



ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ЦЕНТР ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ
КВАЛІФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ ОРГАНІВ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ,
ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ, ДЕРЖАВНИХ
ПІДПРИЄМСТВ, УСТАНОВ І ОРГАНІЗАЦІЙ

***БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЕКТИ.
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТІВ
ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ***

Чернігів – 2016

Біоенергетичні проекти. Особливості проектів виробництва теплової енергії з біомаси/ Черніг. центр перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників органів держ. влади, місцевого самоврядування, держ. п-в, установ і орг.; Уклад.: Зінченко С.В. – Чернігів: Сіверський центр післядипломної освіти, 2016. – 33 с.

Затверджено до друку навчально-методичною радою Чернігівського центру перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників органів державної влади, органів місцевого самоврядування, державних підприємств, установ і організацій, протокол № 2 від 15 квітня 2016 р.

© Сіверський центр
післядипломної освіти,
2016

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	6
1.1. Технічні обмеження	7
1.1.1. Обмеження при відведенні земельної ділянки для будівництва	8
1.1.2. Обмеження щодо розмірів санітарно-захисних зон	9
1.1.3. Технічні обмеження при виборі біопалива	11
1.1.4. Обмеження на етапах підготовки до проектування, розроблення проектів котелень на біопаливі, їхнього будівництва та здачі в експлуатацію	13
1.2. Фінансові обмеження	15
1.3. Екологічні обмеження	19
1.4. Соціальні обмеження	29
Список використаних та рекомендованих джерел до розділу	33

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

БЕЕ	Biomass Energy Europe
ІФС/МФК	Міжнародна фінансова корпорація
NPV	чиста поточна вартість
ORC	органічний цикл Ренкіна
ОРІС	Державне інвестиційне агентство США
SMM	соціальний маркетинг
USAID	Агентство США з міжнародного розвитку
АДЕ	альтернативні джерела енергії
НПДВЕ	Національний план дій з відновлюваної енергетики
НПЗ	нафтопереробний завод
НУФ	Німецько-Український фонд
ОВНС	оцінка впливу на навколишнє середовище
ОКВПТГ	Обласне комунальне виробниче підприємство теплового господарства
ОМС	органи місцевого самоврядування
ОП, НПАОП	охорона праці, нормативно-правові акти з охорони праці
ОПЕК	Організація країн-експортерів нафти
СЗЗ	санітарно-захисна зона
ПДК	постійно діюча комісія
ПЕР	первинні енергетичні ресурси
АЕС	атомна електростанція
АПК	агропромисловий комплекс
БАУ	Біоенергетична асоціація України
БДУ	біодизельна установка

ВБО	Всеукраїнська благодійна організація
ВВП	вал відбору потужності
ВДЕ	відновлювані джерела енергії
ВКЕ	валове кінцеве енергоспоживання
ДБН	державні будівельні норми
ДПП	державно-приватне партнерство
ЖКГ	житлово-комунальне господарство
ПЗШ	пальник затиснутого шару
ППП	публічно-приватне партнерство
РЛЦ	ресурсно-логістичний центр
РЦБ	ринкова ціна біопалива
СНД	Співдружність Незалежних Держав
СНП	санітарні норми і правила
ТЕО, ТЕР	техніко-економічне обґрунтування техніко-економічний розрахунок
ЦПГВ	централізоване постачання гарячої води
ТЕС	теплова електростанція
ТЕЦ	теплоелектроцентраль
ТО	технічне обслуговування
ТОВ	товариство з обмеженою відповідальністю
ТУ	технічні умови
Цо, Цт	централізоване опалення, централізоване тепlopостачання

ВСТУП

Енергетичні кризи змушують країни світу скорочувати споживання «блакитного палива» і переходити на альтернативні та відновлювані джерела енергії. Чи не найліпші перспективи з погляду заміщення викопних джерел енергії має біоенергетика. В Україні економічно доцільний потенціал біомаси становить понад 30 млн т умовного палива на рік і може забезпечити до 15% потреб країни в енергії. На разі цей потенціал задіяний лише на 2...4%.

У вітчизняному секторі вироблення теплової енергії із відновлюваних енергоресурсів біоенергетика посідає ключове місце. Водночас комунальній сфері України бракує досвіду заміщення природного газу біомасою в централізованих системах теплопостачання. Як приклад існує реалізований проект у м. Миргород, Полтавської області. За 2 роки втілення Проекту в м. Миргороді побудовано повну логістичну інфраструктуру зі збирання, транспортування, зберігання та постачання місцевої біомаси (соломи) для потреб комунальної теплоенергетики. Місто отримало сучасну комбіновану котельню, яка надає тепло і гарячу воду мешканцям житлового мікрорайону з 10 багатоквартирних будинків, школі та дитсадку. У котельні спалюється 1 500 т соломи або тріски і близько 300 тис. м³ природного газу. Загальна ефективність вироблення теплоти в котельні становить понад 90%, її мульти-паливність забезпечує споживачам надійне та якісне теплопостачання. Економія природного газу для міста є досить значною - понад 600 тис. м³ щорічно.

Досягти таких вагомих результатів було нелегко, у тому числі внаслідок суттєвих обмежень, які стають на заваді більш широкому впровадженню біоенергетичних проектів у комунальній теплоенергетиці. Це обмеження технічного, екологічного, фінансового та соціального характеру, аналіз яких наведений у першому розділі посібника. Облаштування котелень на біомасі в щільній зоні забудови населених пунктів вимагає вирішення низки непростих

питань. Значні труднощі виникають із відведенням земельних ділянок для розміщення будівель котелень і складів біопалива. В умовах уже сформованої системи тепlopостачання з газовими котлами досить складним є підключення до теплових мереж та забезпечення дублювання газу іншим видом палива. Під час реалізації проекту потрібно вивчати та враховувати наслідки для довкілля від спалювання біомаси, а також інтереси жителів, що мешкають неподалік котельні та інших інфраструктурних об'єктів.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТІВ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ

1.1. Технічні обмеження

До технічних належать обмеження, які лежать у площині виконання робіт із практичної реалізації проектів встановлення котелень на біомасі та виникають унаслідок наявності нормативної та законодавчої регламентації усіх етапів процесу впровадження: від вибору об'єкту до здачі котельні в експлуатацію.

Наявність значної кількості технічних обмежень у першу чергу пояснюється тим, що згідно з Постановою КМУ від 26 жовтня 2011 р. №1107 «Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів устаткування підвищеної небезпеки», низка обладнання котелень, як на газовому паливі, так і на біомасі, належить до устаткування підвищеної небезпеки.

Другою причиною наявності технічних обмежень є жорстка нормативна регламентація основних етапів розроблення та реалізації енергетичних проектів на будь-яких видах палива, в тому числі на біомасі. Розглянемо більш детально деякі з наявних технічних обмежень.

1.1.1. Обмеження при відведенні земельної ділянки для будівництва.

Будівництво котелень на альтернативному паливі (зокрема з біомаси), а також об'єктів перероблення та складування біопалива вимагає виділення відповідних земельних ділянок у місцях їхнього розташування. Розміри таких ділянок регламентуються пунктом 8.34 ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень». Для котелень, що стоять окремо та розміщуються в районах житлової забудови, вимагаються розміри земельних ділянок, що визначені в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Вимоги до розміру земельних ділянок для котелень, що працюють на твердому та газоподібному паливі

Теплопродуктивність котелень, Гкал/год (МВт)	Розміри земельних ділянок для котелень, що працюють на паливі, га	
	твердому	газоподібному
5...10 (6...12)	1,0	1,0
Більше 10...50 (12...58)	2,0	1,5
Більше 50...100 (58...116)	3,0	2,5
Більше 100...200 (116...233)	3,7	3,0
Більше 200...400 (233...466)	4,3	3,5

Джерело: пункт 8.34 ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» (http://dbn.at.Ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116)

Згідно зі статтю 8 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», замовник будівництва котельні та майбутній її власник повинен бути також власником (або

користувачем) земельної ділянки, на якій здійснюється будівництво. З огляду на значні території, які займають котельні та склади для палива, відведення відповідних земляних ділянок в умовах щільної сельбищної території, їхнє формування та надання речового права може становити суттєву проблему й також може бути віднесено до технічних обмежень. Речові права на земельну ділянку (як право власності, так і право користування) підлягають державній реєстрації відповідно до Закону України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень».

Детальний порядок державної реєстрації та перелік документів, які необхідно для неї подати, встановлює Порядок державної реєстрації прав на нерухоме майно та їх обтяжень, затверджений Постановою КМУ від 22.06.2011 р. №703.

1.1.2. Обмеження щодо розмірів санітарно- захисних зон.

Окрім розмірів земельних ділянок, що виділяються для котелень, регламентуються також розміри санітарно-захисних зон (СЗЗ). Згідно зі статтею 114 Земельного кодексу України, санітарно-захисні зони створюються навколо об'єктів, які є джерелами виділення шкідливих речовин, запахів, підвищених рівнів шуму, вібрації, ультразвукових та електромагнітних хвиль, електронних полів, іонізуючих випромінювань тощо, з метою відокремлення таких об'єктів від територій житлової забудови.

Такими об'єктами в нашому випадку є котельні на біомасі. У межах СЗЗ забороняється будівництво житлових об'єктів, об'єктів соціальної інфраструктури та інших об'єктів, пов'язаних із постійним перебуванням людей. Вимоги щодо розміру СЗЗ встановлюються «Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів» (далі — Державні санітарні правила), затвердженими Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. №173.

Згідно з вимогами зазначених Правил при виборі земельних ділянок під будівництво котелень, потрібен обов'язковий

експертний висновок органів та установ санітарно-епідеміологічної служби щодо правильності визначення розмірів виробничої території та СЗЗ для таких об'єктів.

СЗЗ встановлюються від джерел шкідливості (для промислових та опалювальних котелень це димові труби, місця зберігання та підготовки палива, джерела шуму) до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, в тому числі дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, закладів соціального забезпечення, спортивних споруд та ін., а також територій парків, садів, скверів та інших об'єктів зеленого будівництва загального користування, ділянок оздоровчих та фізкультурно-спортивних установ, місць відпочинку, садівницьких товариств та інших, прирівняних до них об'єктів.

Розмір СЗЗ встановлюється таким чином, щоб на зовнішній її межі, зверненій до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не перевищували гігієнічних нормативів (гранично допустимих концентрацій, гранично допустимих норм), а на межі курортно-рекреаційної зони — не перевищували 80% значення нормативу. Основою для встановлення СЗЗ є санітарна класифікація підприємств, виробництв та об'єктів, що наведена у Додатку 4 Державних санітарних правил. Наприклад, для складів торфу, дров та інших легкозаймистих речовин (у тому числі соломи) СЗЗ становить 100 м. Для котелень розмір СЗЗ встановлюється на основі розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Розрахунки розсіювання показують, що для такого палива як солома, торф, дрова із зольністю до 10% величина СЗЗ котелень становить від 50 до 100 м залежно від ефективності газоочисних систем. Якщо на території котельні розташований склад зазначених вище видів палива, то санітарна зона вважається рівною не менше 100 м.

Крім СЗЗ, які покликані захистити людей від шкідливого впливу об'єктів будівництва, необхідно передбачити встановлення охоронних зон задля забезпечення стабільної роботи цих об'єктів.

Відповідно до статті 23 Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів», передбачаються охоронні зони магістральних теплових мереж. Такі зони встановлюються уздовж наземних, надземних і підземних трубопроводів у вигляді території, що віддалена на певну відстань по обидва боки від крайніх елементів конструкції теплових мереж та по периметру наземних споруд. Відповідно до статті 24 зазначеного Закону, розмір охоронних зон магістральних теплових мереж визначається паралельними прямими по обидва боки від крайніх елементів трубопроводів та навколо інших об'єктів магістральної тепломережі на відстані від 3,0 м до 5,0 м.

У межах охоронних зон магістральних теплових мереж забороняється виконувати будь-які дії, що можуть порушити стабільну роботу об'єктів теплових мереж, спричинити їхнє пошкодження, нещасні випадки або перешкоджають виконанню планових, аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт.

1.1.3. Технічні обмеження при виборі біопалива.

Одним із наявних технічних обмежень, яке виникає на етапі вибору біопалива, є його відповідність критеріям стабільності, що викладені в статті 17 Директиви 2009/28/ЄС від 23.04.2009 р., про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел (Розпорядження КМУ від 3 вересня 2014 р. № 791 -р «Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС»),

Обов'язкові критерії сталості Директиви 2009/28/ ЄС передбачають:

- скорочення викидів парникових газів щонайменше на 35% (на 50% - з 2017 р. та на 60% - з 2018 р.);
- заборону виробництва сировини на території, що є цінною з погляду збереження біорізноманіття (до таких територій належать природні одвічні ліси та інші лісові площі, в яких відсутні видимі ознаки людської діяльності, а також луки з високим рівнем біорізноманіття); при цьому, виробники біопалива не можуть змінювати цільового призначення земель;
- заборону виробництва сировини на територіях під торфовищами;
- заборону виробництва сировини на територіях, що є значними накопичувачами вуглецю;
- підтримання якості ґрунту (внесення органічних речовин), оптимальне використання залишків продуктів виробництва біомаси для збереження родючості ґрунту, впровадження системи контролю та зберігання інформації про стан ґрунту (забезпечення балансу маси).

Компанії, що продають біопаливо в країнах-членах ЄС, мають довести уповноваженому органу, що біопаливо, яке вони постачають на ринок, відповідає цим критеріям. Із цією метою компанії зобов'язані використовувати незалежний аудит (сертифікацію).

Відсутність в Україні системи нормування якості біомаси та біопалива, яке надходить на внутрішній ринок, відсутність сертифікації, неузгодженість українського законодавства з деякими положеннями Директиви 2009/28/ЄС на сьогодні призводить до неможливості забезпечення критеріїв сталості, що негативно відображається на всіх етапах використання біомаси — від її вирощування і збору до спалювання в топках котлів.

1.1.4. Обмеження на етапах підготовки до проектування, розроблення проектів котелень на біопаливі, їхнього будівництва та здачі в експлуатацію.

Згідно зі статтею 26 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», проектування та будівництво об'єктів (у тому числі й котельні на біомасі) здійснюється в такому порядку:

- отримання замовником або проектувальником вихідних даних;
- розроблення проектної документації та проведення у передбачених законодавством випадках її експертизи;
- затвердження проектної документації;
- виконання підготовчих та будівельних робіт;
- прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів;
- реєстрація права власності на об'єкт містобудування.

Основними складовими вихідних даних є:

- містобудівні умови та обмеження;
- технічні умови;
- завдання на проектування.

На етапі отримання містобудівних та технічних умов, як правило, формуються основні вимоги до об'єкту будівництва щодо його інженерного забезпечення, зокрема водо-, тепло-, енерго- і газопостачання, каналізації, зовнішнього освітлення, відведення стічних вод, телефонізації, телекомунікації, диспетчеризації, пожежної та техногенної безпеки. Найчастіше суттєві технічні обмеження з'являються, якщо в разі реконструкції котельні при переході на біопаливо виникає необхідність у збільшенні споживання води, електричної енергії або посиленні протипожежних заходів. Необхідність у системах підготовки біопалива до спалювання, посилення протипожежного захисту, впровадження систем очищення продуктів згорання, як правило, призводить до збільшення витрат котельнею на біомасі електричної енергії, води,

збільшення пропускної здатності систем водовідведення. Тому реконструкція та будівництво котелень найчастіше супроводжується додатковими роботами з прокладання водогонів, трансформаторних пунктів, кабельних мереж електропостачання.

Суттєві технічні обмеження виникають у ході обов'язкової експертизи (перевірки) проектної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію, технічне переоснащення, реставрацію та капітальний ремонт котелень на біопаливі органами державного пожежного нагляду. Виконання таких норм є обов'язковим для юридичних і фізичних осіб незалежно від форми власності.

Протипожежні обмеження, які необхідно враховувати при вирішенні питань з визначення ефективності використання біопалива для генерування теплоти для комунально-побутових об'єктів, реалізуються за рахунок таких заходів на етапах вибору ділянки та проектування:

- розміщення вибухопожежонебезпечних виробничих і складських будівель із урахуванням переважаючого напрямку вітру, а також рельєфу місцевості;
- встановлення протипожежних розривів між будівлями та спорудами;
- зниження пожежної небезпечності будівель-них матеріалів, що використовуються в зовнішніх огорожувальних конструкціях, у тому числі оздоблення та облицювання фасадів, а також у покриттях.

Низка технічних обмежень може з'являтися не лише на етапі підготовки та здійснення будівництва котельні, а й на етапі прийняття її в експлуатацію та приєднання джерел теплоти до теплових мереж. Основні обмеження на етапі прийняття в експлуатацію виникають в основному внаслідок того, що значна кількість обладнання котелень належить до устаткування підвищеної небезпеки, а роботи з обслуговування, монтажу, демонтажу,

налагодження та ремонту устаткування підвищеної небезпеки класифікуються, як роботи підвищеної небезпеки. Можливість приєднання об'єкта виробництва теплової енергії з ВДЕ до теплових мереж залежить від технічної можливості приєднання об'єкта до теплових мереж. При цьому, не існує механізму компенсації замовнику (інвестору) інвестиційних витрат на будівництво теплових мереж, які необхідні для приєднання об'єктів виробництва теплової енергії з альтернативних джерел.

1.2 Фінансові обмеження

Для фінансування проектів із виробництва теплової енергії з біомаси в Україні можна задіяти низку джерел та інструментів, як-то: державний бюджет, міський бюджет, кредити та гранти міжнародних фінансових організацій, кредити українських комерційних банків, комерційний (товарний) кредит, власні кошти підприємств, проекти міжнародної технічної допомоги, фінансовий лізинг, створення державно-приватних партнерств, енергосервісний підряд (ЕСП)/енергосервісна компанія (ЕСКО), інші інструменти та джерела коштів, не заборонені законодавством України (як, наприклад, добровільні внески громадян, юридичних осіб, пожертви, спонсорські кошти та ін.).

Однак, всі перелічені вище джерела та інструменти фінансування мають певні обмеження та специфіку використання, які необхідно обов'язково враховувати при їхньому виборі для фінансування конкретних проектів із виробництва теплової енергії з біомаси.

Так, залучення коштів державного бюджету для фінансування проектів із виробництва теплової енергії з біомаси регламентується Постановою Кабінету Міністрів України від 4 червня 2014 р. №1652 «Деякі питання використання у 2014 р. коштів щодо здійснення заходів у сфері енергоефективності та енергозбереження».

Згідно з нею, передача бюджетних призначень відбувається тільки у межах видатків розвитку і спрямовується на впровадження заходів із ефективного використання енергетичних ресурсів та енергозбереження, затверджених Постановою КМУ від 17 жовтня 2011 р. №1056, та завдань і заходів із виконання Державної цільової економічної програми енергоефективності та розвитку сфери виробництва енергоносіїв із відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки, яка затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. №243.

Міські бюджети можуть фінансувати проекти з виробництва теплової енергії з біомаси тільки з дотриманням наступних обмежень, які встановлені Бюджетним кодексом України. Капітальні видатки, в тому числі й фінансування проектів з виробництва теплової енергії з біомаси, здійснюються за рахунок бюджету розвитку місцевих бюджетів, який поповнюється, в основному, від продажу майна та землі, що належать відповідній місцевій громаді, а також до якого залучаються місцеві запозичення, як зовнішні, так і внутрішні (Стаття 71). Місцеві зовнішні запозичення можуть здійснювати лише Київська, Севастопільська міські ради, міські ради міст обласного значення. Так, у Полтавській області таких міст всього п'ять, а саме: Полтава, Кременчук, Комсомольськ, Миргород і Лубни. При цьому, місцеві зовнішні запозичення шляхом отримання кредитів (позик) від міжнародних фінансових організацій можуть здійснювати всі міські ради (стаття 16), в тому числі й міста районного значення, такі як Карлівка Полтавської області та ін. Однак, загальний обсяг місцевих запозичень (без урахування гарантійних зобов'язань, що виникають за кредитами (позиками) від міжнародних фінансових організацій) станом на кінець бюджетного періоду не може перевищувати 200% (для міста Києва — 400%) середньорічного індикативного прогнозного обсягу надходжень бюджету розвитку (без урахування обсягу місцевих запозичень та капітальних

трансфертів (субвенцій) з інших бюджетів), визначеного прогнозом відповідного місцевого бюджету на наступні за плановим два бюджетні періоди (стаття 18). В той же час, видатки місцевого бюджету на обслуговування місцевого боргу не можуть перевищувати 10% видатків загального фонду місцевого бюджету протягом будь-якого бюджетного періоду, коли планується обслуговування місцевого боргу (Стаття 74).

Міжнародні фінансові організації як-то: Міжнародний банк реконструкції та розвитку (МБРР, група Світового Банку), Міжнародна фінансова корпорація (МФК), Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) та ін.:

- видають кредити переважно під державні гарантії;
- мінімальний об'єм кредиту переважно становить не менше 5 млн дол;
- гранти переважно видаються як «супровід» кредиту для реалізації інвестиційного проекту та покращення його фінансової ефективності.

Українські комерційні банки кредитують проекти з виробництва теплової енергії з біомаси, що реалізуються переважно в межах одного року, оскільки оперують в основному «короткими» грошми. Проекти, що реалізуються в період більше одного року, кредитуються українськими комерційними банками за наявності державних чи інших (наприклад, від МФО чи урядів іноземних держав — USAID DCA) гарантій. Комерційні (товарні) кредити надаються як відстрочка сплати за продані товари (наприклад, устаткування з виробництва теплової енергії з біомаси) переважно виробником цих товарів і переважно в межах одного року. Конкретні терміни та розмір кредиту залежать від виду та вартості товару, фінансового стану контрагентів і кон'юнктури ринку. Визначальним фактором є фінансовий стан контрагентів, оскільки розмір комерційного кредиту, з одного боку, залежить від

фінансових можливостей кредитора та можливостей рефінансування тимчасово вилучених із господарського обороту обігових коштів, і, з іншого, — від кредитоспроможності позичальника. За цих обставин комерційний кредит вважається особливо ризиковим для кредитора.

Для оформлення договору фінансового лізингу устаткування з виробництва теплової енергії з біомаси лізингодержувач має сплатити аванс в розмірі від 20 до 50% вартості основного засобу. Окрім того, вартість устаткування з виробництва теплової енергії з біомаси, взятого у фінансовий лізинг, включатиме не лише відсотки, але й винагороду лізингодавця та витрати на його страхування, тому вона переважно буде вищою порівняно з вартістю кредиту. Фінансування проектів із виробництва теплової енергії з біомаси за рахунок власних коштів підприємств обмежується переважно тільки їхнім обсягом та наявністю у підприємства взагалі.

Однак, для комунальних підприємств теплоенерго фінансування проектів виробництва теплової енергії з біомаси відбуватиметься у відповідності до затвердженої національним регулятором або органом місцевого самоврядування інвестиційної програми через спеціальні інвестиційні рахунки. Проекти міжнародної технічної допомоги переважно спрямовані на надання фахової висококваліфікованої технічної допомоги в підготовці та реалізації проектів із виробництва теплової енергії з біомаси та далеко не завжди їхня реалізація супроводжується грантовим фондом для готівкового спів- фінансування таких проектів.

Особливо привабливим інструментом реалізації проектів із виробництва теплової енергії з біомаси для малих міст (районного значення) та селищ міського типу (які взагалі не можуть скористатися кредитами міжнародних фінансових організацій) є створення державно-приватних партнерства (ДПП) відповідно до Закону України «Про державно-приватні партнерства» та

спеціального законодавства. Державний партнер — територіальна громада — створює сприятливі умови для реалізації проектів виробництва теплової енергії з біомаси, а приватний партнер забезпечує його фінансування та, власне, реалізацію. Однак, для підготовки ДПП (ТЕО, проект договору, вибір приватного партнера та ін.) місцеві бюджети повинні передбачати відповідні кошти. Упровадження проектів із виробництва та постачання теплової енергії з біомаси може здійснюватися енергосервісною компанією (ЕСКО) за рахунок її власних коштів на основі договору про енергосервісний підряд (ЕСП).

Проте, такі договори укладаються переважно на термін від 10 до 15 років, й інвестиція ЕСКО повертається їй за рахунок майбутньої економії, яка забезпечується ЕСКО внаслідок реалізації цього проекту, від визначеного та зафіксованого на весь період дії (від 10 до 15 років) договору про енергосервісний підряд рівня видатків (чи тарифів) контрагента.

Для впровадження проектів із виробництва теплової енергії з біомаси можуть використовуватися й інші не заборонені законодавством України джерела та інструменти — добровільні внески громадян, юридичних осіб, пожертви, спонсорські кошти та ін.

1.3 Екологічні обмеження

До екологічних обмежень належать правила та нормативи, які регламентують порядок підготовки до будівництва, проектування та приймання в експлуатацію об'єктів біоенергетики щодо забезпечення в районі їхнього розташування допустимих гігієнічних нормативів забруднення атмосферного повітря, води, ґрунту, рівня шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, статичної електрики.

Вміст забруднювальних речовин у складі продуктів згорання палива суттєво залежить від його виду, способу спалювання і режиму горіння. Це відноситься як до природного газу, так і до

біопалива. Стосовно біопалива, як одного із видів твердого палива, існує також залежність токсичності викидів в атмосферу від стадії горіння палива. Так, наприклад, вміст продуктів хімічного недопалу різко збільшується на кожному етапі стадії періодичного завантаження топкового простору.

Підвищення енергоефективності та скорочення споживання енергії є обов'язковою умовою впровадження джерел чистої енергії. Це перший та обов'язковий етап диверсифікації викопних вуглецевих видів палива, який технічно уможлиблює сам процес переходу на чисті та безпечні види енергії, та, у низці випадків, робить цей перехід економічно доцільним та ефективним, а відтак — і життєздатним.

Основні інженерні рішення щодо вирішення проблем забруднення довкілля при впровадженні котелень на біомасі, як і оцінка екологічного впливу таких об'єктів на довкілля, повинні бути викладені в результатах Оцінки впливу на навколишнє середовище, що входить до проектної документації на будівництво відповідно до ч.1 статті 31 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Основною причиною виникнення екологічних обмежень є те, що при спалюванні біомаси рівень забруднення атмосфери, води та ґрунту, а також рівень шуму більший, порівняно зі спалюванням газоподібного палива.

При використанні біомаси як палива для котлів систем теплопостачання, екологічні вимоги реалізуються вимогою дотримання санітарно-захисних розривів для котелень. Згідно з п.4.5 розділу 4 ДБН 36-92**«...мінімальні санітарно-захисні розриви для котелень повинні бути не менше 50 м». Зміна розмірів СЗЗ може здійснюватися на підставі висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи проектних матеріалів на будівництво котелень. При цьому розмір СЗЗ встановлюється так, щоб на зовнішній її межі концентрації та рівні шкідливих факторів не

перевищували їхні гігієнічні нормативи (для атмосферного повітря — гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин).



До таких забруднювальних речовин належать характерні інгредієнти, які утворюються при спалюванні біомаси, у тому числі: оксиди азоту NO_x , монооксид карбону CO , дисперсні часточки (пил, зола) та сірчистий ангідрид SO_2 . Процеси спалювання біомаси супроводжуються також викидом в атмосферу такого парникового газу, як діоксид карбону CO_2 . Величину викидів в атмосферу забруднюючих речовин

можна визначити згідно з наявними розрахунковими методиками, даними заводів-виробників паливоспалювального обладнання, а також на основі реальних вимірювань на діючому устаткуванні.

Для визначення викидів в атмосферу парникових газів використовують коефіцієнти викидів (КВ), які приймають згідно з даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, 2006 р.) або з Європейською довідковою базою даних життєвого циклу (ЄБЖЦ, СДЦ, 2009 р.). Можливим є також використання коефіцієнтів викидів парникових газів, що наведені в Національному кадастрі антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів за 1990-2010 рр. Результати розрахунків викидів за методиками МГЕЗК та ЄБЖЦ, СДЦ наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Коефіцієнти викидів парникових газів (КВ), т СО /МВт-год

Вид палива	Викиди за методиками МГЕЗК	Викиди за методиками СДЦ
Автомобільний бензин	0,249	0,299
Антрацит	0,354	0,393
Природний газ	0,202	0,237
Деревина	0...0,403	0...0,405
Сонячна енергія	0	-
Геотермальна енергія	0	-

Із табл. 1.2 видно, що величини КВ, які характеризують викиди в атмосферу в т на 1 МВт*Год виробленої теплоти за різними методиками, відрізняються. Тому при здійсненні розрахунків скорочення викидів парникових газів за результатами впровадження енергоефективних заходів, або заміни традиційних викопних видів палива на чисті види енергії необхідно користуватись однією з наведених вище методик як до, так і після впровадження заходів.

Цікавим є також те, що згідно з наведеними даними при розрахунку викидів парникових газів від деревини, як і від інших видів біомаси, нульове значення коефіцієнтів викидів (що засвідчує екологічну нейтральність таких видів палива) має місце лише у випадку, якщо біопаливо отримано згідно з критеріями сталості Директиви 2009/28/ЄС. В інших випадках викиди парникових газів обчислюються для біомаси як для звичайного виду викопного палива, і згідно з даними табл. 1.2, вони будуть перевищувати викиди СО₂ для таких видів палива, як антрацит, бензин і природний газ (у 2 рази).

Таким чином, перехід на біомасу далеко не завжди означає можливість скорочення викидів парникових газів в атмосферу.

Більш детальний аналіз підтверджує логічність таких обмежень і піддає сумнівам оптимізм деяких фізичних та юридичних осіб, які декларують абсолютну екологічну безпеку переходу роботи котелень із природного газу на біомасу або навіть про обов'язкове та беззастережне скорочення викидів в атмосферу парникових газів та інших шкідливих інгредієнтів продуктів згорання.

Виконані дослідження свідчать про те, що біомаса, як правило, містить у своєму складі сірку, що призводить до наявності у складі продуктів згорання сірчистого ангідриду SO_2 . Окрім того, допустимі за нормативами та дійсні концентрації двох інших характеристик токсичних інгредієнтів у складі продуктів згорання — оксидів азоту NO_x і монооксиду карбону CO , суттєво перевищують відповідні показники такого палива, як, наприклад, природний газ.

Концентрації забруднюючих речовин у продуктах згорання котла потужністю 1 Гкал/год на біомасі згідно з даними комерційних пропозицій заводів-виробників котлів за умови концентрації кисню в продуктах згорання на рівні 13% і при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha=2,6$ після газоочисної процедури становлять:

- оксиди азоту (NO_x) — 400 мг/м³;
- монооксид карбону (CO) — 250 мг/м³;
- тверді частинки — 20 мг/м³.

Концентрації наведені за умови використання на котельні двоступеневої технології очищення газів: золоуловлювач на першій ступені — для очищення від твердих часточок золи до концентрації не більше 125 мг/м³ і тканинний фільтр на другій ступені — з очищенням до концентрації твердих часточок золи не більше 20 мг/м³.

Необхідно зауважити, що при виконанні розрахунків розсіювання у вітчизняній практиці використовують концентрації шкідливих інгредієнтів, які повинні бути приведені до концентрації кисню в продуктах згорання на рівні 0%. При цьому, коефіцієнт надлишку повітря (α) повинен дорівнювати одному (1). Таким чином, перераховані концентрації шкідливих інгредієнтів на виході із фільтрів будуть становити:

- NO_x — 1 050 мг/м³;
- CO — 650 мг/м³;
- тверді часточки — 50 мг/м³;
- SO_2 за умови сірчистості соломи 0,1% мас. — 909 мг/м³.

Отримані вище характеристики токсичності продуктів згорання добре корелюють з європейськими нормативами.

Проблемним є також наявність хлору у складі біомаси. Наприклад, до соломи хлор потрапляє із ґрунту. Аналіз ґрунту різних районів Полтавської області підтверджує наявність у ньому зв'язаного хлору в кількості від 0,1% до 0,2% мас. Причиною наявності хлору є, очевидно, практика внесення мінеральних калійних добрив, основу яких становить хлорид калію.

При проходженні високотемпературної зони топки за присутності проміжних продуктів горіння і газифікації хлормістких сполук у продуктах згорання можуть утворюватися високотоксичні інгредієнти, такі як діоксини, а також токсичні фосгени COCl_2 , хлорводневі сполуки. Підтвердженням цього є значна хімічна активність хлору та його спроможність приєднуватися до ненасичених сполук, таких як CO .

Для попередження утворення високотоксичних хлормістких сполук, температура в топковому просторі паливоспалювального обладнання не повинна бути меншою за 1 200 °С. Але розрахунки дійсної температури горіння соломи показують, що навіть за умови спалювання абсолютно сухої соломи, дійсна температура згорання

у котлі не перевищує 970°C, суттєво зменшуючись у ході збільшення вологості палива.

Суміш хлору з воднем, які присутні в соломі, може горіти з утворенням у продуктах згорання хлористого водню (парів соляної кислоти), що, у свою чергу, призводить до інтенсивної корозії поверхонь нагрівання котлів, особливо в умовах конденсації продуктів згорання.

Екологічні характеристики продуктів згорання біомаси вологістю 10% порівняно з відповідними характеристиками продуктів згорання природного газу для котла потужністю 1 Гкал/год наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Екологічні характеристики викидів в атмосферу від котла потужністю 1 Гкал/год при роботі на природному газі та подрібненій соломі

№	Характеристика викидів продуктів згорання	Одиниці виміру	Величина характеристики для різних видів палива	
			природний газ	солома
1	Витрати палива	м ³ /год	133	387
2	Питомий об'єм продуктів згорання	м ³ /кг	11,5	6,0
3	Концентрація токсичних і шкідливих інгредієнтів у продуктах згорання за концентрації кисню у продуктах згорання 0% об.:	мг/м ³		
	- оксидів азоту	мг/м ³	250	1050
	- монооксиду вуглецю	мг/м ³	125	650

	- твердих часточок	мг/м ³	-	50
	- діоксиду сірки	кг/кг	-	0,0012
	- хлористих сполук	кг/кг соломи	-	0,0039
	- діоксиду карбону	кг/м ³ газу	1,3	1,88
5	Кількість годин роботи на номінальній потужності	год	4 488	
6	Валовий викид токсичних і шкідливих інгредієнтів	т/рік		
	- оксидів азоту		1,72	10,9
	- монооксиду вуглецю		0,86	6,77
	- діоксиду сірки		-	2,08
	- хлористих сполук		-	6,77
	- твердих часточок		-	0,52
	- діоксиду карбону		1 170	1 180

Аналіз даних табл. 1.3 показує, що валові викиди в атмосферу токсичних інгредієнтів продуктів згорання соломи в десятки разів більші за викиди продуктів згорання природного газу. Це вимагає ретельного розгляду питань про вплив на довкілля викидів котлів на біомасі та вибору місць розташування таких котлів у щільній зоні забудови населених пунктів. Як правило, такі питання повинні урегулюватися за рахунок вибору конструкцій топок і режимів горіння, які забезпечують мінімальний рівень утворення забруднюючих речовин, дотримання санітарно-захисних зон котелень, виконання містобудівних умов і обмежень, упровадження високоефективних газоочисних установок.

Так, для зменшення виходу оксидів азоту NO_x найбільш доцільно, з огляду на практичну відсутність дієвих промислових способів їхнього очищення, здійснювати заходи зі скорочення

їхнього утворення (зменшення теплового напруження топкового простору, оптимізація коефіцієнту надлишку повітря, рециркуляція продуктів згорання в топковий простір, ступенева подача повітря). Котли, які обладнано такими пристроями, можуть забезпечити суттєве скорочення викидів оксидів азоту NO_x в атмосферу без використання газоочисних систем.

Регулювання викидів монооксиду вуглецю CO , як і інших продуктів хімічного недопалу (сажі, вуглеводневих сполук), також можливо виконувати вибором конструкції топки та режимів горіння. Розділення потоку дуттьового повітря на первинний і вторинний з подачею вторинного повітря у зону догорання, позонне регулювання кількості повітря, оптимізація розмірів колосникової решітки та способу подачі палива, роздрібнення палива, його попереднє підсушування до вологості 15...20% і запобігання перевантаженню топки - все це дає можливість скоротити викиди продуктів хімічного недопалу в атмосферу. Відсутність таких опцій у конструкції котлів і проекті котельні призведе до утворення значної кількості продуктів хімічного недопалу, для яких основним способом очищення є метод вогневого знешкодження (допалювання).

Щодо викидів діоксиду сірки та хлористих сполук, єдиним практично прийнятним заходом в умовах централізованих котелень є вибір палива з мінімально можливим вмістом у ньому сірки та хлору. У табл. 1.4 наведено дані про елементарний склад деяких видів палива. Як видно з табл. 1.4, вміст сірки та хлору в деревині значно менший за інші види палива.

Таблиця 1.4. Основні характеристики біомаси

Елементарний склад, % мас.:	Свіжа солома	Злежала солома	Солома 1	Солома 2	Деревина
карбон	42	43	43,1	45,64	48...50
оксиген	37	38	39,8	41,36	38...42

гідроген	5	5,2	5,3	5,97	6,0...6,5
хлор	0,75	0,2	0,8	0,392	0,01
калій	1,18	0,22	6,1 мг/кг	-	-
азот	0,35	0,41	0,6	0,37	0,5...2,3
сірка	0,16	0,13	0,2	0,08	0,05
Нижча теплота згорання, Онр, МДж/кг	14,4	13,5	15	15,01	16,0
Вміст летючих речовин, % мас.	>70	>70	72	80,2	-
Зольність, %	4,5	5,9	6,6	6,59	0,6
Температура початку деформації золи, °С	735...840	-	-	730	1 150...1 450
Температура плавлення золи, °С	800...1 000	950...1 100	1 140	1 150	1 250... 1 650
Вологість, % мас.	10...20	10...20	дані відс.	11,2	10...20

Винос летючої золи з продуктами згорання залежить від виду палива, вмісту золи у паливі, способу його спалювання, а також режимів роботи топкового простору. До складу золи входять усі негорючі мінеральні елементи палива (калій, кальцій, магній, залізо, кремній, фосфор, сірка, бор, марганець та ін.). Розмір часточок летючої золи — менше 0,3 мм, що обумовлює складність процесу очистки продуктів згорання від золи. Частина золи провалюється крізь колосникову решітку, частина видаляється системою золовидалення, а деяка частина виноситься з димовими газами. Вміст золи в соломі значно перевищує зольність деревини (див. табл. 1.4). Перехід від шарового спалювання палива на колосниковій решітці до камерного або вихрового спалювання,

збільшення розрідження у топковому просторі, роздрібнення біомаси призводить до збільшення виносу золи з продуктами згорання та збільшення забруднення атмосфери.

Очистку продуктів згорання від летючої золи необхідно здійснювати, як правило, в двоступеневих системах — на першій ступені встановлюють групові батарейні циклони (мультициклони), які забезпечують ефективність очистки близько 70...75%, а на другій ступені — високотемпературні тканинні фільтри з ефективністю очистки до 95...96%.

Таким чином, використання біомаси в якості палива повинно супроводжуватись ретельним техніко-економічним обґрунтуванням, в якому необхідно враховувати всі види обмежень.

1.4 Соціальні обмеження

Проте, реальному залученню мешканців до прийняття рішень стосовно впровадження біоенергетичних проектів заважає низка обмежень соціального характеру. До них можна віднести:

1. Відсутність повноцінного діалогу між владою та громадськістю. Не всюди й не завжди влада та громадськість розуміють одне одного та намагаються вирішувати спірні питання на основі конструктивного діалогу. Залучення громадськості іноді просто декларується, а частіше носить формальний характер. Тому рішення, які прийматимуться владою без повноцінного діалогу з громадськістю, можуть бути або незрозумілими людям, або такими, що не відповідають їхнім інтересам і цінностям. Оскільки громадськість не відчуватиме себе причетною до прийняття рішень, вони не будуть нею підтримуватися. Як свідчить досвід, виконання таких рішень нерідко гальмується, а іноді вони взагалі залишаються лише на папері.

2. Незначна частка організованої громадськості. Труднощі із залученням громадськості пов'язані з тим, що в більшості міст частка організованої громадськості є незначною. Створення органів

самоорганізації населення — будинкових та вуличних комітетів — йде повільно, а серед наявних, на жаль, не всі працюють ефективно. Сьогодні в Україні лише близько 17 тис. об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (хоча вже прийнято Закон України №417-19 від 14.05.2015 р., який має сприяти ОСББізації країни, тому маємо надію, що частка організованої навколо житлово-комунальних проблем громадськості поступово зростатиме). У невеликих містах мало активних громадських організацій, які б діяли в напрямку сприяння розвитку громади, а не відстоювали лише права членів своїх цільових груп. Якщо ж такі організації є, частіш за все вони недостатньо впливові. Неорганізовану ж громадськість дуже важко залучати до процесу розроблення та прийняття важливих рішень. Тому одним із важливих завдань міської влади має бути ініціювання та підтримка створення громадських організацій, які своєю метою ставлять розвиток міста. Ефективними громадськими інституціями є ресурсні центри підтримки ОСББ, інформаційно-ресурсні центри чистої енергії тощо, які створюються за спільної ініціативи місцевої влади та громадськості.

3. Трудомісткий процес організації співучасті громадян у розробці та впровадженні проектів, у тому числі тих, що передбачають вироблення теплової енергії з біомаси. У розвинених країнах витрати на залучення громадян до обговорення інфраструктурних проектів зазвичай доходять до 25% суми витрат на проектно-вишукувальні роботи. Вивчення політичної та соціальної ситуації в районі впроваджуваного проекту, виявлення активних лідерів та їхніх поглядів на проблему, робота із засобами масової інформації, зустрічі з населенням тощо є трудомісткими, але важливими складовими громадської участі. В Україні законодавчо визначені механізми залучення громадськості до прийняття рішень щодо проектів, реалізація яких може негативно вплинути на навколишнє середовище. Проте під час розроблення та впровадження біоенергетичних проектів прописані законодавством процедури не завжди виконуються належним чином і в повному обсязі. Це пов'язане в тому числі й з тим, що громадськість недостатньо

обізнана щодо своїх прав здійснювати громадський контроль подібних проектів.

4. Неповне усвідомлення мешканцями необхідності заміщення природного газу альтернативними джерелами енергії. Багато років основним джерелом енергії в системах централізованого теплопостачання у великих та малих містах нашої країни був дешевий природний газ. У селах та селищах мешканці часто за свої кошти прокладали газові труби, щоб мати в домівках чисте «блакитне паливо» замість деревини чи вугілля. Тому для деяких людей вироблення тепла з біомаси означає регрес. Як сказала одна жінка з м. Миргорода під час проведення фокус-групового обговорення проблеми заміщення природного газу біомасою: «На дворі 21 вік, а ми маємо повернутися до соломи. Це навіть не минуле, а позаминуле століття!». Інші учасники висловлювали схожі думки: «Наша земля багата газом, для чого нам солома?», «Стільки років використовували газ, а тепер раптом взялися його заміщувати» тощо. Особливо негативне ставлення до впровадження АДЕ характерне для жителів приватного сектору, які побоюються, що їх примусять замінювати газові котли на твердопаливні. Більшість людей взагалі не замислюються про вичерпність викопних енергоресурсів. Говорячи про альтернативні джерела енергії, мешканці частіше називають сонце, вітер, воду (ніж біомасу), проте вони недостатньо обізнані щодо переваг та недоліків їхнього використання. Досить багато мешканців не мають навіть гадки, чим можна замінити природний газ у їхньому регіоні.

5. Недостатня поінформованість щодо екологічних аспектів переходу на АДЕ та ВДЕ. Питання екології були і є у фокусі уваги активної громадськості. Наприклад, коли у фокусних групах ішлося про вироблення теплової енергії з біомаси, люди висловлювали побоювання стосовно забруднення атмосферного повітря внаслідок виділення продуктів її згорання. Мешканці у своїй більшості мають дуже поверхневі уявлення щодо процесу вироблення теплоти з використанням біомаси («солома нетривка, це ж її треба весь час підкидати в топку котла»), газоочисного обладнання («там, мабуть,

повинні бути фільтри»), яке використовується при цьому тощо. Інформація про успішний досвід європейських країн, які взяли на себе зобов'язання щодо скорочення викидів вуглекислого газу на тлі збільшення частки теплової енергії, виробленої з біомаси, відома небагатьом.

6. Невиправдані очікування щодо зменшення тарифів на теплову енергію в найближчій перспективі внаслідок заміщення природного газу біомасою. Частина мешканців сподівається, що використання біомаси в міських системах централізованого теплопостачання відразу приведе до зменшення тарифів на теплову енергію в їхніх містах. Закріплення такої думки в масовій свідомості є досить небезпечним явищем, оскільки може викликати розчарування та песимізм стосовно доцільності впровадження біоенергетичних проектів. Відповідно, людям треба пояснювати, що біоенергетичні проекти ще тільки починають свій поступ в Україні. Частка природного газу, що заміщується біопаливом, є незначною та не може вплинути на ціноутворення, тим більше, що для переважної більшості міських теплопостачальних підприємств тарифи на теплову енергію встановлюються на центральному рівні. Треба розвіювати необґрунтовані очікування людей і надавати інформацію щодо реальних переваг використання біомаси в якості джерела енергії: збільшення кількості робочих місць, розвиток нових бізнесів, підтримка вітчизняного агровиробника тощо.

Для подолання описаних вище обмежень необхідно впроваджувати різні форми та методи активізації громадської участі, зокрема досліджувати громадську думку, давати об'єктивну оцінку її поточного стану, формувати виважену громадську позицію щодо необхідності заміщення природного газу, екологічних та економічних аспектів переходу на АДЕ та ВДЕ. Необхідне проведення активної та адресної інформаційно-роз'яснювальної роботи із цих питань як на національному, так і на місцевому рівнях. Причому, ця кампанія має проводитися не фрагментарно, час від часу, а на постійній основі як справа загальнодержавного значення.

Список використаних та рекомендованих джерел

1. Бернадинер М.Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М.Н. Бернадинер, А.П. Шурыгин. - М.: Химия, 1990. - 301 с.
2. Виробництво теплової енергії із біомаси. Аналіз законодавства, регуляторних аспектів і податкової політики та рекомендації щодо необхідних змін у чинному законодавстві. Звіт, підготовлений ВБО «Інститут місцевого розвитку» у рамках виконання Проекту «Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород». - К., 2014. - 100 с.
3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затв. наказом Мін. охорони здоров'я України від 19.06.1996 №173. - К., 1996. - 87 с.
4. Національний кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів за 1990-2011 рр. [Електронний ресурс] / Державне агентство екологічних інвестицій України. - Режим доступу: <http://www.seia.gov.ua/>.
5. Шеліманова О.В. Визначення горючих характеристик соломи та аналіз процесів її горіння та газифікації/О.В. Шеліманова, В.А. Колієнко// Науковий вісник НУБІП України. - 2014. - №194/2-С.219 - 227.