

# СПІЛЬНЕ ФАКЕЛЬНЕ СПАЛЮВАННЯ ВУГІЛЛЯ ТА БІОМАСИ – РЕАЛЬНИЙ ШЛЯХ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВОМ ТА ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕС НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

## Необхідність проекту

В Україні склався гострий дефіцит вугілля марок А (антрацит) та П (пісне). Його поставки за останні роки скоротились майже в 3 рази. Як наслідок, виробництво електроенергії на ТЕС та ТЕЦ зменшилось більше ніж на 40%, чого замало для регулювання добового графіку енергоспоживання. При цьому можливості ГЕС обмежені природними факторами, а робота АЕС в режимі добового регулювання потребує впровадження нових або модернізації діючих систем та обладнання (утому числі ядерне паливо).

Аналіз викидів забруднюючих дисперсних частинок через димові труби українських ТЕС, виконаний Українським НДІ Екологічних проблем, відповідно до вимог Директиви 2008\50\ЕС та Директиви 2004\107\ЕС, демонструє, що значення екологічних ризиків, обумовлених летучою золою з урахуванням її дрібно дисперсного складу більше ніж у 30 разів перевищує екологічний ризик, обумовлений твердими частинками при класичному оцінюванні. Комбінований ризик за рахунок радіаційних і хімічних факторів впливу на здоров'я при виробництві однакової кількості електроенергії в 400 разів більше, ніж від роботи АЕС.

Найбільші світові банки віднесли інвестиції у вугільну галузь до заборонених операцій і, таким чином, ресурс роботи ТЕС без їх екологізації обмежений 20-40 тис. годинами роботи.

При спалюванні біомаси в котлах виділяється в 20 разів менше парникових газів, ніж при їх природному гнитті. Таким чином технологія спільного спалювання знімає «Дамоклів меч» з теплової енергетики.

Енергетична стратегія України до 2035 року, розроблена з урахуванням світового досвіду та Директив ЄС, передбачає широке впровадження відновлювальних джерел енергії, когенерації та тригенерації.

## Світовий досвід

Незважаючи на швидкі темпи розвитку сонячної та вітроенергетики, в останні роки в світі вироблялось більше електроенергії та тепла за технологіями спільного спалювання вугілля та біомаси, ніж на сонячних та вітрових електростанціях. Наприклад для Великобританії, впровадження відновлювальних джерел енергії призвело до припинення імпорту електроенергії в Англію із Франції.

За інформацією Світового енергетичного агентства станом на 2016 рік частки виробництва електроенергії та тепла в світі становили: біопаливо - 19,4%; гідроенергетика - 16,3%; ядерне паливо - 10,8%; вітер - 3,4%; сонце - 1%; вугілля - 65%.

При використанні біомаси у великих спалювальних установках ТЕС та ТЕЦ в умовах більш високих температур і, відповідно коефіцієнту корисної дії, отримується в 2-3 рази більше корисної енергії нарівні

**Н.І. Дунаєвська**, Директор ДУ

«Інститут вугільних

енерготехнологій» НАН України»,

**О.Ю. Зенюк**, виконавчий директор

Громадська організація «Асоціація

«СІГРЕ Україна»

**М.В. Коломійченко**, Президент

Українського пелетного союзу,

**М.П. Михайлов**, Начальник

управління ДП «НЕК «Укренерго»,

**Є.С. Мірошниченко**, Головний

технолог проекту,

**П.П. Кравець**, Директор

Трипільської ТЕС,

**Ю.Г. Кирилов**, Голова

спостережної ради «Pellet-Energy»,

**О.А. Дь'ячук**, ст. наук. співробітник

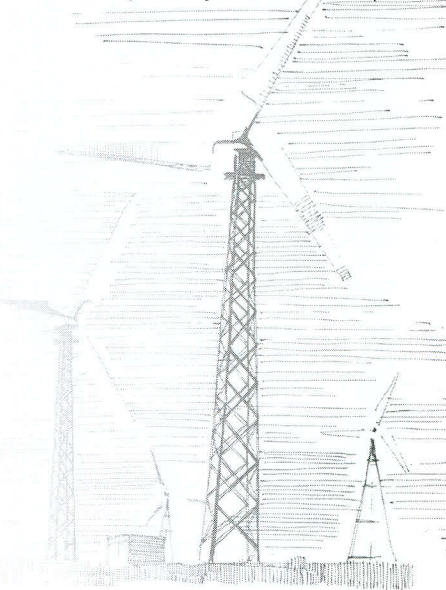
ДУ «Інститут економіки і

прогнозування» НАН України,

**Р.З. Подолець**, зав. відділом ДУ

«Інститут економіки і

прогнозування» НАН України.



кількість біомаси, ніж в установках малої потужності.

Вартість впровадження технологій спільного факельного спалювання є на порядок меншою, ніж спорудження нових енергоблоків ТЕС та ТЕЦ і співвідносна з вартістю подовження терміну експлуатації АЕС.

### Досвід України

Для України технологія спільного факельного спалювання адаптується, її запровадження дасть можливість навіть при сьогоднішньому рівні споживання замінити до 3 млн. тонн вугілля біомасою, щорічні відновлювальні ресурси якої становлять 30 млн. тонн і використовуються лише на 15%. За результатами стендових досліджень, виконаних в Інституті вугільних енерготехнологій НАН України, започаткованих грантом НАТО та Пітсбурзьким центром енергетичних досліджень, біомаса краще, ніж природний газ, підтримує горіння навіть низькоякісного вугілля, що дозволяє забезпечити більш повну конверсію вуглецю з вугілля і значно покращити екологічні показники роботи енергоблоків ТЕС.

Технічно досяжний потенціал виробництва твердого біопалива в Україні складає 30 млн. тонн, що є еквівалентом 15 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.

На території України накопичилось понад 25 млрд. тонн промислових відходів і 10 млрд. тонн побутових. Щорічне поповнення становить 50 млн.тонн, при цьому розвідані запаси вугілля в Україні становлять 50 млрд. тонн.

### Технічні чинники вибору проекту

Проведені протягом 2015-2016 рр. наради на Трипільській ТЕС, Дарницькій ТЕЦ та презентація проекту на нараді директорів ТЕС та ТЕЦ на Київській ТЕЦ-5 показали, що найбільш підготовленим до практичної реалізації виявився проект спільного спалювання вугілля та біомаси (згідно SWOT аналізу), через:

- наявність значного світового досвіду по заміщенню 10-20% вугілля твердою біомасою в енергетичних котлах;
- наявність в Україні досвіду спільного факельного спалювання до 10% біомаси з вугіллям, відповідних проектних та технологічних рішень, які показують, що тверда біомаса підтримує горіння антраци-ту краще, ніж природний газ;
- діючі в Україні котли, як правило, допускають використання природного газу в якості підсвітлювача в обсязі до 10% в балансі, тому використання біомаси, яка підтримує горіння в котлах не гірше природного газу, не повинно призвести до суттєвої модернізації самих котлів.

### Техніко-економічні чинники вибору проекту

- Наявність в Україні біомаси необхідної кількості і відповідної якості;
- Наявність ефективних логістичних схем;
- Витрати на реалізацію проекту на порядок менші, ніж будівництво нових сучасних енергоблоків (\$200- 400/кВт). Це співвідносно із вартістю про-

Таблиця 1

Техніко-економічні показники пілотних проектів спільного спалювання вугілля та біомаси

| Трипільська ТЕС  | Дарницька ТЕЦ   | Калуська ТЕЦ   |
|--|---|--|
| котел ТПП 210А   | котел ТП15  | котел ТП-87  |
| потужність 300МВт  | потужність 50 МВт   | потужність 2x50МВт   |
|  | пар 220тонн/год   | пар 420тонн/год  |
| вартість пілотного проекту 25 млн.грн  | вартість пілотного проекту 22 млн.грн   | вартість пілотного Проекту 21 млн.грн  |
| вартість модернізації енергоблоку 270 млн.грн. термін реалізації 12 міс.                                     | вартість модернізації котлоагрегату 22 млн.грн. термін реалізації 12 міс.                                 | вартість модернізації котлоагрегату 21 млн.грн. термін реалізації 14міс.                                   |
| річний об'єм біомаси на першому етапі 100 тис.тонн термін окупності із зеленим /без зеленого тарифу 1/3 роки | річний об'єм біомаси на першому етапі 30 тис.тонн термін окупності із зеленим/без зеленого тарифу 1/3роки | річний об'єм біомаси на першому етапі 50 тис.тонн термін окупності із зеленим/без зеленого тарифу 1/3 роки |

ектів з підвищення потужності і коефіцієнту її використання на АЕС (\$260/кВт);

• Термін окупності проекту при наявності зеленого тарифу складає близько одного року, без нього – 3 роки.

### Кроки реалізації проекту

Про результати робіт поінформовано Прем'єр-міністра України, на виконання його доручення від 26.10.2016 № 39015/1/1-16:

• 10 листопада 2016 проведено НТР Міненерговугілля із залученням представників відповідних центральних органів виконавчої влади, пунктом 3 Протоколу підтримано проект спільного спалювання на Трипільській ТЕС, а пунктом 4 запропоновано визначити другий демонстраційний проект в котлоагрегатах ТЕЦ;

• У фінансовому плані ПАТ «Центроенерго», затвердженому розпорядженням Кабінету Міністрів від 1 березня 2017 року №128 - р, передбачені кошти на проведення першочергових робіт по впровадженню спільного факельного спалювання вугілля та твердого біопалива на Трипільській ТЕС;

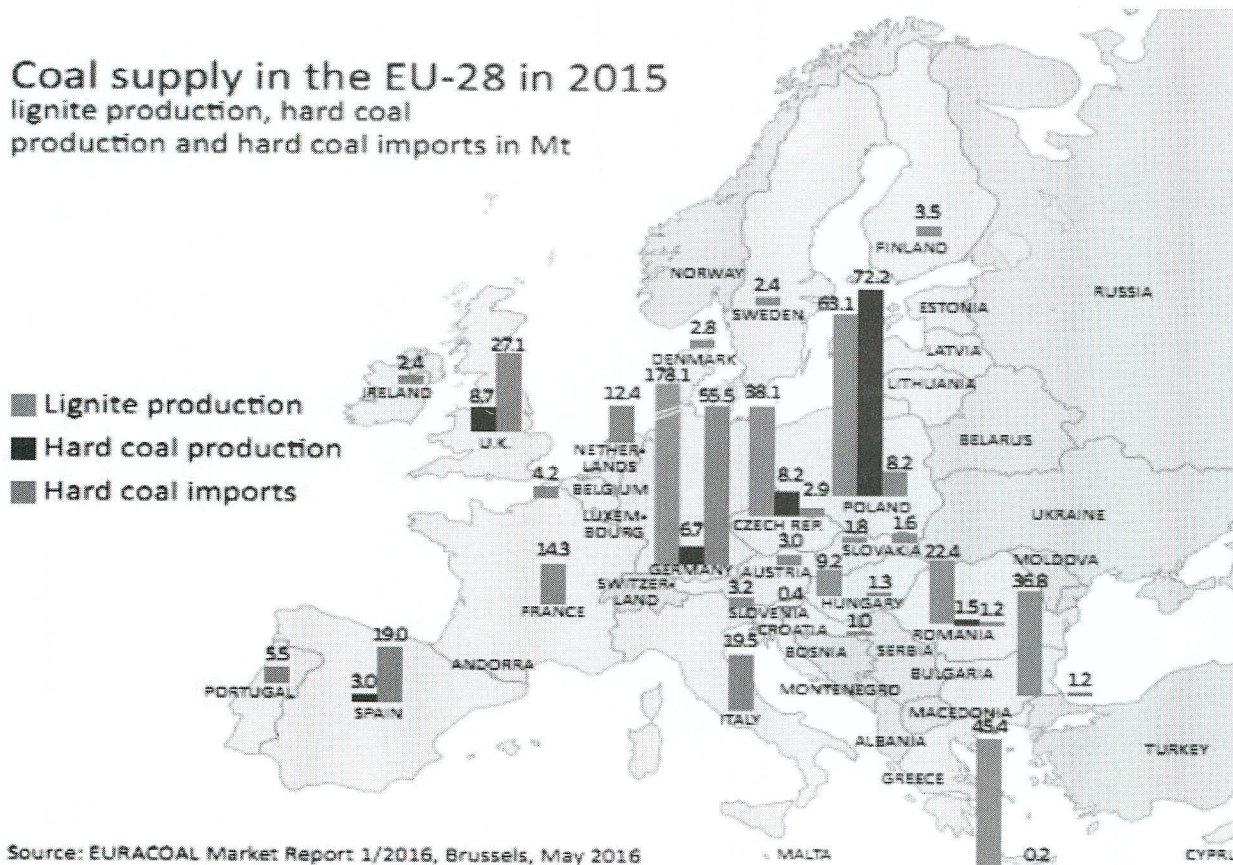
• Протоколом НТР Міненерговугілля від 25 квітня 2017 року погоджено ТЗ до НДР «Передпроектні проробки пілотного проекту спільного спалювання антрациту та твердого біопалива на котлах ТПП-210А Трипільської ТЕС».

• Між Трипільською ТЕС та ПАТ «Центроенерго» та переможцем тендеру – Інститутом вугільних енерготехнологій НАН України – укладено договір на «Передпроектні проробки пілотного проекту спільного спалювання антрациту та твердого біопалива на котлах ТПП-210А Трипільської ТЕС»;

• Вартість впровадження пілотного проекту по заміщенню до 10% вугілля твердим біопаливом на енергоблоці Трипільської ТЕС потужністю 300 МВт оцінюється у 25млн. грн. (повна вартість з урахуванням розвитку інфраструктури – 270 млн. грн.), термін впровадження та окупності технології не перевищує 1 рік при наявності «зеленого тарифу» і 3 роки без нього;

• За умови ритмічного фінансування, впровадження пілотного проекту на Трипільській ТЕС можна здійснити у 2018 році .

### Додаток. 1. Споживання вугілля в 2015 р. в EU-28.

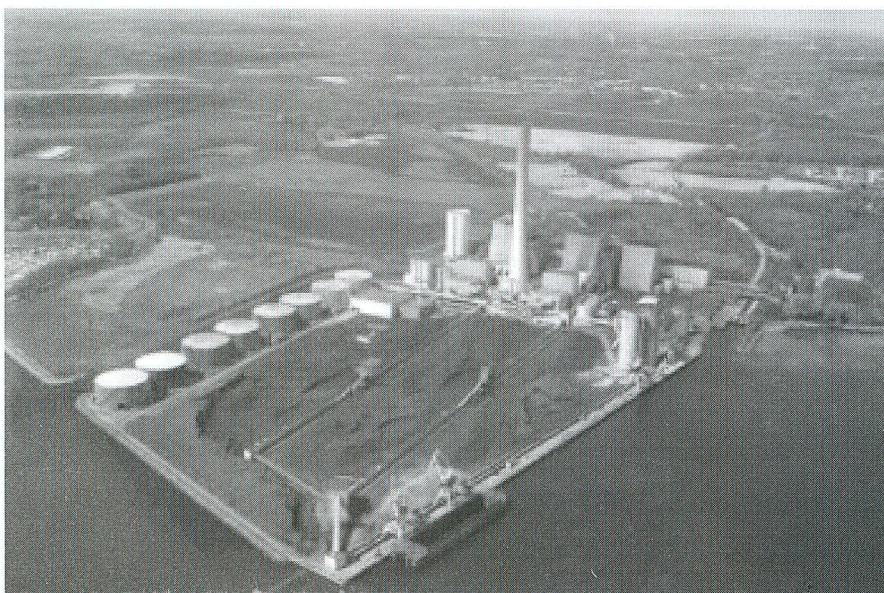


**Додаток 2.** ТЕС США та Європейського співтовариства, на яких використовуються технології спільного спалювання біомаси та вугілля (ССБВ).



Сьогодні у світі нараховується 245 котлоагрегатів, що спільно спалюють вугілля з біомасою, з них пиловугільних – 105. Найбільшого розповсюдження технологія спільного факельного спалювання отримала в США, Великобританії, Фінляндії (29, 19 і 10 котлоагрегатів відповідно).

**Додаток 3.** ТЕС «STUDSTRUP», Данія



Встановлена потужність:  
350 МВтел,  $p=240$  бар,  
 $t=540$  °С

Котел (3 і 4 блоки): прямоточний, 824МВтт, 24 пальники в два яруси.

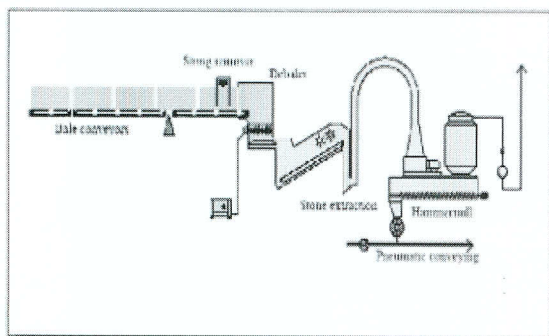
Основне паливо: бітумінозне вугілля.

Допоміжне паливо: солома та пелети деревини (140 тис. т соломи/рік).

Система підготовки біомаси: чотири лінії сумарною продуктивністю 20 т/год

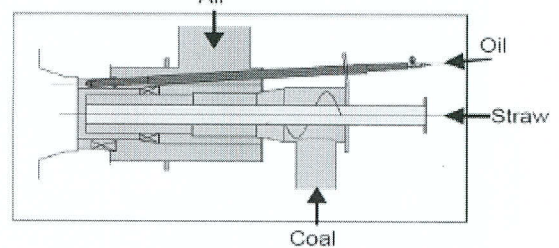
| Характеристика   | Вугілля 1 | Вугілля 2 | Солома |
|--|-----------|-----------|--------|
| Вологість W, %   | 10.5      | 11.4      | 12.4   |
| Зольність A <sup>d</sup> , %                           | 13.8      | 8.6       | 6.8    |
| Теплота згорання, Q <sub>г</sub> <sup>r</sup> , МДж/кг | 23.9      | 25.6      | 17.1   |
| Сірка S <sup>d</sup> , %                               | 1.01      | 2.2       | 0.12   |
| Хлор Cl <sup>d</sup> , %                               | 0.023     | 0.25      | 0.55   |
| Азот N <sup>d</sup> , %                                | 1.48      | 1.5       | 0.58   |
| Калій K <sup>d</sup> , %                               | 0.06      | 0.07      | 1.5    |
| Натрій Na <sup>d</sup> , %                             | 0.018     |           | 0.02   |
| Вуглець C <sup>d</sup> , %                             | 68.5      | 64.2      | 46.1   |
| Водень H <sup>d</sup> , %                              | 4.2       | 4.4       | 6      |

Схема подавання соломи



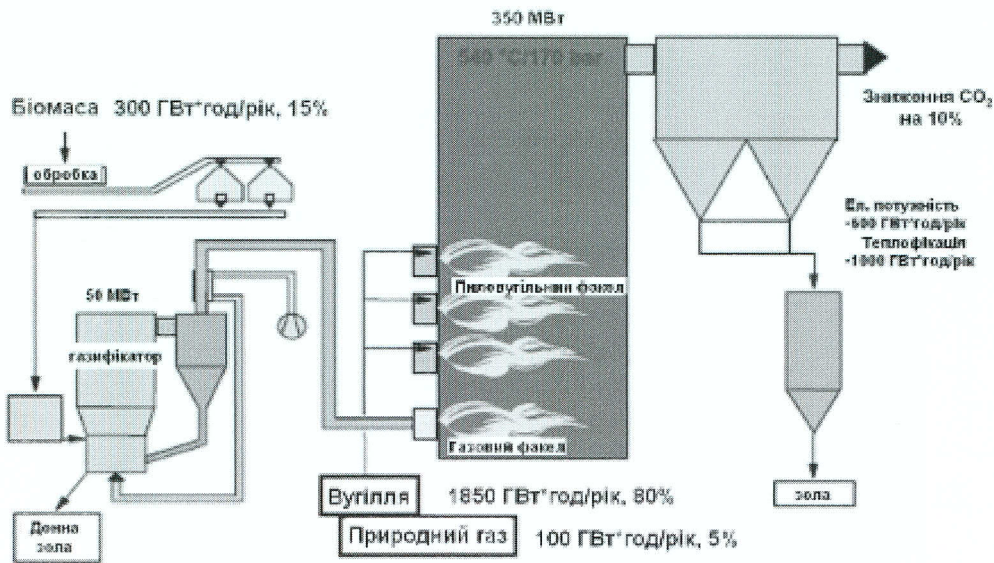
Пальник для сумісного спалювання

Straw / coal / oil burner

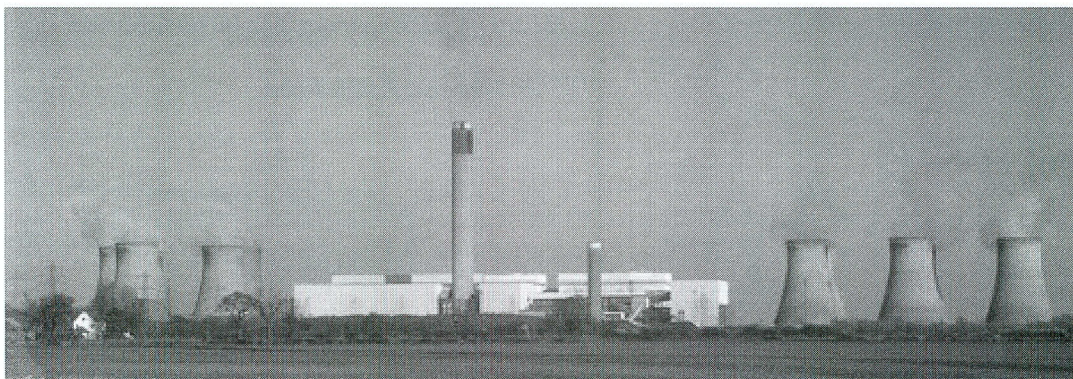


Додаток 4. ТЕС Куміярві, Lahti, Фінляндія Газифікатор RDF та пилувугільний котел

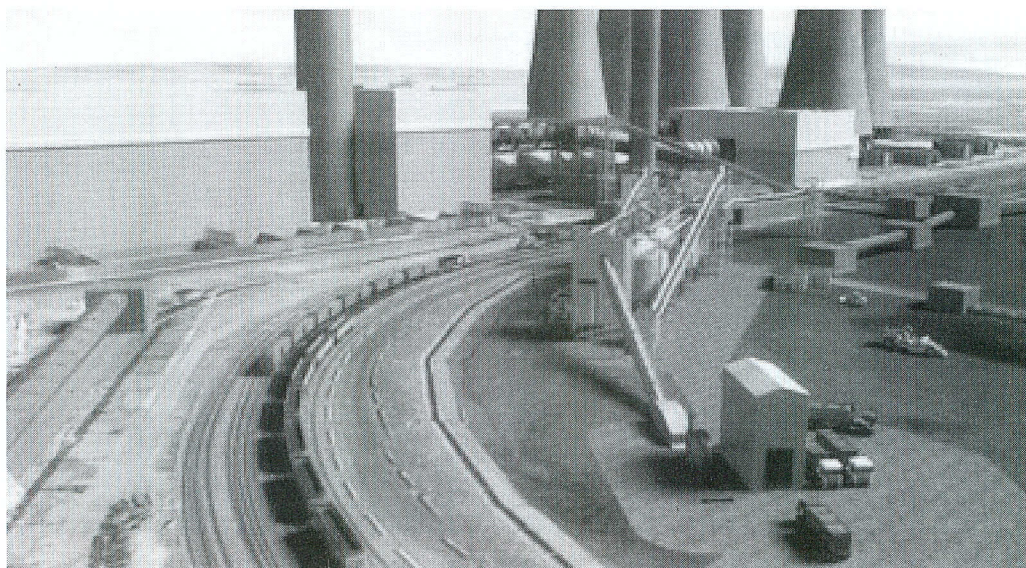




Drax Power Station, Англія



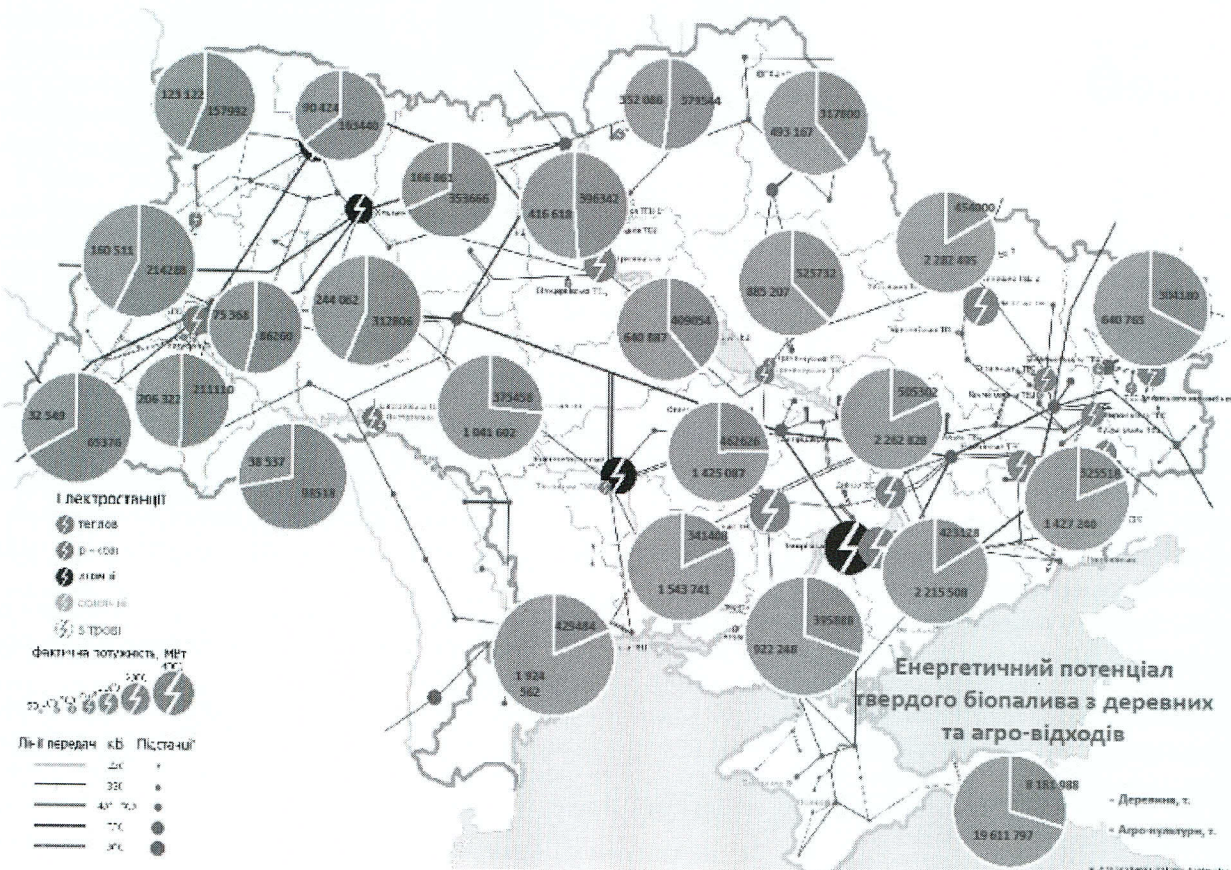
Спалюється лушпиння соняшника, кістки олив, деревина та агропелета, лушпиння арахісу та інше. Частка біомаси постійно розширюється - до 20-30%. Біомаса подається безпосередньо в котел, оминаючи вугільні млини.

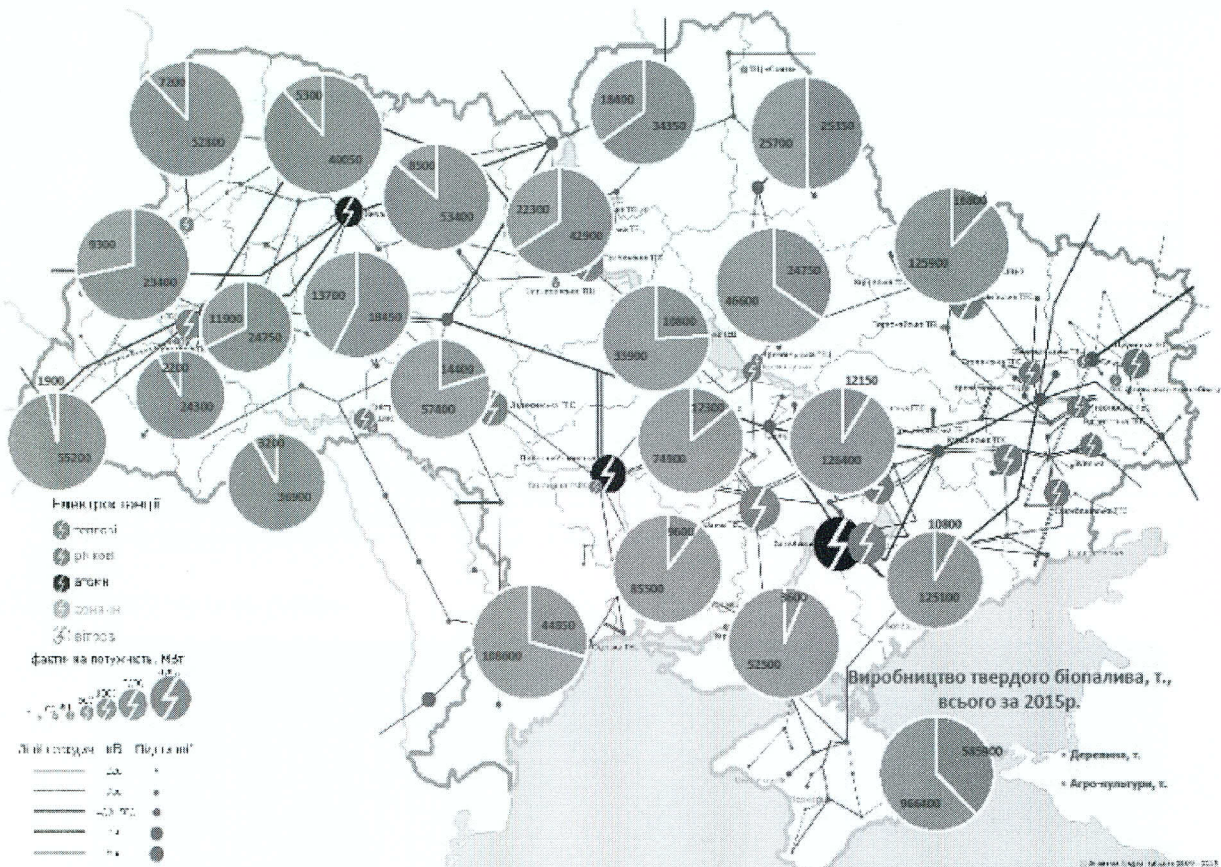


8 % енергії Об'єднаного Королівства. 3960 МВт=64660 МВт. 36 000 тон вугілля в день, 9 млн. тон на рік. 22 800 000 тон CO<sub>2</sub> на рік.

**Додаток 5.** Виробництво твердого біопалива в Україні

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Технічно досяжний потенціал  | 30 млн. тонн на рік       |
| Виробничі потужності існуючих підприємств дозволяють виробляти близько | 8 -9 млн. тонн на рік     |
| Експорт твердого біопалива складає близько                             | 2, 2 млн. тонн на рік     |
| Споживання на внутрішньому ринку складає близько                       | 3 млн. тонн на рік        |
| Дефіцит твердого біопалива в ЄС складає                                | 3,5- 4,8 млн. тонн на рік |
| Середня ціна на тверде біопаливо в ЄС складає                          | 154 євро/тонна            |
| Середня ціна в Україні складає   | 1400 грн/тонна            |





## ВИСНОВКИ

1. Модернізація вітчизняних енергоблоків ТЕС та ТЕЦ під спільне факельне спалювання вугілля та біомаси є дешевшою за спорудження нових енергоблоків. Технологія спільного спалювання забезпечить функціонування теплової генерації в умовах глобальних інтеграційних процесів до прийняття рішень щодо впровадження більш ефективних енергоблоків з газифікацією вугілля, котлів з циркулюючим киплячим шаром, спалюванням твердих побутових відходів, водовугільного палива, безмембранних паливних комірок, використання різних схем транспорту тепла з урахуванням зменшення ексергетичних втрат (гаряча вода, пара, холодний аміак, фторид літію, електроенергія);

2. В Україні сучасна кон'юнктура цін на вугілля та біомасу (з урахуванням їх калорійності та впливу на навколишнє природне середовище) демонструє ефективність реалізації проектів спільного факельного спалювання вугілля та біомаси навіть без впровадження «зеленого тарифу»;

3. Відновлювальні запаси біомаси в Україні складають близько 30 млн. тонн, що енергетично еквівалентно 15 млрд. куб. метрів природного газу. Зараз цей потенціал використовується на 15%. Вартість проектів модернізації під спільне факельне спалювання вугілля та біомаси для ТЕС та ТЕЦ України оцінюється в 2 млрд. грн. Його реалізація дозволить зарік замістити 2-3 млн. тонн вугілля.