



**Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні**



## **ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК**

**з використання біомаси як палива  
в муніципальному секторі України**

**(для представників державних установ та громадських організацій, що працюють у сфері екології)**

**Керівник проекту:**

Володимир Лященко

**Розробник:**

Громадська організація "Агентство з відновлюваної енергетики"

**Авторський колектив:**

Георгій Гелетуха, Юрій Матвєєв, Євген Олійник, Денис Куций

**Подяка за корисні поради та рецензування:**

Тетяна Желєзна, Віктор Клименко, Олександр Ігнатенко,  
Наталія Ольшанська, Ольга Рябуха

Публікацію "Практичний посібник з використання біомаси як палива в муніципальному секторі України (для представників державних установ та громадських організацій, що працюють у сфері екології)" підготовлено на замовлення проекту Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй та Глобального Екологічного Фонду "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні".

Думки, висловлені в цій публікації, належать авторському колективу і не обов'язково відображають думку Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй.

Хоча необхідні заходи щодо змісту цього видання було вжито, Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй не відповідає за точність, повноту змісту і за будь-які збитки чи шкоду, які можуть статися, прямо або опосередковано, через використання цієї публікації.



Усі права захищено. Це видання може бути відтворено повністю або частково в будь-якій формі для освітніх або некомерційних цілей без спеціального дозволу власника авторських прав за умови посилання на джерело. Не допустиме використання цього видання для цілей перепродажу чи для будь-яких інших комерційних цілей без попередньої письмової згоди від ПРООН та ГЕФ. Авторські права © Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй, 2017 р.

[www.ua.undp.org](http://www.ua.undp.org), [www.bioenergy.in.ua](http://www.bioenergy.in.ua)

---

## ЗМІСТ

Вступ	8
Значення біомаси для довкілля	8
Глобальні екологічні тенденції і роль біомаси	10
Внесок енергетичних стратегій та біомаси у зменшення викидів парникових газів в світі	12
Плани та перспективи використання біомаси в Україні. Вплив біоенергетики на зменшення викидів парникових газів	15
Вплив енергетичного використання біомаси на довкілля	18
Огляд існуючого екологічного законодавства України	24
Технічне забезпечення екологічних вимог енергетичного використання біомаси в Україні	36
Вартісна оцінка системи очистки продуктів згорання біомаси	43
Кращі приклади використання систем очистки продуктів згорання біомаси в комунальному секторі в Україні	44
Додаток 1. Перелік виробників газоочисного обладнання	50
Додаток 2. Номенклатура та технічні характеристики циклонів	52

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЗОС	Агентство захисту оточуючого середовища;
БАУ	Біоенергетична асоціація України;
ВДЕ	відновлювані джерела енергії;
ГДК	граничнодопустима концентрація;
ГНПД	газ непрямої парникової дії;
ГППД	газ прямої парникової дії;
ЄС	Європейський Союз;
МЕА	Міжнародне енергетичне агентство
ККД	коефіцієнт корисної дії;
КМУ	Кабінет Міністрів України;
КУпАП	Кодекс України про адміністративні правопорушення;
НМЛОС	неметанові леткі органічні сполуки;
НПДВЕ	Національний план дії з відновлюваної енергетики;
ОВНС	оцінка впливу на навколишнє середовище;
ОЕСР	Організація економічного співробітництва і розвитку;
ООН	Організація Об'єднаних Націй;
ПАВ	поліциклічні ароматичні вуглеводні;
ПГ	парникові гази;
ПКУ	Податковий кодекс України;
ПХД/ПХО	поліхлоровані діоксини та фурани;
СЗЗ	санітарно-захисна зона;
ТЕС	теплоелектростанція;
ТЕЦ	теплоелектроцентрально.

## ВСТУП

Збереження навколишнього природного середовища та зменшення викидів парникових газів є ключовими проблемами світової спільноти. Для вирішення цих проблем за останнє десятиліття було прийнято ряд міждержавних документів та кліматичних угод, які закріпили за Україною екологічні зобов'язання та цілі щодо скорочення викидів парникових газів.

Як відповідальна держава, Україна взяла на себе ці зобов'язання та запропонувала свій офіційний шлях до досягнення поставлених цілей. Ключовим елементом успіху на цьому шляху є нарощування потужностей відновлюваної енергетики, зокрема широке залучення сільськогосподарської біомаси для виробництва теплової енергії та забезпечення гарячого водопостачання. Цьому активно сприяє проект ПРООН "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні", який розпочав діяльність у листопаді 2014 року. Підготовлений посібник розкриває основні засади, законодавчі стимули та технічні рішення щодо екологічно безпечного використання біомаси та досягнення цілей зі скорочення викидів парникових газів.

## ЗНАЧЕННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

З екологічної точки зору біомасою є сполуки на основі вуглецю (органічні сполуки), які утворилися під дією сонячного випромінювання у процесі фотосинтезу, що є природним варіантом перетворення сонячної енергії. Під час спалювання біомаси вуглець взаємодіє з атмосферним киснем, утворюючи діоксид вуглецю та воду. Цей процес є циклічним, тому що діоксид вуглецю, що виділився при спалюванні, може знову брати участь у виробництві нової біомаси в процесі фотосинтезу. Отже, енергетичне використання біомаси практично не призводить до накопичення парникових газів (ПГ) в атмосфері.

Однак біомаса не є цілком вуглецево-нейтральною, оскільки повний цикл її виробництва та підготовки до використання може бути пов'язаний з витратами енергії та викидами ПГ. Питомі викиди ПГ від різних видів біомаси, а також викиди від викопних палив для основних секторів економіки, наведені на рисунку 1.

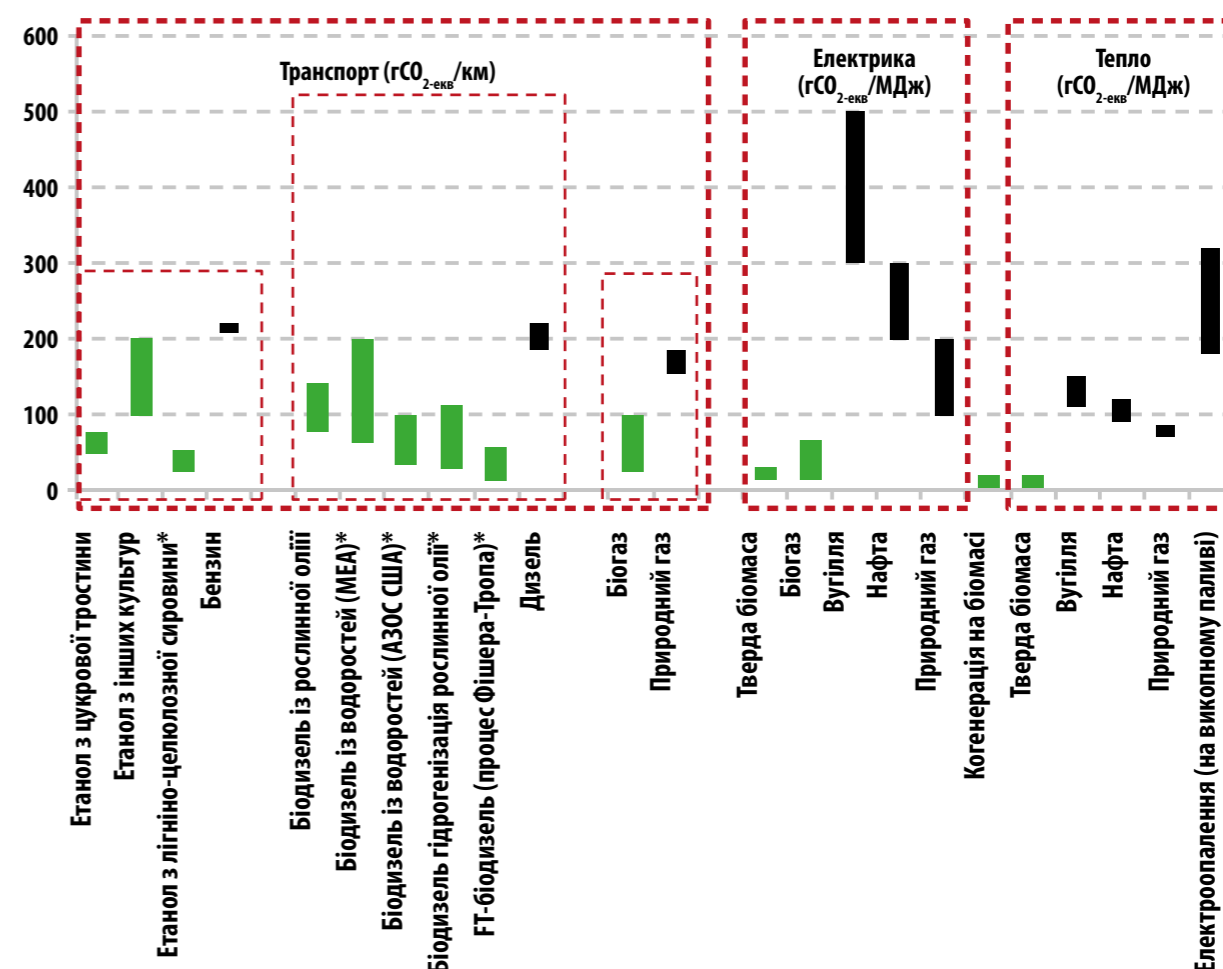


Рисунок 1 – Питомі викиди парникових газів на одиницю (км для транспорту або МДж для виробництва електроенергії та/або тепла). Біомаса – зелений колір, викопні види палива – чорний<sup>1</sup>

Примітка: \* – дані експериментальних та демонстраційних технологій.

Видно, що питомі викиди ПГ від спалювання біомаси значно нижчі порівняно з викидами від викопного палива (вугілля, нафти та природного газу). Особливо помітна різниця у викидах під час виробництва тепла та електроенергії.

Наведені дані не враховують можливі викиди ПГ, пов'язані зі зміною землекористування. Додаткові викиди ПГ можуть виникати у випадку спалювання біомаси на полях, або у разі зміни інтенсивності використання добрив і пов'язаної з цим емісії N<sub>2</sub>O.

Необхідно пам'ятати, що крім викидів парникових газів у повітря, енергетичне використання біомаси може спричиняти забруднення водойм та ґрунтів як результат розповсюдження забруднюючих речовин та відходів, що утворилися в процесі спалювання біомаси.

<sup>1</sup> Bioenergy, LandUse, Changeand Climate Change Mitigation / IEA Bioenergy. – 2010. – 20 p. <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Bioenergy-Land-Use-Change-and-Climate-Change-Mitigation-Background-Technical-Report.pdf>

## ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ І РОЛЬ БІОМАСИ

З ростом індустріального виробництва в світі продовжується ріст споживання енергії, яка необхідна для виробництва все більшої кількості товарів та продуктів. Як наслідок, відбувається інтенсивне вичерпання запасів викопних видів палива та зростання викидів ПГ, які за оцінками експертів можуть призвести до зростання глобальної температури на 6 °C протягом наступного століття.

За останні 40 років світове споживання енергії подвоїлось (рисунок 2). При цьому значний ріст споживання енергії припадає на країни, що розвиваються та не входять до міжнародної Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР). Такі тенденції призвели до збільшення викидів ПГ, які асоціюються з виробництвом енергії і в загальному балансі складають дві третини від усіх світових викидів ПГ (див. рисунок 2).

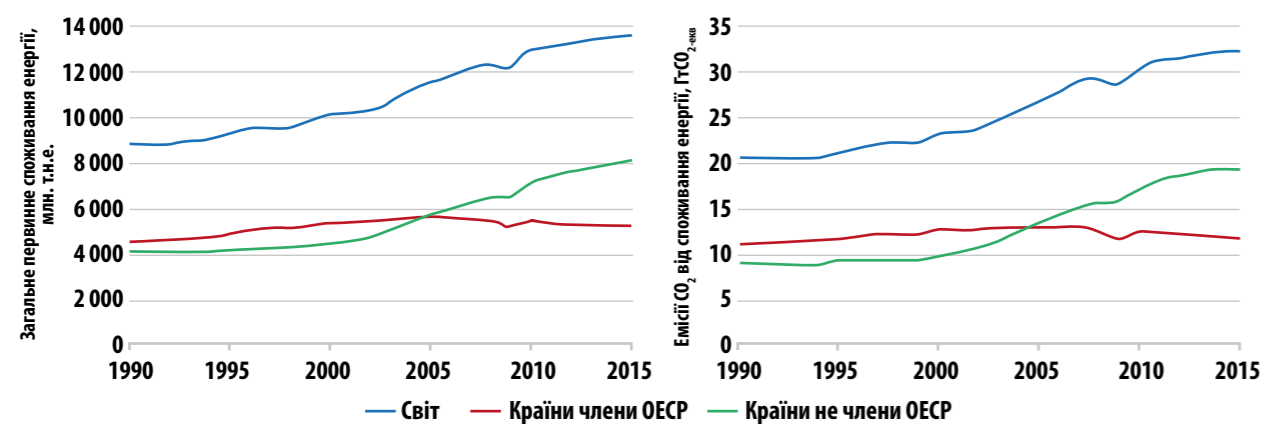


Рисунок 2 – Загальне первинне споживання енергії та емісія CO<sub>2</sub>, що з ним асоціюється<sup>2</sup>

Для запобігання цьому в 1997 році було прийнято Кіотський протокол, до якого (станом на листопад 2009 р.) приєдналися 192 країни, відповідальні за 64% викидів ПГ у світі. Незважаючи на зусилля багатьох країн з реалізації Кіотського протоколу, їх було недостатньо для запобігання глобальній зміні клімату, оскільки викиди ПГ продовжують зростати.

В таких умовах потрібні принципово нові сценарії розвитку енергетики, які були представлені Міжнародним енергетичним агентством (МЕА) в 2012 році<sup>3</sup>. МЕА запропонувало три сценарії розвитку подій, які базуються на ймовірних масштабах розвитку перспективних кліматичних технологій, що приводять до скорочення викидів ПГ та пов'язані з виробництвом енергії.

Перший сценарій, який називається 6 °C (6DS), передбачає звичайний розвиток подій, який призведе до подвоєння споживання енергії та відповідного збільшення викидів ПГ (рисунок 3). Другий сценарій, який отримав назву 4 °C (4DS), передбачає переважно розвиток енергоефективних

технологій, який приведе до скорочення споживання енергії. Як результат цього, викиди ПГ від споживання енергії повинні зрости не більше ніж на 27% порівняно з 2009 роком, а загальне зростання температури на Землі не повинно перевищити 4 °C. Третій сценарій, який називається 2 °C (2DS), передбачає переважно трансформацію споживання енергії та інтенсивний розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що має привести до майже подвійного скорочення викидів ПГ від рівня 2009 року.

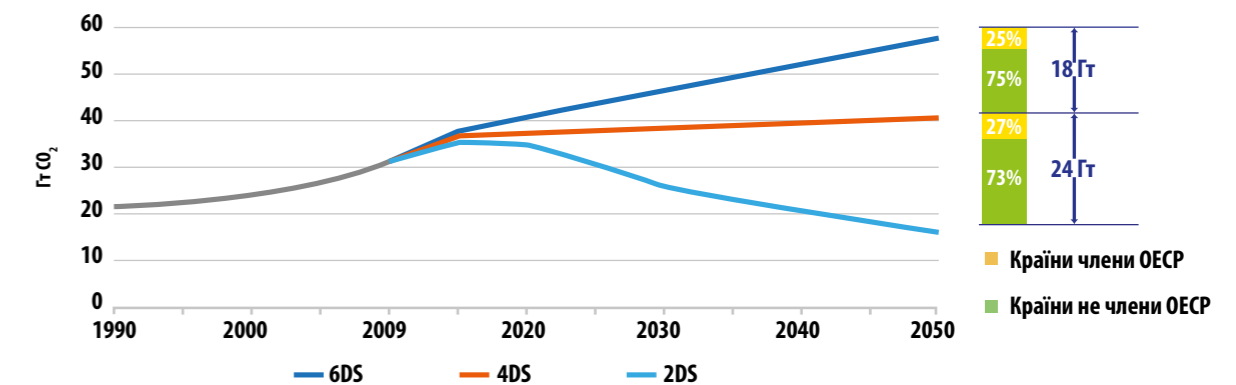


Рисунок 3 – Шляхи скорочення емісії CO<sub>2</sub> за сценаріями MEA<sup>3</sup>

Очевидно, що третій сценарій реалізувати складніше всього. Однак він єдиний дозволяє стримати ріст глобальної температури на рівні 2° C та досягти кількості викидів ПГ, які не перевищують викиди 1990 року. Консервативну версію цього сценарію, що узгоджується зі світовою енергетичною політикою, було прийнято як основну ціль Паризької кліматичної угоди, що укладена шляхом консенсусу 195 країнами – Сторонами Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату у грудні 2015 року та з 2020 року має замінити Кіотський протокол. Головною відмінністю Паризької угоди від прогнозів МЕА є ціль утримання зростання середньої світової температури значно нижче 2 °C від доіндустріальних рівнів та спрямування зусиль на обмеження зростання температури до 1,5 °C від доіндустріальних рівнів, оскільки це значно зменшить ризики зміни клімату та впливи на них. Станом на серпень 2017 року Паризьку кліматичну угоду ратифікували 160 країн світу, включаючи Україну та Європейський Союз (ЄС).

Для досягнення поставленої цілі передбачається інтенсивне реформування всіх секторів світової економіки, зокрема тих, що пов'язані зі споживанням енергії (рисунок 4). При цьому основні скорочення емісії ПГ досягатимуться за рахунок переходу на використання відновлюваних джерел енергії, які в загальному світовому балансі викидів ПГ повинні досягти частки 29%. З них частка біомаси, за прогнозами МЕА, повинна становити не менше 60% (див. рисунок 4).

2 International Energy Agency statistic. <http://www.iea.org/statistics/>

3 Energy Technology Perspectives 2012 / International Energy Agency. – Paris: 2011. – 686 p. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ETP2012\\_free.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ETP2012_free.pdf)

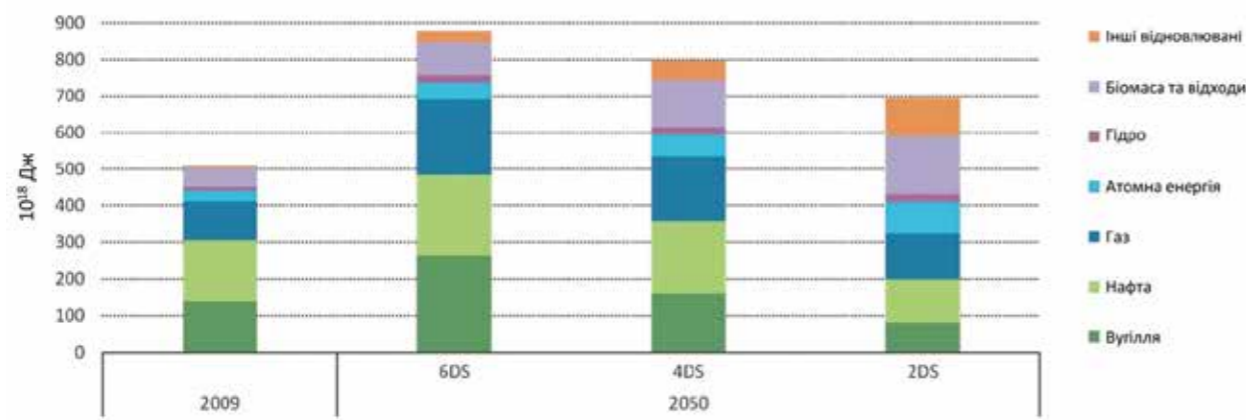


Рисунок 4 – Структура загального первинного постачання енергії за сценаріями MEA<sup>3</sup>

## ВНЕСОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ ТА БІОМАСИ У ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У СВІТІ

Найбільш близьким до виконання цілей зі зменшення викидів ПГ є ЄС, де станом на 2015 рік у кінцевому споживанні енергії частка ВДЕ становила 16,7%, зокрема біомаса – близько 10,6%. Разом з підвищенням енергоефективності це дозволило ЄС досягти скорочення викидів ПГ на 22% порівняно з 1990 роком.

Для того, щоб в подальшому дотримуватися сценарію зміни клімату 2DS, ще у 2011 році ЄС підтвердив свою офіційну мету щодо зниження емісії ПГ у 2050 році на 80-95% порівняно з показниками 1990 року (рисунок 5). Оскільки сектор енергетики є одним з основних джерел викидів ПГ в ЄС, то й головні резерви щодо зменшення цих викидів мають бути знайдені та реалізовані саме в ньому, де очікуване скорочення викидів має досягати від 93% до 99% у 2050 році<sup>4</sup>.

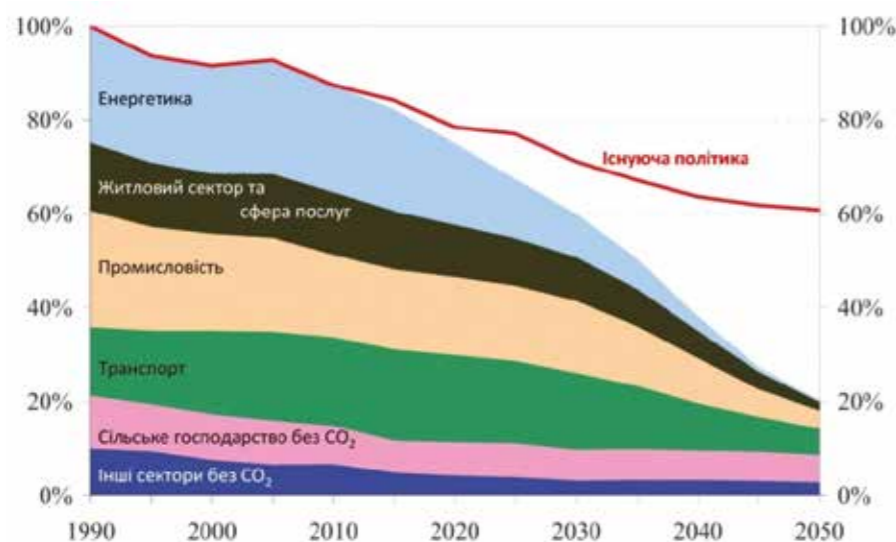


Рисунок 5 – Шляхи зниження емісії парникових газів до рівня 80% порівняно з 1990 роком (100% відповідає рівню емісії 1990 року)<sup>3</sup>

З огляду на це, Європейська Комісія розробила Дорожню Карту з енергетики до 2050 року<sup>5</sup>, в якій подано аналіз, як саме можна досягти поставленої цілі щодо зменшення емісії ПГ, забезпечуючи при цьому надійність та конкурентоспроможність систем енергопостачання.

В цій Карті розглянуто п'ять можливих сценаріїв досягнення поставленої цілі щодо скорочення викидів ПГ. При цьому у найбільш імовірних сценаріях "Енергоефективність" та "ВДЕ" саме за рахунок ВДЕ передбачається найбільший внесок у кінцеве енергоспоживання, частка якого має збільшитися, згідно із вказаними сценаріями, до 64% та 97% відповідно. Серед ВДЕ найбільший внесок буде давати біомаса, велику кількість якої планується використовувати для виробництва тепла та електроенергії, а також для виробництва палива у секторі транспорту.

У 2014 році Європейська Комісія також представила нову Рамкову стратегію ЄС щодо енергетичної політики та протидії змінам клімату до 2030 року, за якою країни-члени ЄС взяли на себе зобов'язання щодо зменшення на своїй території викидів парникових газів на 40% від рівня 1990 року, а також збільшення частки ВДЕ щонайменше до 27% у структурі загального енергоспоживання країн-членів ЄС, що значно перевищує поставлені раніше цілі, закріплені в Енергетичній стратегії ЄС до 2020 року.

Слідом за ЄС у 2014 році уряд США затвердив власну Всеосяжну енергетичну стратегію<sup>6</sup>, ключовим елементом якої є розвиток ВДЕ (в основному сонця, вітру, геотермальної енергії та біомаси) переважно в галузі виробництва електроенергії. Як результат цієї Стратегії, викиди ПГ на електростанціях США мають зменшитись на 32% до 2030 року, що досягатиметься за рахунок майже потрійного нарощування виробництва електроенергії з ВДЕ – до 20% у 2030 році.

Незважаючи на існуючу офіційну Стратегію США, окремі штати, наприклад Каліфорнія, мають своє бачення майбутнього розвитку регіону та планують перейти на 100% відновлюваної енергії. Досягти такого показника можливо за рахунок повної відмови від використання викопного палива та ядерної енергетики на користь ВДЕ. Зокрема планується нарощування нових потужностей відновлюваної енергетики, впровадження заходів з енергоефективності та перехід з технологій виробництва електроенергії, що використовують процеси горіння, на вітрову, гідро- та сонячну енергетику. Такий перехід, за прогнозами експертів, може дозволити Каліфорнії відмовитися від викопного палива вже у 2050 році (рисунок 6).

4 Communication from the commission 112. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009\\_2014/documents/com/com\\_com\(2011\)0112\\_com\\_com\(2011\)0112\\_en.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0112_com_com(2011)0112_en.pdf)

5 Communication from the commission 885. Energy Roadmap 2050. [http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/ia\\_carried\\_out/docs/ia\\_2011/sec\\_2011\\_1565\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/ia_carried_out/docs/ia_2011/sec_2011_1565_en.pdf)

6 The All-of-the-above Energy Strategy as a Path of Sustainable Economic Growth. – USA, 2014. – 42 p.

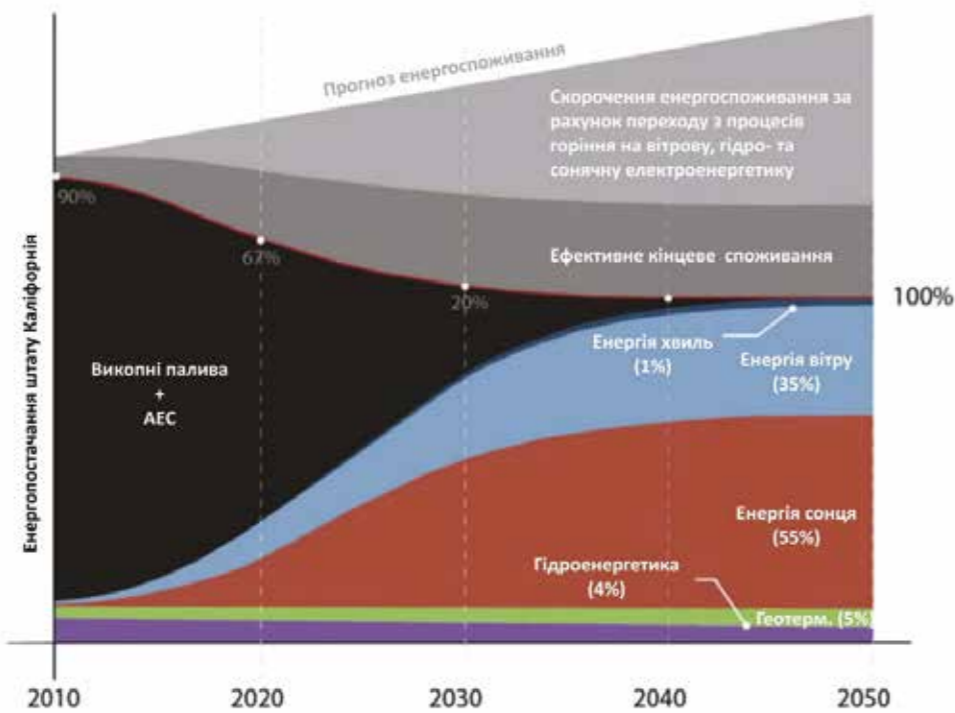


Рисунок 6 – Шляхи заміщення викопного палива за рахунок ВДЕ у Каліфорнії<sup>7</sup>

Найбільші викиди ПГ до сьогодні генеруються в Китаї, де відбувається досить інтенсивний розвиток сектора енергетики. Для вирішення проблеми викидів у цій країні МЕА зробило прогноз розвитку енергетики Китаю (рисунок 7), який враховує офіційні цілі, прийняті до середини 2014 року. Згідно цьому прогнозу в Китаї передбачається зміна структури виробництва електроенергії, яка приведе до скорочення питомих викидів ПГ більше ніж наполовину порівняно з 1990 роком. Досягатиметься ця зміна шляхом стриманого розвитку виробництва електроенергії на основі використання викопних палив та нарощування потужностей за рахунок інтенсивного впровадження ВДЕ.

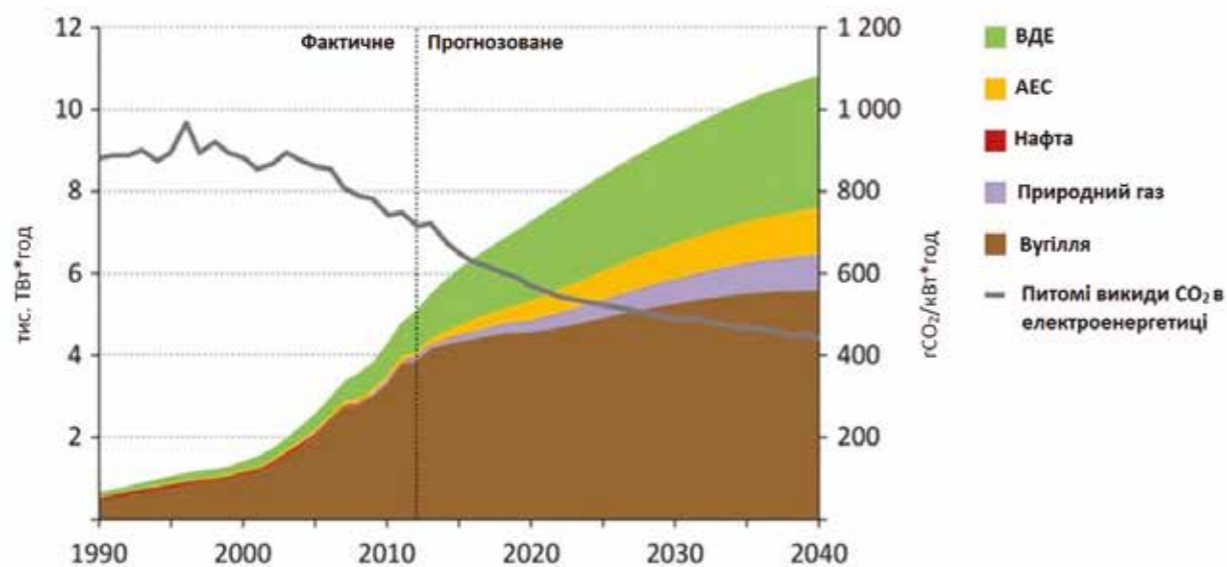


Рисунок 7 – Розвиток електрогенерації та скорочення викидів ПГ в Китаї до 2040 року

<sup>7</sup> Jacobson M.Z. California will run on 100 percent of clear energy by 2050. [https://motherboard.vice.com/en\\_us/article/ezvbn/california-will-run-on-100-percent-clean-energy-by-2050-stanford-professor-says](https://motherboard.vice.com/en_us/article/ezvbn/california-will-run-on-100-percent-clean-energy-by-2050-stanford-professor-says)

При цьому виробництво електроенергії з вугілля зростатиме в Китаї більше, ніж у будь-якій іншій країні світу, але частка вугілля в загальній структурі електрогенерації значно зменшиться: з 76% у 2012 р. до 52% у 2040 р. Країна послідовно сприятиме виробництву електроенергії з ВДЕ (з 3% у 2012 р. до 16% у 2040 р., крім гідроенергетики), з атомної енергії (з 2% у 2012 р. до 10% у 2040 р.) та природного газу (з 2% у 2012 р. до 8% у 2040 р.). Частка гідроенергії у загальному виробництві електроенергії скоротиться на 4%, оскільки будуть обмежені можливості будівництва великих гребель. Однак загальний обсяг виробництва електроенергії на ГЕС все ж таки збільшиться на 70% до 2040 року, що становитиме майже чверть приросту обсягу виробництва електроенергії на ГЕС у світі.

У 2015 році на саміті з проблем зміни клімату в Парижі уряд Індії анонсував власну енергетичну стратегію. Крім запланованої цілі щодо зниження емісії ПГ на 33-35% у 2030 р. порівняно з 2005 р., стратегія Індії передбачає додаткове уловлювання вуглецю об'ємом 2,5-3 млрд т CO<sub>2</sub>. Загальне зниження емісії ПГ досягатиметься як за рахунок нарощування встановлених електричних потужностей на ВДЕ, частка яких має зрости до 40% у 2030 р., так і за рахунок нарощування покриву лісів до 2030 року.

## ПЛАНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ В УКРАЇНІ. ВПЛИВ БІОЕНЕРГЕТИКИ НА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

Основні цілі щодо розвитку сектора ВДЕ та скорочення викидів ПГ в Україні закладені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року<sup>8</sup>, яка була затверджена розпорядженням КМУ № 605-р від 18 серпня 2017 року. Цим документом заплановано досягти частки ВДЕ у загальному первинному постачанні енергії 8% у 2020 р. та 25% у 2035 р., що відповідає зобов'язанням України, взятим перед Енергетичним Співтовариством.

Згідно Стратегії викиди ПГ у кінцевому споживанні енергії повинні скоротитися більш ніж на 5% у 2020 р. та більш ніж на 20% у 2035 р. порівняно з показниками 2010 року (таблиця 1). Цілі щодо скорочення викидів ПГ планується досягати, зокрема, за рахунок зміни структури енергогенеруючих потужностей з використанням екологічно безпечних технологій.

ТАБЛИЦЯ 1 – ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ ДО 2035 РОКУ<sup>8</sup>

Індикатор	2015	2020	2025	2030	2035
Частка ВДЕ (включно з гідрогенеруючими потужностями та термальною енергією) у загальному первинному постачанні енергії, %	4	8	12	17	25
Скорочення викидів CO <sub>2</sub> -екв на кінцеве споживання палива, % від 2010 року	-	>5	>10	>15	>20

<sup>8</sup> Енергетична стратегія України на період до 2035 року: Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>



Крім того, відповідно до Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання, що схвалена розпорядженням КМУ<sup>9</sup> від 18 серпня 2017 року № 569-р, поставлено за мету в період 2019-2025 років досягти 30% частки використання альтернативних джерел енергії в загальному балансі систем теплопостачання, а в період 2026-2035 років – до 40%.

Шляхи досягнення поставлених цілей описані в Національному плані дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року<sup>10</sup> (НПДВЕ), що затверджений Розпорядженням КМУ від 1 жовтня 2014 року № 902-р. Згідно цього Плану поставлено за мету досягти 11% ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії у 2020 році. При цьому тільки в секторі опалення та охолодження передбачається внесок біомаси у розмірі 5000 тис. т н.е./рік, що становитиме 85% внеску всіх ВДЕ в даному секторі у 2020 році.

Заплановані цифри щодо внеску біомаси відповідають заміщенню природного газу в обсязі 6,25 млрд м<sup>3</sup>/рік у секторі теплової енергетики та 0,95 млрд м<sup>3</sup>/рік у секторі електроенергетики (прогнозуючи, що 90% електричних потужностей на твердій біомасі буде працювати в режимі теплоелектроцентралей – ТЕЦ), що разом мають дати заміщення природного газу в обсязі 7,20 млрд м<sup>3</sup>/рік. В результаті, за рахунок біомаси у 2020 році очікується досягти скорочення викидів ПГ в обсязі понад 14,0 млн т CO<sub>2</sub> (рисунок 8), що складає понад 4% від загальних викидів в Україні порівняно з показниками 2010 року. Таким чином, очікуваний внесок біомаси згідно стратегічним цілям щодо скорочення викидів ПГ в секторі опалення та охолодження становитиме не менше 40%.

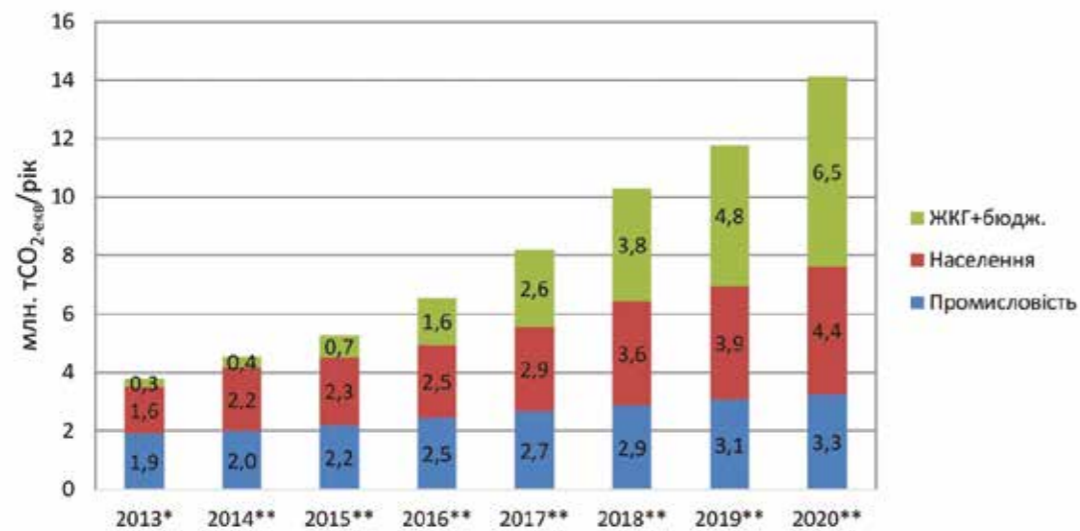


Рисунок 8 – Прогноз скорочення викидів ПГ за рахунок заміщення природного газу біомасою в Україні<sup>11</sup>

Позначення:

\* – оцінка згідно Енергетичного балансу;

\*\* – прогноз згідно даних НПДВЕ та припущень БАУ.

<sup>9</sup> Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання. Розпорядження КМУ від 18.08.2017 р. № 569-р. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250218439>

<sup>10</sup> Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>

<sup>11</sup> Аналітична записка БАУ №12. "Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні". <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-12-ru.pdf>



Найбільшого скорочення викидів очікується досягти в комунальному секторі, зокрема в результаті поступової відмови від використання природного газу в теплопостачанні та переведення систем опалення на використання біомаси. Потенційно на другому місці за темпами скорочення викидів ПГ буде побутовий сектор, в якому теплопостачання може здійснюватись від систем централізованого теплопостачання з ТЕЦ на біомасі, або з використанням індивідуальних котлів на біомасі. В промисловості досягти значних скорочень викидів важко, оскільки технологічні процеси більш вимогливі до якості палива та постачання енергії.

## ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ НА ДОВКІЛЛЯ

Окрім позитивного впливу на стан довкілля завдяки скороченню викидів ПГ в результаті зменшення споживання викопного палива, енергетичне використання біомаси також може чинити негативний вплив на атмосферне повітря, ґрунти та водойми. Зокрема, це стосується надмірного споживання енергетичних ресурсів у процесі виробництва біомаси, або надмірних викидів забруднюючих речовин та відходів від її спалювання.

Під час заготівлі сільськогосподарської біомаси основним екологічним питанням є частка побічних продуктів та решток, яку можна збирати з полів без завдання шкоди родючості ґрунтів. Суттєва частка побічних продуктів повинна залишатися на полі, захищаючи ґрунти від водної та вітрової ерозії, забезпечуючи компенсацію органічних речовин, підтримуючи позитивний баланс гумусу та сприяючи зменшенню випаровувань з поверхні ґрунту.

Для України в цілому з метою виробництва енергії рекомендується використовувати до 30% загального обсягу утвореної соломи зернових культур та до 40% побічних продуктів від вирощування кукурудзи та соняшнику<sup>12</sup>. Однак для кожного окремого регіону чи агропідприємства оцінка частки побічних продуктів, що використовуються для енергетичних цілей, повинна здійснюватись індивідуально, враховуючи особливості господарської діяльності, стан ґрунтів, а також власні потреби підприємства, пов'язані з рослинництвом та тваринництвом.

Спеціальне вирощування біомаси для потреб енергетики може призводити до зміни призначення землекористування, яке, з одного боку, може, навпаки, спричиняти збільшення викидів ПГ (наприклад, у результаті вирубки лісів та розширення сільськогосподарських земель), а з іншого – конкуренцію з продуктами харчування.

В ЄС ці питання досить чітко контролюються за критеріями сталості та розміром частки біомаси, яку можна використовувати для потреб

енергетики. В Україні дещо інша ситуація. В державі налічується 3-4 млн га сільськогосподарських земель, що не використовуються, переважно через деградацію та низьку продуктивність. Основними критеріями деградації земель є еродованість (в результаті руйнування водою та вітром), а також надмірне зволоження та заболоченість. Ці землі можна задіяти під вирощування енергетичних культур, зокрема під енергетичну вербу.

Вирощування енергетичної верби забезпечує в 3-5 разів нижчий ступінь виснаження ґрунту порівняно з сільськогосподарськими культурами (пшеницею, кукурудзою та соняшником). До того ж вирощування верби приводить до поглинання вуглекислого газу з атмосфери (в середньому до 50 т CO<sub>2</sub> на 1 га), який перетворюється на вуглець та частково разом із поживними речовинами повертається в ґрунт з опалим листям, приводячи до збільшення кількості гумусу та збагачення ґрунту мінералами, мікроелементами та речовинами природного походження, внаслідок чого земельні ресурси швидко відновлюватимуться.

Іншою особливістю вирощування верби є те, що вона може випаровувати з ґрунту велику кількість води, а тому може рости на заболочених і малопродуктивних (таких, що потребують рекультиватії) землях. В період інтенсивної вегетації плантація верби може випаровувати 300-800 тис. л води з 1 га залежно від щільності посадки.

В процесі збору, транспортування, зберігання та використання біомаси утворюються додаткові викиди ПГ, які пов'язані з використанням дизельного палива сільськогосподарською технікою та споживанням електроенергії технологічним обладнанням. Обсяг викидів залежить від типу техніки і технологій, що застосовуються. Наприклад, виробництво та використання тюків чи гранул із соломи характеризується різними об'ємами викидів ПГ (рисунок 9).

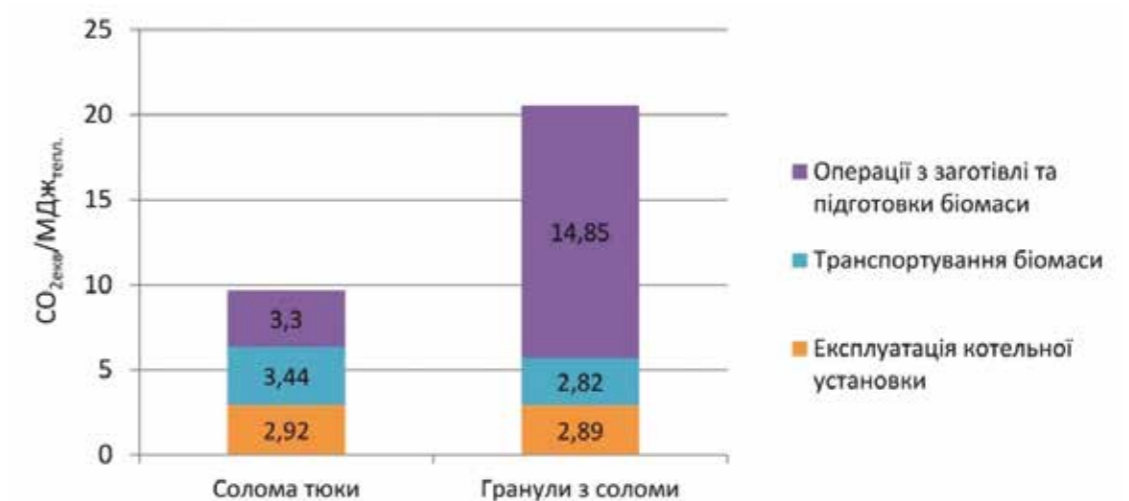


Рисунок 9 – Питомі викиди ПГ протягом життєвого циклу використання соломи для виробництва теплової енергії<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Аналітична записка БАУ №7. "Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні". <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ua.pdf>

<sup>13</sup> Гайдай О.І. Оцінка життєвого циклу виробництва теплової енергії з твердого біопалива за показниками енергетичної ефективності та скорочення викидів парникових газів: дис... канд. техн. наук: 05.14.08 – Київ, 2016. - 178 с.

Зокрема видно, що в процесі транспортування туків соломи як менш ущільненого біопалива, викиди ПГ більші, ніж у результаті перевезення гранул із соломи, які мають більшу насипну густину. З іншої сторони, виготовлення гранул вимагає значно більше технологічних операцій та споживання електроенергії, що призводить до значних викидів ПГ на цьому етапі, й загалом до подвійного їх зростання протягом усього життєвого циклу в порівнянні з тюкованою соломкою.

Крім того, в місцях заготівлі біомаси джерелами забруднюючих речовин є ділянки подрібнення та перевантаження біомаси, склади палива та ін. В цих місцях можуть утворюватись та накопичуватись дрібні фракції біомаси та пил, які в значних кількостях можуть розповсюджуватись у робочих зонах та потрапляти в атмосферне повітря.

В процесі спалювання біомаси утворюються забруднюючі речовини та відходи, які разом із продуктами згоряння потрапляють в атмосферне повітря, або можуть потрапляти в ґрунти та водойми. Перелік основних забруднюючих речовин в продуктах згоряння та їх вплив на клімат, навколишнє середовище та здоров'я людей наведений у таблиці 2.

ТАБЛИЦЯ 2 – ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ БІОМАСИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА КЛІМАТ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

Компонент	Джерело утворення	Екологічний вплив
Діоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	Основний продукт згоряння всіх видів паливної біомаси	<b>Клімат:</b> Газ прямої парникової дії (ГППД), але, оскільки біомаса вважається CO <sub>2</sub> -нейтральним паливом, не враховується його вплив на клімат
Оксид вуглецю (CO)	Неповне згоряння всіх видів паливної біомаси	<b>Клімат:</b> Газ непрямой парникової дії (ГНПД), впливає на утворення озону <b>Здоров'я:</b> Може викликати напади задухи у разі накопичення в закритих приміщеннях
Метан (CH <sub>4</sub> )	Неповне згоряння всіх видів паливної біомаси	<b>Клімат:</b> ГНПД, впливає на утворення озону <b>Здоров'я:</b> Може викликати напади задухи у разі накопичення в закритих приміщеннях
Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	Неповне згоряння всіх видів паливної біомаси	<b>Клімат:</b> ГНПД, впливає на утворення озону <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)	Неповне згоряння всіх видів паливної біомаси	<b>Навколишнє середовище:</b> Утворення смогу <b>Здоров'я:</b> Канцерогенний вплив
Тверді частки	Сажа та конденсат важких вуглеводнів (дьоготь), що утворюються при неповному згорянні усіх видів паливної біомаси. Золоті частки	<b>Клімат і навколишнє середовище:</b> Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів. Непрямий ефект – можливий значний вміст важких металів у завислих частках <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини

Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> = NO + NO <sub>2</sub> )	Побічний продукт згоряння всіх видів паливної біомаси. За певних умов додаткова кількість NO <sub>x</sub> може утворюватися з азоту повітря	<b>Клімат і навколишнє середовище:</b> Непрямий парниковий ефект через вплив на утворення озону. Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів. Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності. Утворення смогу <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини
Закис азоту (N <sub>2</sub> O)	Побічний продукт згоряння всіх видів паливної біомаси, що містять азот	<b>Клімат:</b> ГНПД. Непрямий вплив через руйнування озону в атмосфері
Аміак (NH <sub>3</sub> )	Можливі викиди невеликих кількостей, що утворюються у результаті неповного перетворення NH <sub>3</sub> при піролізі чи газифікації	<b>Навколишнє середовище:</b> Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини. Токсичний
Оксиди сірки (SO <sub>x</sub> = SO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub> )	Побічний продукт згоряння всіх видів паливної біомаси, що містять сірку	<b>Клімат і навколишнє середовище:</b> Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів. Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності. Утворення смогу <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини, викликають астму
Важкі метали	Усі види паливної біомаси містять деяку кількість важких металів, які залишаються в золі або випаровуються	<b>Здоров'я:</b> Накопичуються в харчовому ланцюзі. Можуть бути токсичними або чинити канцерогенний вплив
Хлористий водень (HCl)	Побічний продукт згоряння всіх видів паливної біомаси, що містять хлор	<b>Навколишнє середовище:</b> Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності. Утворення смогу <b>Здоров'я:</b> Негативний вплив на систему органів дихання людини. Токсичний
Поліхлоровані діоксини та фурані (ПХДД/ПХДФ)	Можливі викиди невеликих кількостей, що утворюються під час реакцій за участю вуглецю, хлору й кисню в присутності каталізаторів	<b>Здоров'я:</b> Високотоксичні. Пошкодження печінки. Пошкодження центральної нервової системи. Зниження імунного захисту. Накопичуються в харчовому ланцюзі

З метою недопущення значного забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння, необхідно здійснювати постійний контроль за викидами забруднюючих речовин, вживати заходи і застосовувати пристрої для їх ефективного вловлювання, знешкодження та утилізації, що дозволить дотримуватись встановлених санітарних нормативів допустимого вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Одним із відходів, що утворюється в процесі спалювання біомаси, є зола, яка з одного боку є забруднюючою речовиною, а з іншого – потенційним корисним добривом, оскільки містить поживні мінеральні речовини (таблиця 3), що були поглинуті рослинами з ґрунту в процесі їх вирощування. Зокрема, зола, що отримується при спалюванні деревини, багата на Ca, в той час як зола, що отримується при спалюванні соломи і злакових, має великий вміст K.

ТАБЛИЦЯ 3 – ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗОЛИ РІЗНИХ ВИДІВ БІОМАСИ, %

Вид біомаси	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Солома пшениці	3,09	3,26	51,43	0,75	1,18	8,46	2,2	1,17	18,14	н.д.	0,09
Солома кукурудзи (сорт КВС-380)	4,36	3,37	55,9	3,99	4,46	9,45	4,28	1,3	7	0,12	0,24
Стрижень кукурудзи (сорт КВС-380)	3,65	1,66	67,36	4,99	5,08	2,8	3,53	0,85	5,75	0,09	0,45
Тріска сосни	1,53	3,26	29,95	2,62	5,16	20,29	3,65	0,65	8,15	н.д.	0,3

Залежно від місця утворення (в котлі чи в системі очистки димових газів), зола від спалювання біомаси поділяють на три види: подова, циклонна та фільтраційна. Кожний вид золи має свій характерний вміст мінеральних речовин, який залежить від виду палива, його зольності та розміру частинок, а також від способу та місця її утворення (таблиця 4). При цьому, з екологічної точки зору, використовувати як добриво можна лише ту золу, що одержана в процесі спалювання біопалива, яке не оброблялось хімічними речовинами (в ґрунт не слід вносити золу, що отримується під час спалювання обробленої деревини).

ТАБЛИЦЯ 4 – СЕРЕДНЯ КОНЦЕНТРАЦІЯ ПОЖИВНИХ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН У РІЗНИХ ВИДАХ ЗОЛИ

Мінеральні речовини	Подова	Циклонна	Фільтраційна
MgO	6,0 ± 1,2	4,4 ± 0,9	3,6 ± 0,7
K <sub>2</sub> O	6,4 ± 2,1	6,8 ± 2,3	14,3 ± 7,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,6 ± 1,0	2,5 ± 0,9	2,8 ± 0,9
Na <sub>2</sub> O	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,8 ± 0,6

Подова зола утворюється в топці котла. Ця зольна фракція часто змішується з неорганічними домішками, що містяться в біопаливі, такими як пісок, каміння і земля. У разі великого вмісту кори, особливо в котельних установках з нерухомим шаром, мінеральні домішки можуть викликати утворення шлаку і спікання частинок золи, розміри яких можуть бути досить великими.

Циклонна зола являє собою дещо менші неорганічні частки, що виносяться з топки разом із продуктами згоряння та осаджуються в циклонах або мультициклонах, розташованих за топкою.

Фільтраційна зола являє собою переважно дрібну фракцію, що

осаджується в тканинних фільтрах, електростатичних фільтрах, або у вигляді конденсаційного шламу в блоках конденсації топкового газу, які зазвичай розташовані за мультициклонами. Ця зольна фракція в основному формує аерозолі.

Головна небезпека золи для навколишнього середовища пов'язана з можливою наявністю важких металів, які містяться в біопаливі (Zn і Cd) та можуть потрапляти в золу. Підвищений вміст важких металів спостерігається переважно у фільтраційній золі в порівнянні з подовою та циклонною (таблиця 5) і пояснюється тим, що леткі сполуки важких металів в основному випаровуються в процесі горіння і потім осаджуються на поверхні частинок фільтраційної золи або утворюють аерозолі.

ТАБЛИЦЯ 5 – СЕРЕДНЯ КОНЦЕНТРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У РІЗНИХ ВИДАХ ЗОЛИ, МГ/КГ

Важкі метали	Зола соломи	Зола деревини		
		Подова	Циклонна	Фільтраційна
Cu	30	165	143	389
Zn	140	432	1870	12980
Co	н.д.	6,5	19	17,5
Mo	н.д.	2,8	4,2	13,2
As	н.д.	4,1	6,7	37,4
Ni	5	66	59,6	63,4
Cr	2	325	158,4	231
Pb	9	13,6	57,6	1053,3
Cd	2	1,2	21,6	80,7
V	н.д.	43	40,5	23,6
Hg	0,1	0,01	0,04	1,47

Отже, суміш подової та циклонної золи, яка утворилася в результаті спалювання необробленого біопалива та має допустимий вміст важких металів, потенційно може бути використана в якості добрива, тоді як фільтраційна зола (яка зазвичай складає лише 10-15% від загальної кількості золи) з високим вмістом важких металів повинна піддаватись утилізації або промисловій переробці.

## ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ

Україна ратифікувала протокол про приєднання до Енергетичного співтовариства<sup>14</sup> і стала офіційним його членом у грудні 2010 року. Це означає, що Україна повинна рухатися разом з ЄС в сторону покращення стану довкілля, впроваджуючи, зокрема, комбіноване виробництво тепла та електроенергії на теплогенеруючих підприємствах, які в якості палива використовують, в тому числі, біомасу. Цілями даного руху є переробка або знешкодження відходів, уникнення або мінімізація утворення забруднюючих викидів від енергетичного обладнання в атмосферне повітря, ґрунти та водойми, для того щоб досягти високого рівня захисту навколишнього природного середовища та здоров'я людей.

З огляду на це, на всіх стадіях реалізації проектів енергетичного використання біомаси слід дотримуватися встановлених вимог та нормативів у сфері забруднення атмосферного повітря, ґрунтів та водойм, а також намагатися обирати такі технічні рішення та установки, які зможуть забезпечувати можливе посилення екологічних вимог майбутньому.

Починаючи зі стадії планування та підготовки проектів енергетичного використання біомаси, основні вимоги екологічної безпеки мають стосуватися вибору біопалива, хімічний склад та вологість якого повинні відповідати технологічним вимогам енергетичного обладнання. Крім того, рекомендується застосовувати установки та технологічні рішення, які відповідають європейським екологічним вимогам, з метою дотримання кращих світових практик та в майбутньому забезпечити їх виконання.

На стадії проектування об'єктів енергетичного використання біомаси важливо правильно визначити об'єми викидів забруднюючих речовин, встановити розміри санітарно-захисних зон (СЗЗ) та об'єми утворення відходів. Промислові об'єкти, що є джерелами забруднення навколишнього середовища, повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами. Зокрема, забезпечення мінімальної СЗЗ залежить від видів виробництва, класу небезпеки та санітарної класифікації підприємств, а її розмір визначено нормативними документами санітарного законодавства. СЗЗ встановлюють від джерел викидів до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, в т.ч. дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, закладів соціального забезпечення, спортивних споруд тощо, в т.ч. для теплових електростанцій, промислових та опалювальних котелень – від димарів, місць зберігання і підготовки палива та джерел шуму.

Об'єкти потужністю понад 200 кВт, що пов'язані з виробництвом теплової

та електричної енергії з використанням органічного палива, відносяться до об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку<sup>15</sup>. Для таких об'єктів обов'язковою вимогою є розробка проекту з оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС)<sup>16</sup> для стадії будівництва та експлуатації та здійснення державної екологічної експертизи<sup>17</sup>. В ході підготовки вхідних даних для розробки цього розділу власник та виконавець проекту складають заяву про наміри щодо забудови земельної ділянки з переліком очікуваних впливів запланованої діяльності.

Організації-розробники проектів в частині ОВНС повинні мати в своєму складі виконавців (інженерів-проектувальників), що мають відповідний кваліфікаційний сертифікат на таку діяльність<sup>18</sup>. Слід відмітити, що повномасштабна ОВНС передбачена лише для об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку. Щодо інших інвестиційних проектів, їх підготовка вимагає обмеженої ОВНС в обсягах, що необхідні для потреб погодження та експертизи.

Визначення валових викидів забруднюючих речовин може проводитися або через показники емісії, або шляхом прямих вимірювань. Найвищий пріоритет має визначення валових викидів шляхом постійних вимірювань із використанням приладів безперервного моніторингу. За відсутності даних валові викиди розраховуються на основі узагальнених та/або специфічних показників емісії. Специфічний показник емісії відноситься до конкретної установки з урахуванням індивідуальних особливостей спалювання, виду палива та заходів щодо зниження викидів. Специфічний показник може бути визначений на основі результатів еколого-теплотехнічних випробувань обладнання.

До основних забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря під час спалювання біомаси, відносяться:

- речовини у вигляді суспензованих твердих часток, недиференційованих за складом;
- діоксиди сірки (SO<sub>2</sub>);
- оксиди азоту (NO<sub>x</sub>);
- закис азоту (N<sub>2</sub>O);
- оксид вуглецю (CO);
- діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>);
- метан (CH<sub>4</sub>);
- неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС).

<sup>14</sup> Закон України від 15.12.2010 р. № 2787-VI "Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного співтовариства". [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994\\_a27](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_a27)

<sup>15</sup> Постанова КМУ від 28.08.2013 р. № 808 "Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку".

<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-%D0%BF>

<sup>16</sup> ДБН А.2.2-1-2003 "Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд".

<sup>17</sup> Закон України від 09.02.1995 р. № 45/95-ВР "Про екологічну експертизу".

<sup>18</sup> Постанова КМУ від 23.05.2011 р. № 554 "Порядок проведення професійної атестації відповідальних виконавців, окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури" (в т.ч. ОВНС).

В ході виконання ОВНС об'єми викидів від котелень визначаються як на зрізі димової труби, так і в зоні розсіювання відповідно до показників емісії котлів (за наявності) та/або наявних методик. Діючі нормативи<sup>19</sup> граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин для існуючих та нових джерел обмежують масову концентрацію забруднюючих речовин в організованих викидах. При цьому необхідно враховувати клас небезпеки кожної речовини, не перевищуючи встановлених значень нормативів граничнодопустимих викидів для даного класу небезпеки (таблиця 6).

ТАБЛИЦЯ 6 – КОДИ, КЛАС НЕБЕЗПЕЧНОСТІ, ГРАНИЧНОДОПУСТИМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ, ОРІЄНТОВНІ БЕЗПЕЧНІ РІВНІ ДІЯННЯ ТА ГРАНИЧНОДОПУСТИМИ ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Код	Речовина	Клас	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Масова витрата, г/год	Граничнодопустимі викиди, мг/м <sup>3</sup>
301	Азоту оксиди NO <sub>x</sub>	3	0,2	≥ 5000	500
330	Ангідрид сірчистий SO <sub>2</sub>	3	0,5	≥ 5000	500
337	Вуглецю оксид CO	4	5	≥ 5000	250
410	Метан CH <sub>4</sub>	-	50	-	-
303	Аміак NH <sub>3</sub>	4	0,2	-	-
316	Хлористий водень HCl	2	0,2	≥ 300	30
328	Сажа	3	0,15	-	-
2902	Тверді частки, недиференційовані за складом	3	0,5	≤ 500	150
				> 500	50
-	Зола подова та циклонна (код відходів 9010.2.9.04)	4	-	-	-
10293	Пил деревини	-	0,1	-	-

Як видно з таблиці, граничнодопустимі викиди встановлюються лише для тих котелень, масова витрата на яких перевищує нормативні значення, за виключенням викидів твердих часток, які завжди мають відповідати тим чи іншим граничнодопустимим нормам.

Окремо для установок потужністю понад 50 МВт діють технологічні нормативи<sup>20</sup>, а також окремі технологічні нормативи для котелень, що працюють на лушпинні соняшнику<sup>21</sup>. При цьому поточні нормативи закріплюють певне екологічне послаблення до кінця грудня 2017 року. Починаючи з січня 2018 року, встановлюються перспективні нормативи, які будуть дещо суворішими від попередніх.

<sup>19</sup> Наказ Мінприроди від 27.06.2006 р. № 309 "Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел". <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06>

<sup>20</sup> Наказ Мінприроди від 22.10.2008 р. № 541 "Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт". <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08>

<sup>21</sup> Наказ Мінприроди від 13.10.2009 р. № 540 "Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшнику". <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1023-09>

ТАБЛИЦЯ 7 – ПОТОЧНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ДОПУСТИМІ ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ДЛЯ КОТЕЛЕНЬ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЛУШПИННІ СОНЯШНИКУ

Код	Речовина	Клас	Поточні нормативи (до 31.12.2017)		Перспективні нормативи (після 01.01.2018)	
			Потуж. котельні, МВт	Техн. норматив, мг/м <sup>3</sup>	Потуж. котельні, МВт	Техн. норматив, мг/м <sup>3</sup>
301	Закис азоту N <sub>2</sub> O	3	<50	300	0-50	300
330	Ангідрид сірчистий SO <sub>2</sub>	3	<50	250	0-50	250
337	Вуглецю оксид CO	4	<50	750 <sup>1</sup> 2250 <sup>2</sup>	0-50	250
2902	Тверді частки недиференційовані за складом	3	<50	100 <sup>3</sup>	<5	100
				600 <sup>4</sup>	5-50	50

Примітка:

1 – спалювання у шарі;

3 – для електрофільтра;

2 – спалювання у вихорі;

4 – для циклону.

Варто відмітити, що екологічні вимоги в стандартах до котлів жорстко не регламентовані за потужністю чи видами палива. Так, котли для твердого палива можуть випускатися в широкому діапазоні викидів за оксидами вуглецю<sup>22</sup> (таблиця 8). При цьому особливу увагу слід звертати на умови, за яких вони подаються, оскільки у вітчизняній практиці для розрахунків викидів концентрації повинні бути приведені до нормальних умов (температура 273 К, тиск 101,3 кПа) та певного вмісту кисню.

ТАБЛИЦЯ 8. ВИМОГИ ДО ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД ВОДОГРІЙНИХ КОТЕЛІВ ЗГІДНО ГОСТ 30735-2001

Вид палива	Номінальна теплопродуктивність, МВт	Вміст оксидів вуглецю (CO) в сухих нерозбавлених продуктах згоряння, мг/м <sup>3</sup>		
		Клас 1	Клас 2	Клас 3
Котли для твердого палива з ручною топкою				
Деревина, торф	0,1-0,3	5 000	10 000	24 000
Котли для твердого палива з механізованою топкою				
Деревина, торф	0,1-0,5	2 500	4 200	24 000
	0,5-1,0	2 200	3 700	24 000
	1,0-4,0	2 000	3 300	24 000

Таким чином, для котлів однакової потужності граничнодопустимі викиди можуть як застосовуватись, так і бути відсутніми, залежно від потужності викиду (масової витрати забруднюючої речовини). Як правило, виробники котлів не регламентують паспортні викиди забруднюючих речовин, що може створювати потенційну небезпеку під час експлуатації котлів.

22 ГОСТ 30735-2001 "Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю від 0,1 до 4,0 МВт".

Під час розробки ОВНС оцінку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від енергетичних установок здійснюють на основі галузевої методики<sup>23</sup>, що базується на спрощеному розрахунковому методі оцінки валових викидів. Як правило, цей метод застосовується за умови відсутності результатів еколого-теплотехнічних випробувань котлів та паспортних даних з показниками емісії.

Для розрахунку валових викидів забруднюючих речовин на рівні з методикою<sup>23</sup> використовують також інші додаткові матеріали<sup>24,25</sup>, що містять показники емісії для ширшого кола технологій, систем очистки та видів палива. Зокрема, в Збірнику<sup>24</sup> наведені приклади визначення об'ємів сухих димових газів та приведення їх до нормальних умов, елементний склад деяких видів біопалива (солотома, стебла бавовнику, костриця льону, лушпиння соняшнику, лушпиння рису, відходи деревини) та їх коефіцієнти емісії залежно від технології спалювання.

Приклад розрахунку масових витрат забруднюючих речовин від котлів з різними екологічними показниками згідно з галузевою методикою наведений на рисунку 10.

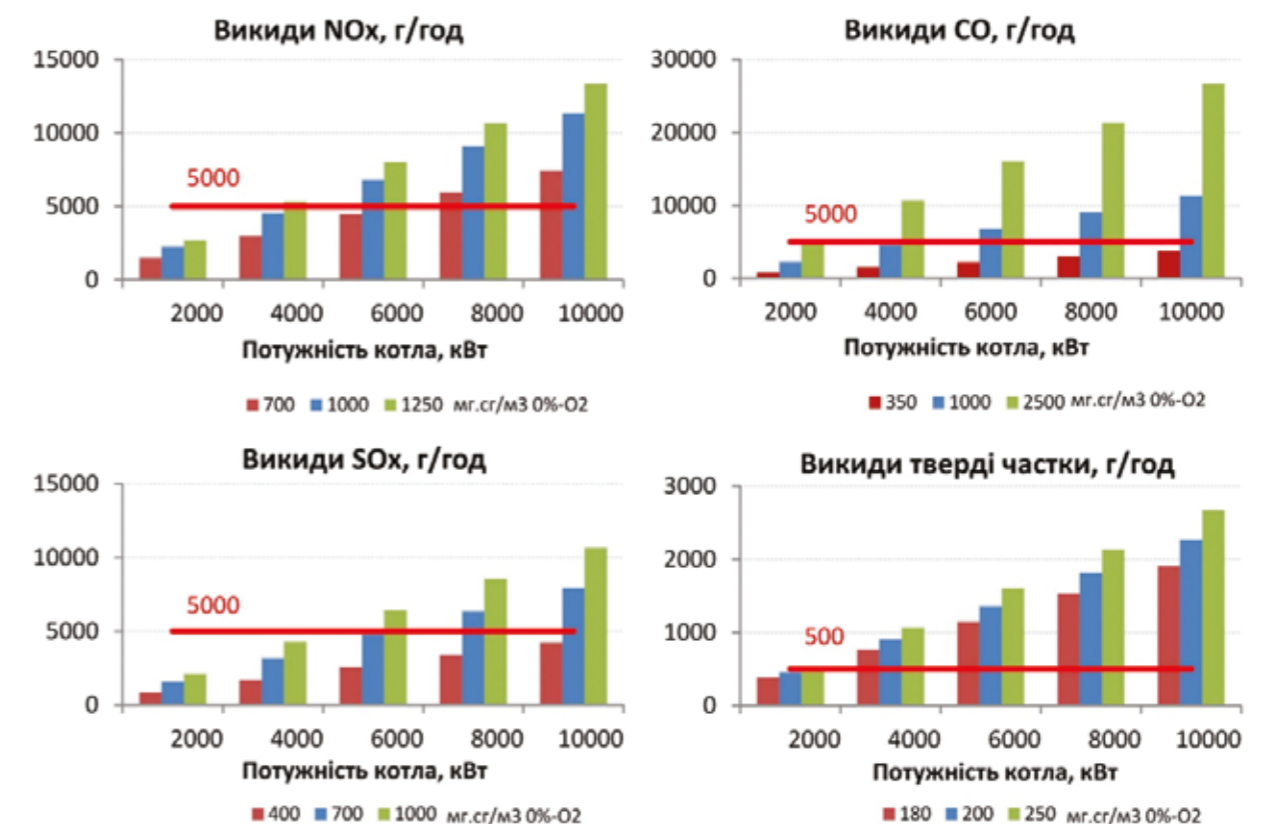


Рисунок 10 – Масові витрати викидів забруднюючих речовин від спалювання біопалива та границі встановлення граничнодопустимих концентрацій

23 Наказ Мінпаливенерго України від 14.06.2002 р. №359 ГДК 34.02.305-2002 "Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення".

24 Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферу повітря різними виробництвами. - Донецьк, 2004. Том 1.

25 CORINAIR.

З рисунка видно, що масова витрата оксиду вуглецю і твердих часток для котлів з високими викидами забруднюючих речовин досягає нормативного рівня у випадку найменших потужностей установок, що розглядалися у розрахунках. Для таких котелень обов'язково встановлюються гранично допустимі викиди оксидів вуглецю та суворіші вимоги до викидів твердих часток. Якщо гранично допустимі викиди не досягаються, на таких котельнях мають застосовуватись заходи або системи очистки продуктів згорання, або має бути підібраний екологічно-безпечніший котел, що здатний задовольнити встановлені нормативи. В інших випадках експлуатація таких або потужніших котелень неможлива. До того ж, згідно з ДБН В.2.5.-77:2014 "Котельні" існує додаткова вимога, що встановлює обов'язкову наявність системи очистки димових газів від твердих часток, якщо добуток вмісту золи на витрату палива перевищує 5000 кг/год. Цю вимогу слід перевіряти в ході проектування котельні, навіть якщо за викидами забруднюючих речовин вона не перевищує допустиму масову витрату.

Для котелень значно меншої потужності, масова витрата забруднюючих речовин у продуктах горіння яких не перевищує нормативну, граничнодопустимі величини викидів не застосовуються, за виключенням твердих часток. Однак забруднення від малих котлів часто може перевищувати встановлені граничнодопустимі норми. В цьому випадку рекомендується, якщо є така можливість, об'єднувати декілька малих котелень в одну велику, в якій доцільно встановлювати систему очистки продуктів згорання, або в якій можливе встановлення котла з меншими показниками емісії.

Вимоги щодо розміру СЗЗ затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 № 173 "Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів"<sup>26</sup>. При цьому розміри СЗЗ можна визначити згідно ДБН 360-92\*\* "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень", відповідно до яких СЗЗ для котелень повинна бути не меншою 50 м, та/або на основі результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, концентрація яких на зовнішній межі не повинна перевищувати їх граничнодопустимі норми, а на межі курортно-рекреаційної зони – не повинна перевищувати 80% граничнодопустимих норм. Правильність визначення розмірів СЗЗ затверджується обов'язковим експертним висновком органів або установ санітарно-епідеміологічної служби.

Законодавством України передбачено проведення публічних слухань або відкритих засідань із питань впливу запланованої діяльності на навколишнє природне середовище<sup>27</sup> та законодавчо врегульовані питання щодо реалізації прав громадськості<sup>28</sup> та урахування громадської думки під час

прийняття рішень. Затвердження проектів містобудівної документації без проведення процедури розгляду пропозицій громадськості забороняється, а матеріали щодо розгляду таких пропозицій є невід'ємною складовою частиною зазначеної документації.

На стадії затвердження проектів енергетичного використання біомаси вони підлягають обов'язковій екологічній експертизі. Державна екологічна експертиза<sup>29</sup> об'єктів проводиться після оголошення замовником через засоби масової інформації "Заяви про екологічні наслідки діяльності" і подання еколого-експертним органам комплексу документів з ОВНС.

В травні 2017 року був прийнятий Закон України "Про оцінку впливу на довкілля"<sup>30</sup>, який, з одного боку, відмінняє дію Постанови КМУ "Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку" № 808-2013-п від 28 серпня 2013 року та Закону України "Про екологічну експертизу" № 45/95-ВР від 9 лютого 1995 року, а з іншого – чітко встановлює, що оцінка впливу на довкілля є обов'язковою тільки для теплових електростанцій (ТЕС, ТЕЦ) та інших потужностей для виробництва електроенергії, пари і гарячої води тепловою потужністю понад 50 МВт, що використовують органічне паливо. Закон вступає в силу 18 грудня 2017 року і встановлює обов'язкову екологічну експертизу тільки для великих проектів потужністю понад 50 МВт.

До того ж, новий закон регулює питання оцінки впливу на довкілля шляхом підготовки відповідного звіту з оцінки впливу на довкілля, проведення громадських обговорень та надання висновків. Даний закон також вносить зміни до Законів України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про інвестиційну діяльність", "Про відходи", "Про охорону атмосферного повітря", "Про регулювання містобудівної діяльності" та ін. Зокрема, до проектної документації на будівництво об'єктів, що підлягають оцінці впливу на довкілля, згідно нового закону мають додаватися результати оцінки впливу на довкілля замість державної екологічної експертизи.

На стадії будівництва та вводу в експлуатацію об'єкти, які можуть чинити шкідливий вплив на оточуюче середовище, підлягають державному обліку<sup>31</sup>, якщо потенційний викид забруднюючих речовин перевищує порогові значення річних викидів<sup>32</sup>. Перед цим підприємства та організації повинні отримати дозвіл на викиди забруднюючих речовин<sup>33</sup> шляхом надання компетентним органам ОВНС з розрахунками розсіювання<sup>34</sup> та звіту про

26 Наказ Міністерства охорони здоров'я від 19.06.1996 р. № 173 "Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів". <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>

27 Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища", Ст. 20, п.л. <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/print1452598383657738>

28 Наказ Мінекології від 18.12.2003 р. № 168 "Про затвердження Положення про участь громадськості у прийнятті рішень у сфері охорони довкілля". <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0155-04>

29 Закон України "Про екологічну експертизу", Ст. 34, 35. <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80>

30 Закон України "Про оцінку впливу на довкілля" від 23.05.2017 р. № 2059-VIII.

31 Постанова КМУ від 13.12.2001 р. № 1655 "Про затвердження Порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря". <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1655-2001-%D0%BF>

32 Наказ Мінекоресурсів від 10.05.2002 р. № 177 "Про затвердження Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря". <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0445-02>

33 Постанова КМУ від 13.03.2002 р. № 302 "Про затвердження Порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ, організацій та громадян - підприємців, які отримали такі дозволи".

34 Наказ Мінприроди від 09.03.2006 р. № 108 "Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців".



інвентаризацію<sup>35</sup> викидів. Дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами – це офіційний документ, який дає право підприємствам, установам, організаціям експлуатувати об'єкти, з яких забруднюючі речовини надходять в атмосферне повітря. Залежно від ступеня впливу на забруднення атмосферного повітря об'єкти поділяються на 3 групи, для яких встановлюється термін дії дозволів на викиди (таблиця 9).

ТАБЛИЦЯ 9 – ТЕРМІНИ ДІЇ ДОЗВОЛІВ НА ВИКИДИ ДЛЯ РІЗНИХ ГРУП ОБ'ЄКТІВ

Група об'єкта	Характеристика об'єкта	Термін дії дозволу на викиди
Перша	Об'єкти, які взяті на державний облік і мають виробництва або технологічне устаткування, на яких повинні впроваджуватися найкращі доступні технології та методи керування	7 років
Друга	Об'єкти, які взяті на державний облік і не мають виробництва або технологічного устаткування, на яких повинні впроваджуватися найкращі доступні технології та методи керування	10 років
Третя	Об'єкти, які не входять до першої та другої груп	Необмежений термін дії

На стадії експлуатації об'єктів енергетичного використання біомаси їх власники мають сплачувати екологічний податок. Платниками екологічного податку є суб'єкти господарювання, бюджетні установи, громадські та інші підприємства під час провадження діяльності яких здійснюються:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення;
- скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти;
- розміщення відходів.

Платники податку перераховують суми податку одним платіжним дорученням на рахунки, відкриті в територіальних органах Держказначейства України, які здійснюють розподіл цих коштів у співвідношенні, визначеному Бюджетним кодексом у такий спосіб:

- до загального фонду держбюджету – 20%
- до спеціального фонду місцевих бюджетів – 80%, у тому числі: до сільських, селищних, міських бюджетів, об'єднаних територіальних громад, що створюються згідно із законом та перспективним планом формування територій громад – 25%, обласних бюджетів та бюджету Автономної Республіки Крим – 55%, бюджетів міст Києва та Севастополя – 80%.

Для цього платники екологічного податку складають податкові декларації, в яких зазначають найменування та розміри екологічних податків стосовно об'єктів експлуатації.

35 Наказ Мінекобезпеки від 10.02.1995 р. № 7 "Про затвердження Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві". <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0061-95>

Розмір податку за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря встановлюється відповідно до їх виду та ставок податку за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (таблиця 10)<sup>36</sup>.

ТАБЛИЦЯ 10– СТАВКИ ПОДАТКІВ ЗА ВИКИДИ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ОКРЕМИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН СТАЦІОНАРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ<sup>36</sup>

Код	Речовина	Клас	Ставка податку, грн за 1 т
301	Азоту оксиди NO <sub>x</sub>	3	2 204,89
330	Ангідрид сірчистий SO <sub>2</sub>	3	2 204,89
337	Вуглецю оксид CO	4	83,07
303	Аміак NH <sub>3</sub>	4	413,53
316	Хлористий водень HCl	2	83,07
328	Сажа	3	538,13*
2902	Тверді частки, недиференційовані за складом	3	83,07

Примітка: \* – ставка податку визначена за класом небезпечності

Розмір податку за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти визначаються за окремими забруднюючими речовинами, що наявні в стічних водах. При цьому, згідно Закону України "Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення"<sup>37</sup> склад стічних вод та порядок водовідведення мають відповідати правилам приймання стічних вод, які розробляються органами місцевого самоврядування. Відповідно до цього ж закону органи місцевого самоврядування повинні визначити та затвердити розмір оплати за очищення стічних вод, яка також здійснюється з боку власників об'єктів енергетичного використання біомаси.

Порядок поводження з відходами у вигляді золи та екологічний податок визначається залежно від її класу небезпечності. Зокрема, подова та циклонна зола за своїми характеристиками згідно ДСанПіН 2.2.7. 029-99 "Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначенням класу небезпеки для здоров'я населення" відноситься до IV класу небезпеки, а тому без негативних екологічних наслідків може бути об'єднана з побутовими відходами в місцях складування останніх та використана як ізолюючий матеріал, або може використовуватись для різних планувальних робіт при освоєнні територій у будівництві. Згідно Податкового кодексу України (ПКУ) ставка екологічного податку за розміщення подової та циклонної золи

36 Податковий кодекс України, розділ VII, Ст. 243. <http://sfs.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-podat/>

37 Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III "Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення".

дорівнює 4,5 грн за 1 т.

У випадку низького вмісту важких металів даний вид золи потенційно може використовуватись у якості добрив. Використання відходів, утому числі золи, в сільському господарстві як добрив можливе лише після проведення санітарно-епідеміологічного аналізу та вивчення їх впливу на санітарний стан ґрунту і суміжних середовищ<sup>38</sup>, а також біологічного та санітарно-гігієнічного оцінювання сільськогосподарської продукції, виконаних згідно з чинним законодавством. До проведення гігієнічної оцінки повинен бути отриманий висновок агрономічної служби про ефективність використання відходів у сільському господарстві.

Отже, для використання подової та циклонної золи в якості добрив необхідно пройти всі дозвільні процедури відповідно до Закону України "Про пестициди і агрохімікати"<sup>39</sup> № 86/95-вр від 2 березня 1995 року та Постанови КМУ "Про затвердження Порядку проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації, видання переліків пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні"<sup>40</sup> № 295 від 4 березня 1996 року, з метою визначення можливості та умов їх використання в сільському господарстві.

Фільтраційна зола відноситься до III класу небезпеки, а ставка екологічного податку для неї дорівнює 11,55 грн за 1 т. Цей вид золи необхідно утилізувати або піддавати промисловій переробці. Для зберігання фільтраційної золи повинна використовуватись відповідна тара, що забезпечує її локалізацію, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи і виключає розповсюдження у навколишньому середовищі забруднюючих речовин. Всі процеси, пов'язані із завантаженням, перевезенням і розвантаженням відходів III класу небезпеки, повинні бути механізовані. Транспортування слід проводити в спеціально обладнаному транспортному засобі, призначеному для перевезення відходів відповідного класу небезпеки.

Держстатом України разом з Мінприроди України розроблено та затверджено види обов'язкової звітності підприємств, що здійснюють негативний вплив на оточуюче середовище. Звітність подається у вигляді затверджених форм обов'язкових звітів:

- статзвітність за Формою № 2-ТП (повітря) (річна) "Звіт про охорону атмосферного повітря"<sup>41</sup>;
- статзвітність за Формою № 2ТП-водгосп (річна) "Звіт про використання води"<sup>42</sup>;

38 ДСТУ 4462.3.01:2006 "Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок виконання операцій".

39 Закон України "Про пестициди та агрохімікати" від 02.03.1995 № 86-95-вр. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80>

40 Постанова КМУ від 04.03.1996 р. № 295 "Про затвердження Порядку проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації, видання переліків пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні". <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/295-96-%D0%BF>

41 Наказ Держстату від 27.11.2015 р. № 345 "Про затвердження форми державного статистичного спостереження № 2-ТП (повітря) (річна) "Звіт про охорону атмосферного повітря".

42 Наказ Мінприроди від 16.03.2015 р. № 78 "Про затвердження Порядку ведення державного обліку водокористування".

- статзвітність за Формою № 1 - екологічні витрати (річна) "Витрати на охорону навколишнього природного середовища та екологічні платежі за 20\_\_ рік"<sup>43</sup>;
- статзвітність за Формою № 1-відходи (річна) "Утворення та поводження з відходами за 20\_\_ рік"<sup>44</sup>.

Зазвичай екологічна податкова звітність містить дані про нараховані податкові зобов'язання за певний період, розміри штрафів за забруднення навколишнього природного середовища або несвоєчасну сплату екологічних податків до бюджету.

У разі порушення екологічного законодавства та звітності Кодексом України про адміністративні правопорушення (КУпАПП) передбачена відповідальність у вигляді попереджень та штрафів.

Стаття 78 КУпАПП встановлює відповідальність за порушення порядку викиду забруднюючої речовини в атмосферу або вплив на неї фізичних та біологічних факторів. Так, викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без дозволу спеціально уповноваженого органу виконавчої влади або недодержання вимог, передбачених наданим дозволом, інші порушення порядку здійснення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря або перевищення технологічних нормативів допустимого викиду забруднюючих речовин та нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин стаціонарних джерел під час експлуатації технологічного устаткування, споруд та об'єктів – тягнуть за собою накладення штрафу на посадових осіб від п'яти до восьми неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Перевищення гранично допустимих рівнів впливу фізичних та біологічних факторів на атмосферне повітря або вплив фізичних та біологічних факторів на атмосферне повітря без дозволу спеціально уповноваженого органу виконавчої влади у випадках, коли необхідність одержання такого дозволу передбачена законодавством, – тягне за собою накладення штрафу на посадових осіб від п'яти до семи неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Стаття 79 КУпАПП передбачає відповідальність за недодержання вимог щодо охорони атмосферного повітря при введенні в експлуатацію і експлуатації підприємств і споруд. Так, введення в експлуатацію нових і реконструйованих підприємств, споруд та інших об'єктів, які не відповідають вимогам щодо охорони атмосферного повітря, – тягне за собою попередження або накладення штрафу на посадових осіб від п'яти до восьми неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Порушення правил експлуатації, а також невикористання встановлених споруд, устаткування, апаратури для очищення і контролю викидів в

43 Наказ Держстату від 30.09.2015 р. № 259 "Про затвердження форми державного статистичного спостереження № 1-екологічні витрати "Витрати на охорону навколишнього природного середовища та екологічні платежі за 20\_\_ рік" (річна)".

44 Наказ Держстату від 19.08.2014 р. № 243 "Про затвердження форм державних статистичних спостережень із екології, лісового та мисливського господарства".

атмосферу – тягне за собою попередження або накладення штрафу на посадових осіб від п'яти до восьми неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Справи про адміністративні правопорушення екологічного законодавства розглядаються спеціальними органами, уповноваженими центральним органом виконавчої влади у сфері екології та природних ресурсів України. До справ про адміністративні правопорушення екологічного законодавства мають додаватися відповідні протоколи, які складаються уповноваженими на те посадовцями. Зокрема протоколи з адміністративними порушеннями, передбаченими статтею 78 КУпАП, має право скласти громадський інспектор з охорони довкілля.

Крім того, згідно ст. 236 Кримінального кодексу України встановлено відповідальність за порушення правил екологічної безпеки. Так, порушення порядку здійснення екологічної експертизи, правил екологічної безпеки під час проектування, розміщення, будівництва, реконструкції, введення в експлуатацію, експлуатації та ліквідації підприємств, споруд, пересувних засобів та інших об'єктів, якщо це спричинило загибель людей, екологічне забруднення значних територій, або інші тяжкі наслідки, – караються позбавленням волі на строк від п'яти до десяти років із позбавленням права обіймати певні посади чи займатись певною діяльністю на строк до трьох років.

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ В УКРАЇНІ**

Відхилення якості палива та технічних характеристик обладнання, що використовує біомасу, від розрахункових, а також незадовільні режими експлуатації установок не завжди дозволяють дотримуватися встановлених екологічних вимог. Зокрема, екологічні характеристики обладнання, що використовується в одних країнах, не дозволяють використовувати його в інших країнах без забезпечення державних чи місцевих екологічних норм.

Експлуатація об'єктів, викиди забруднюючих речовин від яких перевищують граничнодопустимі норми, заборонена, а юридичні та фізичні особи підлягають адміністративній відповідальності за порушення діючого законодавства і мають вносити плату за обсяг викидів забруднюючих речовин та додатково сплачувати штрафи за перевищення дозволених обсягів викидів. У зв'язку з цим виникає необхідність застосовувати методи для зменшення вмісту забруднюючих речовин у продуктах згоряння з метою технічного забезпечення екологічних вимог. Ці методи принципово поділяються на дві групи:

- Первинні методи, що являють собою організаційно-підготовчі та



режимні заходи, спрямовані на підготовку палива та організацію процесу спалювання в топковій камері, в тому числі конструктивні рішення котлів.

- Вторинні методи, що являють собою технічні заходи щодо зменшення концентрації утворених забруднюючих речовин у димових газах шляхом застосування спеціалізованого газоочисного обладнання.

Найбільш розповсюдженим є комплексне застосування різних методів, що поєднують у собі низку заходів із забезпечення якісних вимог до складу палива (вологість, зольність, розмір та інше), вибору спеціального обладнання, призначеного для використання палива, встановлення додаткового газоочисного обладнання та виконання режимно-налагоджувальних та еколого-теплотехнічних випробувань, що забезпечують найкращі екологічні показники роботи обладнання та допустимі викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Основними забруднюючими речовинами, що утворюються в процесі енергетичного використання біомаси, є оксиди азоту ( $NO_x$ ), оксид вуглецю (CO), оксиди сірки ( $SO_x$ ), сполуки хлору та тверді частки. Порівняння питомих викидів окремих речовин при спалюванні вугілля та біомаси без системи очистки димових газів та у випадку використання описаних нижче засобів наведено в таблиці 11.

ТАБЛИЦЯ 11– ПОРІВНЯННЯ ПИТОМИХ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД РІЗНИХ ВИДІВ ПАЛИВА, Г/ГДЖ<sup>45</sup>

Речовина	Вугілля				Біомаса			
	без очистки		з очисткою		без очистки		з очисткою	
	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.
Оксиди азоту $NO_x$	137	644	15	64	64	206	21 <sup>1</sup>	32
Оксид вуглецю CO	17	64	-	-	64	193	32 <sup>1</sup>	43
Оксиди сірки $SO_x$	344	2578	13	26	-	34	-	-
Тверді частки	1289	6444	5	9	86	430	4 <sup>2</sup>	6

Примітка:

1 – каталітичне відновлення;

2 – електрофільтр

За показниками викидів основних забруднюючих речовин, за винятком оксиду вуглецю (CO), енергетичне використання біомаси має значні переваги порівняно зі спалюванням вугілля. Разом з тим, деякі питомі викиди забруднюючих речовин від спалювання біомаси, зокрема викиди твердих частинок, перевищують граничнодопустимі концентрації (див. таблицю 7), що вимагає використання методів зменшення обсягів забруднюючих речовин.

Оксиди азоту ( $NO_x$ ) утворюються переважно шляхом окислення

азотовмісних сполук, наявних у паливі, а також внаслідок окислення атмосферного азоту в умовах високої температури в топці котла. Для зменшення їх кількості, в першу чергу, застосовують первинні методи, що пов'язані з належною підготовкою палива, зменшенням температури в камері згоряння, оптимізацією коефіцієнта надлишку повітря, рециркуляцією продуктів згоряння, вприскуванням води та багатоступеневою подачею повітря, з яких останній є найбільш поширеним (рисунок 11).

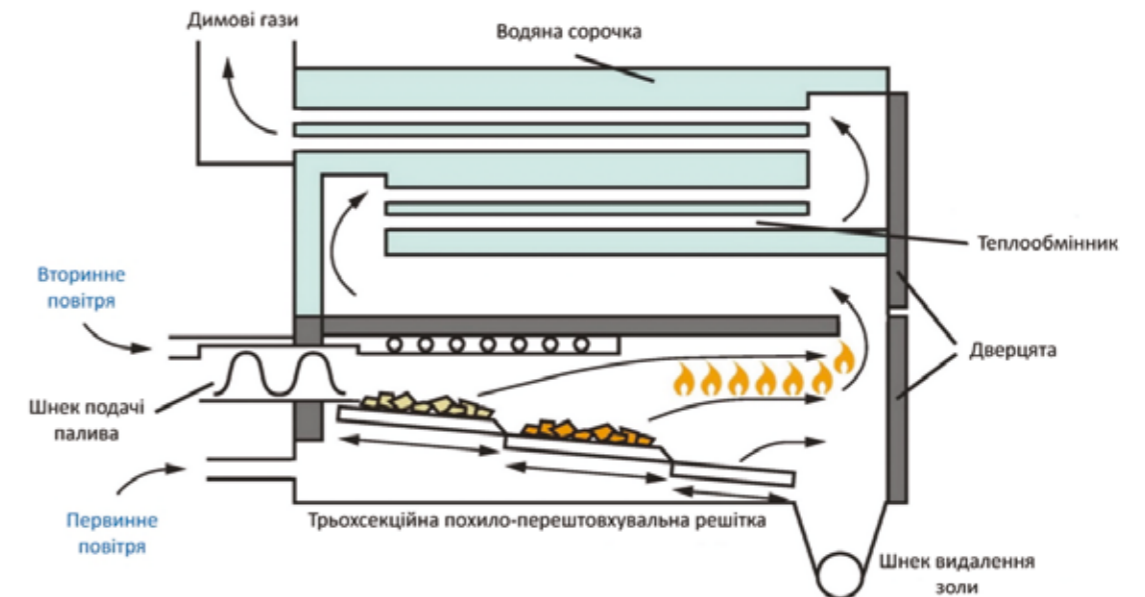


Рисунок 11 – Двостадійна подача повітря в котлі

Первинні методи зниження оксидів азоту є менш витратними, однак характеризуються низькою ефективністю і мають ряд недоліків, що пов'язані з необхідністю встановлення додаткових інженерних систем, збільшенням витрат на власні потреби та збільшенням хімічного недопалу. При цьому може спостерігатися зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла та складності з регулюванням технологічних процесів.

У зв'язку з цим для потужних установок (ТЕЦ і ТЕС) зі значними викидами оксидів азоту можуть застосовуватися вторинні методи, до яких відносяться заходи хімічного очищення димових газів, а саме: окислення оксидів азоту з наступним поглинанням отриманих продуктів, відновлення з використанням каталізаторів та поглинання за рахунок спеціальних сорбентів.

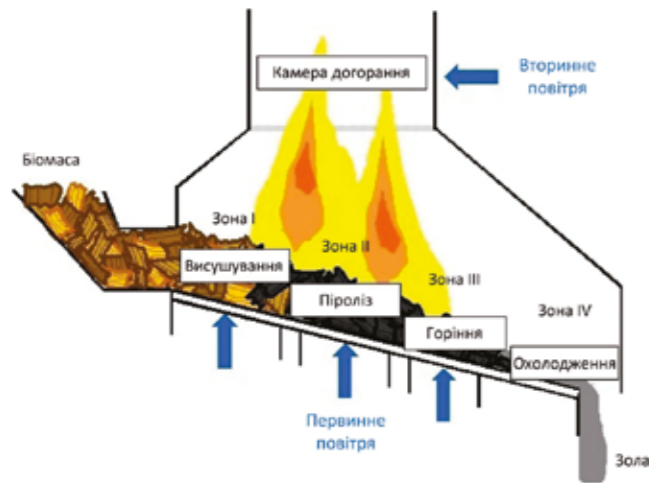
Наявність оксиду вуглецю (CO) в продуктах згоряння вказує на неповне згоряння палива в топці котла. Зменшення викидів оксиду вуглецю, як і інших продуктів хімічного недопалу біомаси (сажі, вуглеводневих сполук), також можливо здійснювати первинними методами, які зазвичай включають оптимізацію конструкції топки та режиму горіння.

Розділення потоку дуттьового повітря на первинний та вторинний із подачею вторинного повітря в зону догоряння палива, по зонне регулювання кількості повітря, оптимізація розмірів колосникової решітки та способу

45 Abrams R. Air Pollution Control System from Biomass Boilers / Conference proceedings of Biomass South 2008. – Sweden, 2008.

подачі палива, його подрібнення, попереднє підсушування до вологості 15-20% і запобігання перевантаженню топки – все це дає можливість скоротити викиди продуктів хімічного недопалу біомаси.

Зокрема, правильне налаштування подачі повітря з розподілом його вздовж решітки відповідно до розподілу палива дозволяє значно покращити ефективність згоряння та знизити викиди оксиду вуглецю (CO) в котлах (рисуюнок 12).



Рисуюнок 12 – Розділена система подачі повітря під решітку котла

Наявність викидів оксидів сірки та хлористих сполук у продуктах згоряння залежить виключно від величини вмісту сірки та хлору в біомасі. Зокрема, підвищений вміст хлору властивий соломі, яка поглинає його з ґрунту. В процесі спалювання соломи за присутності проміжних продуктів згоряння і газифікації хлористих сполук можуть утворюватись діоксини, а також токсичні фосгени (COCl<sub>2</sub>) та хлороводневі сполуки

(HCl). Причиною цього є значна хімічна активність хлору та його властивість приєднуватись до ненасичених сполук, таких як оксид вуглецю (CO).

Єдиним практично прийнятним способом зменшення викидів оксидів сірки та хлористих сполук в умовах котелень є використання первинних методів, що передбачають організаційно-підготовчі заходи, спрямовані на вибір палива з мінімально можливим вмістом сірки та хлору. Наприклад, у свіжій соломі вміст хлору відносно маси може досягати 0,8%. В той же час для злежаної соломи вміст хлору може знижуватись до 0,2%.

Винос твердих часток із продуктами згоряння пов'язаний з наявністю леткої золи, яка являє собою частину золотого залишку, що знаходиться в завислому стані. Цей вид золи осідає на поверхнях нагріву котла, накопичується в золотих бункерах та частково потрапляє в продукти згоряння у вигляді твердих часток, що викидаються в атмосферу. Вміст твердих часток у продуктах згоряння істотно залежить від виду палива, його зольності та технології спалювання біомаси. Наприклад, найменші неконтрольовані викиди твердих часток в обсязі 70 мг/м<sup>3</sup> спостерігаються в процесі газифікації твердої біомаси, в той час як для технологій прямого спалювання біомаси вони можуть коливатись в діапазоні від 300 мг/м<sup>3</sup> до 540 мг/м<sup>3</sup>.

Для очистки продуктів згоряння від твердих часток застосовують вторинні методи, які передбачають використання систем газоочистки, таких як циклони та мультициклони, скрубери, рукавні фільтри та електрофільтри.

Циклони являють собою механічні сепаратори, в яких у результаті



Рисуюнок 13 – Загальний вигляд мультициклона

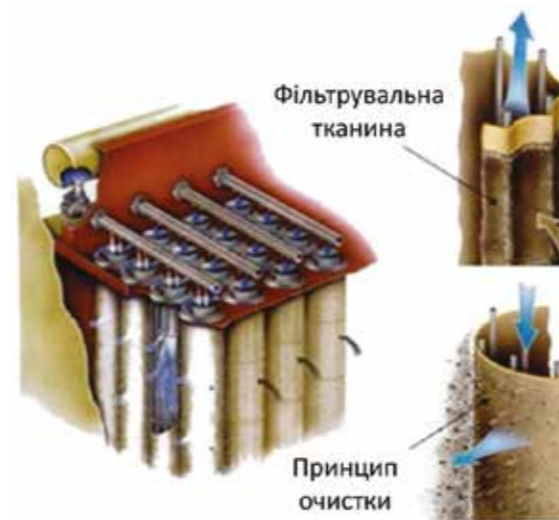
дії відцентрової сили тверді частки відокремлюються від потоку димових газів внаслідок їх швидкого обертання в апараті. Серії циклонів, що працюють паралельно, об'єднують у мультициклони (рисуюнок 13), що дозволяє зменшувати розміри апаратів та підвищувати ефективність очистки. Зокрема, якщо ефективність очистки для циклонів становить близько 65%, то для мультициклонів її значення може досягати 95%.

Основним недоліком циклонів та мультициклонів є незадовільний рівень очищення димових газів, зокрема для дрібних фракцій розміром менше 1 мкм. Для уловлювання та видалення цих часток ефективнішими є мокрі скрубери, в яких використовують водяну плівку, що стікає по стінках апарату та здатна зв'язувати дрібні фракції. Певним аналогом цієї технології є економайзери (рисуюнок 14), які не лише здатні видаляти дрібні фракції з потоку димових газів, а й підвищувати ККД котла внаслідок повернення скидного тепла. Варто зауважити, що використання цих апаратів повинне супроводжуватись організацією зворотного водопостачання та очищення зворотної води від твердих часток.



Рисуюнок 14 – Загальний вигляд та конструкція економайзера

Очищення за допомогою рукавного фільтра базується на використанні в апараті спеціальної фільтрувальної тканини (рисуюнок 15), яка за умови правильного вибору та проектування установки дозволяє досягти ефективності очистки до 99%, в тому числі для часток дуже дрібної фракції (з розміром частинок менше 1 мкм).



Рисуюнок 15 – Конструкція рукавного фільтра

Досвід експлуатації таких газоочисних систем показує, що є ризик загоряння тканини від незгорілих частинок, які можуть попадати у фільтр. Незважаючи на можливість контролювати ризик займання, на великих котлах це майже не застосовується через відсутність штатних співробітників протягом усього часу експлуатації установки.

Крім того, існує ризик забивання чи зношення фільтрувальної тканини, а тому ці апарати вимагають постійного контролю та обслуговування. Із вказаних вище причин тканинні фільтри не рекомендуються для використання в невеликих котлах на біомасі.

Альтернативою рукавних фільтрів є електрофільтри (рисунок 16), у яких тверді частинки відділяються від потоку димових газів в електричному полі коронного розряду. Процес вилучення твердих частинок відбувається шляхом створення на поверхні частинки електричного заряду за допомогою коронуючого електрода з наступним її осадженням на заземленому електроді з протилежним зарядом.



Рисунок 16 – Загальний вигляд системи газоочистки з електрофільтром

Дані апарати газоочистки є надзвичайно ефективним (98-99,5%), причому їх ефективність майже так само висока для частинок розміром від 1 мкм та менше. За ступенем уловлювання електрофільтр відповідає кращим рукавним фільтрам, а його аеродинамічний опір є досить низьким порівняно з останніми. Суттєвими недоліками електрофільтрів є значні капітальні витрати та складність експлуатації. Тому установка цих газоочисних систем є економічно доцільною для котлів на біомасі потужністю 5 МВт і більше.

Таким чином, влаштування системи газоочистки є складним та відповідальним інженерним заходом, що визначає екологічність та надійність роботи котельної установки. Вибір типу та характеристик системи газоочистки визначається на основі масової витрати димових газів (м<sup>3</sup>/год) та початкової і кінцевої концентрації твердих часток (мг/м<sup>3</sup>), що мають задовольняти значенням граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Зокрема, для котлів на біомасі рекомендується використовувати двоступеневу систему очистки на основі циклонів та рукавних фільтрів або електрофільтрів, залежно від потужності установки. В таблиці 12 наведено узагальнені дані щодо ефективності очистки різних газоочисних систем.

ТАБЛИЦЯ 12 – ТИПОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ГАЗООЧИСНИХ СИСТЕМ

Найменування газоочисної системи	Загальна ефективність очистки, %	Ефективність очистки для твердих часток різних розмірів, %					Аеродинамічний опір, Па	
		10 мкм	2 мкм	1 мкм	0,5 мкм	0,1 мкм	мін.	макс.
Циклон	60	90	40	30	10	1	498	1 993
Мультициклон	65-95	95	60	50	20	1	498	1 993
Скрубер Вентурі	87	99,6	99,6	96	90	24	1 245	14 946
Рукавний фільтр	98	99,9	99,9	99	97	95	996	2 491
Електрофільтр	98-99,5	99,9	98	97,5	97	95	125	996

На вітчизняному ринку представлена досить велика кількість виробників газоочисного обладнання для котлів на біомасі (Додаток 1). Серед них близько 20 українських виробників, які мають досвід виробництва, встановлення та обслуговування газоочисного обладнання, в тому числі обладнання, що встановлене на біопаливних котлах.

Основною перевагою використання місцевого обладнання є його вартість, яка значно нижча порівняно із зарубіжними аналогами, та менші витрати на сервісне обслуговування і ремонт. З огляду на те, що в якості фільтрувальних матеріалів використовують якісні імпортовані матеріали, за своїми якісними характеристиками вітчизняне обладнання не буде поступатися іноземним аналогам.

## ВАРТІСНА ОЦІНКА СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ БІОМАСИ

Впровадження відповідних заходів та встановлення системи очистки димових газів призводять до зростання вартості як самого котла, так і котельні в цілому. Ціна котла визначається переважно заводом-виробником залежно від конструктивних особливостей, використаних матеріалів та оснащення. До складу ціни котла також входять первинні заходи зі зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Тому, як правило, дорожчі котли характеризуються кращими екологічними показниками.

Витрати на додаткові системи очистки визначаються в залежності від обсягу утворення димових газів та питомої вартості газоочисного обладнання. Обсяг утворення димових газів при спалюванні різних видів біомаси в умовах, що наближені до нормальних (6%-O<sub>2</sub>, α=1,4), та температурі відхідних газів 200 °C складає 3-3,5 м<sup>3</sup>/год/кВт. Типова вартість газоочисного обладнання складає приблизно: 275 євро/тис. м<sup>3</sup> (діапазон 250-300 євро/тис. м<sup>3</sup>) для циклонів; 550 євро/тис. м<sup>3</sup> (діапазон 500-600 євро/тис. м<sup>3</sup>) для мультициклонів; 6000 євро/тис. м<sup>3</sup> (діапазон 4000-7000 євро/тис. м<sup>3</sup>) для рукавних фільтрів; 10000 євро/тис. м<sup>3</sup> (діапазон 7000-12000 євро/тис. м<sup>3</sup>) для електрофільтрів. При цьому залежно від обсягів утворення димових газів та потужності викиду (масової витрати забруднюючої речовини) можуть застосовуватись багатоступеневі газоочисні системи, в яких на першому ступені встановлюється циклон чи мультициклон (Додаток 2), а на другому – більш ефективний пристрій (рукавний фільтр або електрофільтр).

В таблиці 13 наведені усереднені результати розрахунків обсягів викидів димових газів від котлів різної потужності, що працюють на деревній трісці. Для кожного діапазону потужностей котлів вказано рекомендоване газоочисне обладнання та виконана оцінка його вартості відносно діапазону цін котла, який визначений на основі збору та аналізу комерційних пропозицій.

ТАБЛИЦЯ 13 – РЕКОМЕНДОВАНЕ ГАЗООЧИСНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА СЕРЕДНЯ ВАРТІСТЬ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ КОТЕЛЕНЬ НА ДЕРЕВНІЙ ТРІСЦІ

Потужність котла, кВт	Обсяг утворення димових газів при $\alpha=1,4$ , $T=200^{\circ}\text{C}$ , тис. м <sup>3</sup> /год	Рекомендоване газоочисне обладнання	Вартість котла, тис. євро	Вартість системи очистки, тис. євро	Частка від вартості котла, %
500	1,6	циклон	9,4-22,1	0,4	2-4
1 000	3,3	мультициклон	19,7-170,5	1,8	1-9
1 500	4,9	мультициклон	27,0-330,0	2,7	1-10
2 000	6,5	мультициклон	30,2-376,0	3,6	1-12
4 000	13,0	економайзер	226,1-564,0	200,0	35-90
8 000	23,0	мультициклон+рукавний фільтр	584,5-891,0	12,6+138,0	17-25
10 000	32,5	мультициклон+електрофільтр	730,5-950,0	33,1+325,0	40-50

Видно, що малі установки, масова витрата забруднюючих речовин від яких не перевищує нормативну, можуть бути оснащені відносно недорогими системами очистки, вартість яких становить не більше 10% від вартості котла. Однак для більш потужних установок зі значними масовими витратами димових газів, викиди забруднюючих речовин від яких повинні відповідати суворим граничнодопустимим нормам, слід застосовувати комплексні та дорожчі системи очистки, вартість яких у середньому може сягати до 50% і більше від вартості котла.

## КРАЩІ ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ БІОМАСИ В КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

В комунальному секторі України експлуатується досить велика кількість котелень на біомасі, що використовують сучасне обладнання та системи очистки продуктів згорання, які в цілому дозволяють таким об'єктам задовольняти чинні екологічні вимоги. Ще ряд котелень на базі сучасних та екологічно безпечних технологій готуються до впровадження.

В м. Житомир для опалення загальноосвітньої школи №1 в рамках проекту ПРООН "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні" встановлені та експлуатуються два котли потужністю 250 кВт кожен, що працюють на солом'яних гранулах (рисунок 17). Конструкція котлів дозволяє здійснювати роздільну подачу повітря. Первинне повітря подається під решітку, а вторинне – в зону над паливом, що дозволяє організувати процес горіння з мінімально можливими викидами забруднюючих речовин у продуктах згорання. Кожен котел оснащений автоматичною системою контролю та управління, яка дозволяє здійснювати регулювання режимів роботи котла без участі оператора. Крім того, на котлах встановлені автоматичні системи видалення золи та циклон для очищення від твердих часток. Технічні рішення котлів та газоочисні системи дозволяють котельні загальноосвітньої школи №1 відповідати екологічним вимогам, що наведені в таблиці 14.

ТАБЛИЦЯ 14 – ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ №1



Рисунок 17 – Вигляд циклона у котельні Житомирської загальноосвітньої школи №1

Адреса об'єкта	м. Житомир, вул. Якіра, 26
Встановлена потужність	500 кВт
Витрата палива	130 т/рік
Тип котла	Аверс-250
ККД котла	87%
Викиди NO <sub>x</sub>	400 мг/м <sup>3</sup>
Викиди CO	750 мг/м <sup>3</sup>
Викиди твердих часток	120 мг/м <sup>3</sup>
Скорочення викидів CO <sub>2</sub>	100 т CO <sub>2</sub> -екв/рік

В м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області на комунальному підприємстві "Міськтепловоденергія" здійснено реконструкцію котельні з переобладнанням газового котла ДКВР-10/13 на спалювання деревної тріски вологістю до 55%. Отримана потужність реконструйованого котла становить 5,5 МВт. Для забезпечення ефективного спалювання тріски і дотримання екологічних вимог замінено штатний економайзер котла на підігрівач повітря, організовано позонну подачу первинного та вторинного повітря та рециркуляцію димових газів, а також додатково за котлом встановлено мультициклон для видалення твердих часток (рисунок 18). Всі перелічені заходи дозволили ефективно організувати процес горіння та зменшити



хімічний недопал палива і викиди забруднюючих речовин в атмосферу (таблиця 15).

ТАБЛИЦЯ 15 – ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ  
КП "МІСЬКТЕПЛОВОДЕНЕРГІЯ"



Рисунок 18 – Вигляд циклона у котельні  
Житомирської загальноосвітньої школи №1

Адреса об'єкта	Хмельницький р-н, м. Кам'янець-Подільський, вул. Гордійчука, 2
Встановлена потужність	5500 кВт
Витрата палива	5 000 т/рік
Тип котла	ДКВР-10/13
ККД котла	86%
Викиди NO <sub>x</sub>	260 мг/м <sup>3</sup>
Викиди CO	1280 мг/м <sup>3</sup>
Викиди твердих часток	34 мг/м <sup>3</sup>
Скорочення викидів CO <sub>2</sub>	3 400т CO <sub>2</sub> -екв/рік

В котельні Житомирського обласного психоневрологічного відділення встановлений водогрійний котел Крігер КВм-2,5 потужністю 2,5 МВт (рисунок 19). В якості палива в котлі використовується деревна тріска та тирса, вологість яких може досягати 55%. Котел має двостадійну подачу повітря (розділене на первинне та вторинне). Він обладнаний системою контролю якості горіння, системою очистки внутрішніх поверхонь котла від золи та системою очистки димових газів від твердих часток за допомогою мультициклона з ефективністю близько 97%. Автоматизована система управління котла дозволяє ефективно управляти процесом горіння в діапазоні потужностей 20-100% від номінального навантаження та забезпечувати екологічні вимоги, що наведені в таблиці 16.

ТАБЛИЦЯ 16 – ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ  
ЖИТОМИРСЬКОГО ОБЛАСНОГО ПСИХОНЕВРОЛОГІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ



Рисунок 19 – Загальний вигляд котельні  
Житомирського обласного психоневрологічного відділення

Адреса об'єкта	Житомирський р-н, с. Заречани, вул. Бердичівське шосе, 3
Встановлена потужність	2500 кВт
Витрата палива	3 200 т/рік
Тип котла	КВм-2,5
ККД котла	86%
Викиди NO <sub>x</sub>	350 мг/м <sup>3</sup>
Викиди CO	230 мг/м <sup>3</sup>
Викиди твердих часток	140 мг/м <sup>3</sup>
Скорочення викидів CO <sub>2</sub>	2 500 тCO <sub>2</sub> -екв/рік



Для опалення міжнародного аеропорту "Бориспіль" використовується котел українського виробництва потужністю 5 МВт, який дообладнаний конденсаційним економайзером (рисунок 20), що дозволив підвищити потужність біопаливної котельні на 1 МВт без зміни обсягів споживання палива, в якості якого використовується деревна тріска вологістю до 60%. Крім енергетичного ефекту, економайзер також працює як мокрий скруббер, забезпечуючи вловлювання твердих часток із димових газів, які потрапляють у конденсат (таблиця 17). В свою чергу, забруднений конденсат передається в систему очистки, де насамперед відбувається нейтралізація його рівня рН із наступною обробкою коагулянтном, що дозволяє зв'язати дрібні частки. Далі оброблений конденсат піддають флотації та очищенню в механічних фільтрах із подальшим скиданням в систему каналізації.

ТАБЛИЦЯ 17 – ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ З ЕКОНОМАЙЗЕРОМ МІЖНАРОДНОГО АЕРОПОРТУ "БОРИСПІЛЬ"



Рисунок 20 – Загальний вигляд економайзера на котельні міжнародного аеропорту "Бориспіль"

Адреса об'єкта	Київська обл., м. Бориспіль
Встановлена потужність	5000 + 1000 кВт
Витрата палива	4 700 т/рік
Тип котла	ПОЖ ІНКА-5000
ККД котла	87%
Тип економайзера	Enerstena CEB 1000
Викиди твердих часток	40-50 мг/м <sup>3</sup>
Скорочення викидів CO <sub>2</sub>	3 200 т CO <sub>2</sub> -екв/рік

В ході реалізації проекту з енергоефективності за підтримки швейцарської конфедерації в м. Вінниця збудовано сучасну котельню, яка знаходиться на балансі та експлуатується комунальним підприємством ВМР "Вінницяміськтеплоенерго". В котельні встановлено два котли Mawera потужністю 2,6 МВт кожний, що працюють на деревній трісці вологістю до 55% (рисунок 21). Кожен котел обладнаний водоохолоджуваною решіткою з похилими колосниками, яка розділена на чотири зони подачі повітря та має технічну можливість незалежного регулювання окремих секцій колосників для забезпечення належного спалювання палива. В котлах також передбачена подача первинного та вторинного повітря і рециркуляція димових газів, що дозволяє організувати процес горіння з мінімальним надлишком повітря та максимальною ефективністю роботи котла. За кожним котлом встановлено систему очистки димових газів з використанням мультициклона та електричного фільтра, що забезпечують зниження викидів забруднюючих

речовин до належного рівня в усьому діапазоні потужності роботи котлів (таблиця 18).

ТАБЛИЦЯ 18 – ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ КП ВМР "ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО"



Рисунок 21 – Загальний вигляд приміщення котельні КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго"

Адреса об'єкта	м. Вінниця, вул. Баженова, 15а
Встановлена потужність	6 200 кВт
Витрата палива	6 500 т/рік
Тип котла	VitoflexFSR 2600-LW
ККД котла	до 90%
Викиди NO <sub>x</sub>	<375 мг/м <sup>3</sup>
Викиди CO	<375 мг/м <sup>3</sup>
Викиди твердих часток	<30 мг/м <sup>3</sup>
Скорочення викидів CO <sub>2</sub>	4 411 т CO <sub>2</sub> -екв/рік

## ДОДАТОК 1. ПЕРЕЛІК ВИРОБНИКІВ ГАЗООЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ

№	Назва виробника / торгова марка	Тип газоочисного обладнання					Посилання
		Циклони	Скрубери	Рукавні фільтри	Керамічні фільтри	Електрофільтри	
1	ТОВ "Енергомашекологія", Україна	★		★		★	www.em-eco.net.ua
2	ДЕМЗ-Інжиніринг, Україна			★			www.demz.org
3	Завод газоочисного обладнання, Україна	★	★			★	www.zgo.com.ua
4	НДПП "АІК-ЕКО", Україна	★	★	★		★	www.rdiaik-eko.com
5	ТОВ НВП "Дніпроенергосталь", Україна			★		★	www.destal.net
6	ПАТ "Бердичівський машинобудівний завод "Прогрес", Україна			★		★	www.progress.ua
7	ТОВ "Інститут промислової екології", Україна	★					www.ecologenergy.com
8	Вентиляторний завод "Укрвентсистеми" ПП "НПП Вентсистеми плюс", Україна	★					www.ukrvent.com
9	ГП "Укр НТЦ "Енергосталь", Україна			★			www.energostal.kharkov.ua
10	НПП "Техелектросервіс", Україна			★			www.testes.com.ua
11	ТОВ "Фабрика рукавних фільтрів", Україна			★			www.frf.com.ua
12	ТОВ "Філон-ДК", Україна		★	★			www.filcon.com.ua
13	ПАО "Сєверодонецький ОРГХІМ", Україна	★					www.orghim.ua
14	ТОВ "ТД Хіммашсервіс", Україна	★	★				www.himmashservis.b-i.com.ua
15	ТОВ "ІТЕК "Енергодизайн", Україна	★					www.energo.design
16	"ILD UA", Україна			★			www.ild-ua.com
17	"ECO INSTAL" "Infataub" GmbH АО "МБК "Общешмашконтракт", представництво в Україні			★			www.ecologyomkdp.ua

18	KonsTrack, Україна-Польща	★		★			www.konstrack.com
19	ТОВ СП "ЗВВЗ Україна" АТ "ЗВВЗ-Енвен Інжиніринг"			★		★	www.zvvz.com.ua
20	ТОВ "Арм-Електро", Україна	★					www.arm-elektro.com.ua
21	Hoval, Велика Британія					★	www.hoval.co.uk
22	Donaldson Filtration (GB) Ltd, офіс у Великій Британії			★			www.2donaldson.com
23	LUEHR FILTER GmbH&Co KG, Німеччина			★			www.luehr-filter.de
24	FLSmidth, Данія			★		★	www.flsmidth.com
25	Alstom, Франція					★	www.alstom.com
26	EWK Umwelttechnik GmbH, Німеччина		★	★		★	www.ewk.de
27	Hitachi, Сінгапур Hitachi ZosenInova AG, Швейцарія		★	★		★	www.hitachi-infra.com
28	ACS (Advanced Cyclone Systems), Португалія	★					www.acsystems.pt
29	Tri-Mer Corporation, США		★			★	www.tri-mer.com
30	НТЦ "Бакор", Росія		★			★	www.ntcbacor.ru
31	ОАО "Гомельский завод "Коммунальник", Республіка Білорусь	★					www.gzk.by
32	Jernforsen, Швеція	★	★			★	www.jernforsen.com
33	Nederman, Швеція			★			www.nederman.com
34	JM Stofttechnik AB, Швеція	★		★			www.jmstofttechnik.com
35	CZBA, Чехія	★		★			www.czba.com
36	AAF International, США	★	★	★			www.aafintl.com
37	PureteQ, Данія		★				www.pureteq.com
38	Steinmüller Babcock Environment GmbH, Німеччина		★	★		★	www.steinmueller-babcock.com
39	Götaverken Miljö AB, Швеція	★	★	★		★	www.gmab.se
40	Keppel Seghers, Сінгапур		★	★			www.keppelseghers.com
41	ANDRITZ, Австрія			★		★	www.andritz.com

## ДОДАТОК 2. НОМЕНКЛАТУРА ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИКЛОНІВ

### ЦИКЛОНИ ЦН-11

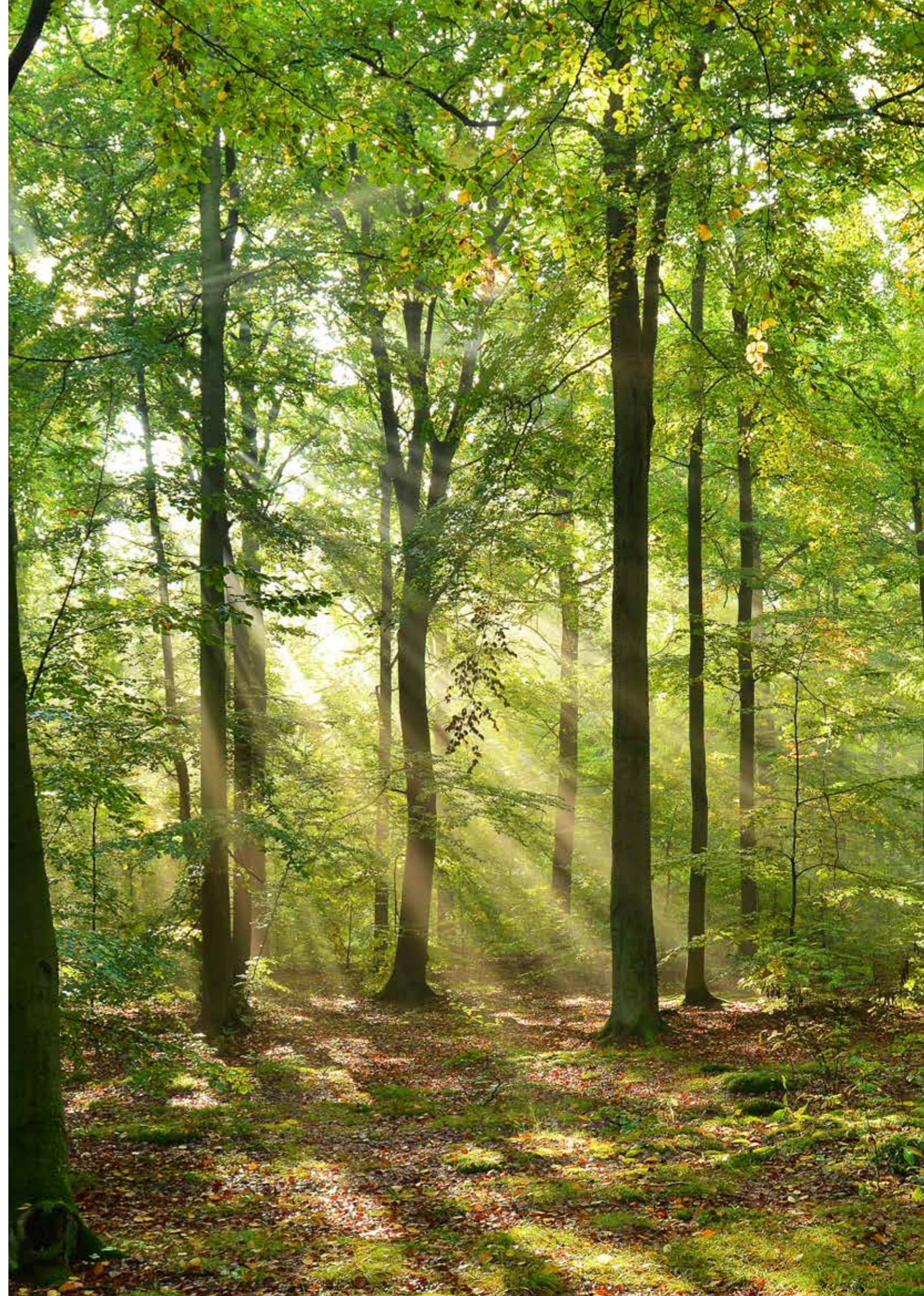
Типо-розмір	Площа поперечного перетину, м <sup>2</sup>	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год		Робочий об'єм бункера, м <sup>3</sup>	Маса з бункером, кг
		Аеродинамічний опір, 0,7 кПа	Аеродинамічний опір, 1,2 кПа		
Одиничне виконання (циклон)					
1 ЦН-11-400	0,125	900	1200	0,17	260
1 ЦН-11-500	0,196	1500	1900	0,21	370
1 ЦН-11-630	0,311	2400	3200	0,33	650
1 ЦН-11-800	0,503	3900	5100	0,56	800
Групове виконання (мультициклон)					
2 ЦН-11-400	0,25	1100	2300	0,31	290
2 ЦН-11-500	0,392	2700	3500	0,5	440
2 ЦН-11-630	0,611	4500	5300	0,6	660
2 ЦН-11-800	1,06	7600	9000	1,15	1440
4 ЦН-11-400	0,5	3600	4700	0,54	820
4 ЦН-11-500	0,784	5500	7100	0,77	1190
4 ЦН-11-630	1,222	9000	11700	1,11	2100
4 ЦН-11-800	2,12	14000	19000	2,27	2800

### ЦИКЛОНИ ЦН-15

Типо-розмір	Площа поперечного перетину, м <sup>2</sup>	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год		Робочий об'єм бункера, м <sup>3</sup>	Маса з бункером, кг
		Аеродинамічний опір, 0,7 кПа	Аеродинамічний опір, 1,2 кПа		
Одиничне виконання (циклон)					
ЦН-15-300×1УП	0,07	630	1000	0,17	170
ЦН-15-400×1УП	0,125	1110	1800	0,17	260
ЦН-15-500×1УП	0,196	1800	2800	0,21	370

ЦН-15-600×1УП	0,282	2500	4100	0,33	500
ЦН-15-700×1УП	0,384	3500	5500	0,47	650
ЦН-15-800×1УП	0,502	4500	7200	0,56	800
ЦН-15-900×1УП	0,635	5700	9200	0,64	980
ЦН-15-1000×1УП	0,785	7100	11300	0,72	1170
ЦН-15-1200×1УП	1,13	10200	16200	1,07	1600
ЦН-15-1400×1УП	1,538	13900	22200	1,42	2130
Групове виконання (мультициклон)					
ЦН-15-300×2УП	0,14	1270	2000	0,2	270
ЦН-15-300×2СП	0,14	1270	2000	0,2	290
ЦН-15-400×2УП	0,25	2300	3600	0,31	440
ЦН-15-400×2СП	0,25	2300	3600	0,31	450
ЦН-15-500×2УП	0,392	3500	5600	0,5	660
ЦН-15-500×2СП	0,392	3500	5600	0,5	650
ЦН-15-600×2УП	0,564	5100	8100	0,6	870
ЦН-15-600×2СП	0,564	5100	8100	0,6	840
ЦН-15-700×2УП	0,768	6900	11100	0,83	1120
ЦН-15-700×2СП	0,768	6900	11100	0,83	1070
ЦН-15-800×2УП	1,004	9000	14400	1,15	1440
ЦН-15-800×2СП	1,004	9000	14400	1,15	1380
ЦН-15-900×2УП	1,27	11400	18300	1,45	1780
ЦН-15-900×2СП	1,27	11400	18300	1,45	1700
ЦН-15-400×4УП	0,5	4500	7200	0,54	820
ЦН-15-400×4СП	0,5	4500	7200	0,54	810
ЦН-15-500×4УП	0,784	7000	11300	0,77	1190
ЦН-15-500×4СП	0,784	7000	11300	0,77	1120

ЦН-15-600×4УП	1,128	10200	16300	1,11	1650
ЦН-15-600×4СП	1,128	10200	16300	1,11	1550
ЦН-15-700×4УП	1,536	13800	22000	1,5	2160
ЦН-15-700×4СП	1,536	13800	22000	1,5	2030
ЦН-15-800×4УП	2,008	18100	28900	2,27	2800
ЦН-15-800×4СП	2,008	18100	28900	2,27	2630
ЦН-15-900×4УП	2,54	22800	36600	2,28	3510
ЦН-15-900×4СП	2,54	22800	36600	2,28	3300
ЦН-15-500×6УП	1,176	10600	16900	1,3	1920
ЦН-15-500×6СП	1,176	10600	16900	1,3	1820
ЦН-15-600×6УП	1,692	15300	24400	2	2640
ЦН-15-600×6СП	1,692	15300	24400	2	2520
ЦН-15-700×6УП	2,304	20800	33100	2,67	3670
ЦН-15-700×6СП	2,304	20800	33100	2,67	3320
ЦН-15-800×6УП	3,012	27100	43300	3,82	4510
ЦН-15-800×6СП	3,012	27100	43300	3,82	4270
ЦН-15-900×6УП	3,81	34300	54900	5,55	5660
ЦН-15-900×6СП	3,81	34300	54900	5,55	5430
ЦН-15-500×8УП	1,568	14100	22600	2,33	2660
ЦН-15-500×8СП	1,568	14100	22600	2,33	2550





Програма розвитку ООН  
Кловський узвіз, 1  
Київ, 01021, Україна  
Tel.: +38 044 253-9363  
Fax.: +38 044 253-2607  
[www.ua.undp.org](http://www.ua.undp.org)  
[www.bioenergy.in.ua](http://www.bioenergy.in.ua)