені площі для вирощування RCG і Salix spp.

Концепція будівництва ТЕЦ може складатися з таких етапів:

- вибору місця розташування станції (обумовлюється присутністю споживачів енергії та наявністю торфових родовищ і низькопродуктивних ділянок сільгоспугідь, що ефективно не використовуються);

- будівництво ТЕЦ і одночасна закладка ділянок RCG і Salix spp (з урахуванням того, що найвища продуктивність плантацій енергетичної сировини є циклічною, з максимумом кожних 2-3 роки).

У перші два роки ТЕЦ має працювати переважно на торфі, а на проектне використання рослинного біопалива вийде на третій рік роботи.

Що стосується земель для плантацій біоенергетичних культур, то тільки у Рівненській області не використовується близько 120 000 га орних земель. Важливо й те, що особливих вимог до якості ґрунту енергетичні культури не пред'являють, а навпаки, після завершення повного циклу відтворення (10-15 років для RCG і 25-30 років для Salix spp) структура ґрунтів поліпшується. Досвід тих самих скандинавських країн показує, що врожайність продовольчих культур на цих ділянках зростає.

Концептуально важливим є те, що стосується балансу парникових газів: CO<sub>2</sub>, що виділяється при спалюванні RCG, повністю поглинається в період росту рослини. З цієї причини RCG є CO<sub>2</sub>-нейтральним паливом і в країнах Скандинавії звільнено від сплати податку на викиди. Вирощування, збір, транспортування та переробка RCG на енергетичних об'єктах вимагає витрат невідновлюваної енергії у формі добрив і палива для машин. Проте, розрахунки показують, що ці енергетичні витрати на виробничий цикл складають лише 6-8% від енергії, що отримується від застосування RCG. Тому емісія парникових газів (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O) є незначною у порівнянні з енергією, що одержується.

У випадку ж з Salix spp поглинання CO<sub>2</sub> відбувається навіть більшою мірою, ніж його виділення при спалюванні за рахунок утилізації карбону в ґрунті у період осіннього листопаду.

**Економічні аспекти виробництва** біопалива виглядають наступним чином: вартість RCG від фінських фермерів становить 4-8 євро за Мвт/год. Шведські фермери реалізують чіпси Salix spp за 0,5-1,5 шведські крони (близько 5-15 євро-цента) за кг. При цьому аграрні субсидії в Фінляндії та Швеції на закладку ділянок RCG і Salix spp становлять 500-700 євро/га. Крім того, при поставках біопалива на ТЕС потужністю понад 20 МВт фермери можуть розраховувати на отримання від компаній-операторів коштів за рахунок реалізації гнучких механізмів Кіотського протоколу.

У теперішній ситуації, коли ціни на імпортований газ для України є чи не найвищими в Європі, реалізація енергетичних проектів з використанням місцевих ви-

дів палива та біоенергетичних культур виглядає дуже перспективно. Курс українського керівництва на скорочення закупівель російського газу (до 20 млрд м<sup>3</sup> на рік) може бути реалізований за рахунок саме таких проєктів. Але для того, щоб отримати результат у середньостроковій перспективі, починати їх треба вже зараз. Реальним джерелом коштів на реалізацію подібних проєктів можуть стати гроші від продажу українських квот на викиди парникових газів. Але на сьогодні Україна обмежена в цьому питанні. Але враховуючи, що світова спільнота не зацікавлена у погіршенні екологічної, а згодом соціально-економічної та політичної ситуації в нашій країні, що має спільні кордони з Євросоюзом і багатомільйонне населення, ці обмеження, скоріш за все, є тимчасовим явищем.

1. IDB.39/20. Организация Объединенных Наций по промышленному развитию. Совет по промышленному развитию. Тридцать девятая сессия. Вена, 22-24 июня 2011 г. Пункт 7 предварительной повестки дня. Деятельность ЮНИДО и мероприятия, связанные с энергетикой и окружающей средой. 6 с. 2. RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 23. April 2009. Amtsblatt der Europäischen Union. 5.6.2009. 3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р. 4. Лист Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 04.03.2011 р. № 07/15-521. 5. Географічна енциклопедія України: в 3-х т. / Редкол.: О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. – К. : Українська Радянська Енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1990. – Т. 2. – 480 с., С. 273. 6. Гнеушев В. А. Роль и потенциал торфяных ресурсов Украины // Уголь Украины. – 1998. – № 1. – С. 22-24. 7. Hnieushev V. Peat in the Ukraine: Reflections on the Threshold of a New Millennium // Peatlands International. – 2000. – № 1. – С. 54-57. 8. [www.encrop.net/getitem.asp](http://www.encrop.net/getitem.asp)

Рецензент: к.е.н., професор Кушнір Н.Б. (НУВГП)