



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

МУНІЦИПАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА
РЕФОРМА В УКРАЇНІ

**Висновок та техніко-економічне обґрунтування
(концепція) проекту
«Будівництво та експлуатація комплексу для
виробництва електричної енергії шляхом збору та
утилізації звалищного газу з полігону твердих побутових
відходів у місті Хмельницькому»**



ЗМІСТ

1	Ідея проекту.....	1
2	Опис об'єкту	4
3	Опис технології.....	9
4	Техніко-економічна ефективність проекту.....	22
5	Екологічна ефективність.....	25
6	Інституційні аспекти	25
7	Правове регулювання поведження з ТПВ	27
8	Можливі правові умови та форми договорів ДПП.....	29
9	Проблеми полігону ТПВ. SWOT аналіз проекту збору та утилізації БГЗ	31
10	Висновки	33
11	ДОДАТКИ.....	34

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

БГЗ - біогаз звалищ

БКУ - блок комерційного обліку

БМ - біометан

ВОТ - Будівництво-Володіння-Експлуатація-Передача (Build – Operate – Transfer)

ДБН - Державні будівельні норми України

ДПП - Державно-приватне партнерство

ЕЕ - енергоефективність

ЕМ - енергоменеджмент

КГУ - когенераційна установка

КП - комунальне підприємство

МГЕЗК - Міжурядова група експертів з питань змін клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)

МЕА - моноетаноламін

МЕР (MERP) - проект «Муніципальна енергетична реформа в Україні»

МРХ - міська рада міста Хмельницького

ПГ - природний газ

ПДСЕР - план дій сталого енергетичного розвитку

ПЕР - паливно-енергетичні ресурси

ПТПВ - полігон твердих побутових відходів

ТПВ - тверді побутові відходи

1 Ідея проекту

Попереднє техніко-економічне обґрунтування (концепція) проекту «Будівництво та експлуатація комплексу для виробництва електричної енергії шляхом збору та утилізації звалищного газу з полігону твердих побутових відходів у місті Хмельницькому» підготовлене в рамках виконання містом проекту «Муніципальна енергетична реформа в Україні», що фінансується Агентством США з міжнародного розвитку (USAID). При необхідності можуть бути розроблені відповідні зміни та доповнення відповідно до вимог конкретної міжнародної фінансової організації або приватного інвестора.

Полігон твердих побутових відходів (далі ТПВ) міста Хмельницького, розташований в 2 км від міста, був ведений в експлуатацію в 1956 році. На сьогоднішній день на полігоні розміщено більше 4,5 мільйона тонн ТПВ. Полігон працює в режимі перевантаження, потребує невідкладної санації та рекультивациі і є потужним джерелом утворення біологічного газу звалищ (далі - БГЗ). БГЗ полігону ТПВ потрапляє до атмосфери, викликаючи значний парниковий ефект і негативний вплив на навколишнє природне середовище та здоров'я людей.

Стале зростання населення міста Хмельницький та високі питомі показники утворення ТПВ вимагають кардинальних заходів в сфері поводження з ТПВ, особливо їх захоронення на полігоні. Позбутися більшості проблем, які пов'язані з функціонуванням полігону ТПВ міста, дозволяє реалізація проекту збору та утилізації біогазу звалищ шляхом використання БГЗ в якості палива для отримання електричної та теплової енергії, а також вуглекислоти, що додатково підвищує екологічні наслідки впровадження проекту.

Досвід утилізації звалищного газу в енергетичних установках України свідчить про економічну та екологічну ефективність впровадження такого типу проектів. Виконані розрахунки з урахуванням терміну функціонування полігону, обсягів захоронення ТПВ, ємності полігону, вмісту в ТПВ, що захоронюються, харчових та інших органічних відходів показують, що використання навіть частки полігону для збору та утилізації ТПВ дає можливість встановлення біоелектростанції потужністю 1 МВт. Підключення до електромережі та продаж отриманої з використанням БГЗ електроенергії за «зеленим тарифом» робить цей проект економічно привабливим.

Зменшення емісії парникових газів, виражене в тоннах CO₂-еквівалента, за рахунок зменшення надходження метану з полігону ТПВ в атмосферу та заміщення використання природного газу для виробництва електроенергії в разі реалізації повномасштабного проекту збору та утилізації біогазу складе понад 100 тисяч тонн на рік.

Для детального визначення ефективності проекту необхідне отримання об'єктивних даних про реальні обсяги видобутку полігонного біогазу та вмісту в ньому біометану необхідне проведення додаткових натурних досліджень на полігоні.

2 Опис об'єкту

Місто Хмельницький (далі "Хмельницький" або "Місто") є адміністративним центром Хмельницької області та Хмельницького району, значний історичний та сучасний економічний і культурний центр Поділля. Воно розташоване в верхів'ї річки Південний Буг, в центральній частині Волино-Подільської височини. Площа міста 93,05 квадратних кілометрів.

Місто формується на чотирьох вододілах вздовж долини Південного Бугу з північного заходу на південний схід. Основними водотоками та широкими долинами є р.Південний Буг, р.Курдянка та менша долина р.Плоскої. Штучними факторами розділу території міста є магістральні залізниці Жмеринка – Львів, Київ - Кам'янець-Подільський та транзитні автошляхи схід-захід та північ-південь. Основні мікрорайони міста: Центр, Виставка, Озерна, Південно-Західний, Ракове, Дубове, Книжківці, Гречани, Ружична, Лезневе.

Природні та штучні фактори ділять місто на чотири великі планувальні частини: центральну, північну, південну-1, південну-2, які мають виражений лінійний напрям.

Центральна частина ділиться вулицями на шість великих масивів, чотири із них із збереженою історичною мережею вулиць (генплан XVII ст.). З півночі на південь через центральну частину (вул.Старокостянтинівське шосе, Пушкіна, Кам'янецька) проходить національний автошлях Старокостянтинів - Кам'янець-Подільський. Центральна частина є найбільш щільною та капітально забудованою житловими будинками та спорудами адміністративно-господарського, торгового і культурно-побутового призначення. Більша частина центру забудована 3-9-16-поверховими будинками, але є ще досить багато індивідуальної забудови 1-3 поверхів. В центральній частині розташовані основні парки та сквери міста. Ця частина міста забезпечена новим інженерним обладнанням і зовнішнім благоустроєм.

Північна частина займає територію на північ від р.Південний Буг і формується масивами історичного поселення заріччя багатопверховим житловим районом Заріччя, кварталом №4, Лезневе та Північним житловим районом. Інженерним обладнанням масиви індивідуальної забудови охоплені частково. Значну частину території виділено під розміщення об'єктів виробництва.

Південна частина I - відділена від центральної смугою відводу магістральної залізниці Жмеринка-Львів, р.Плоска та обмежена з півдня р.Курдянка. Територія формується трьома житловими масивами (Південно-Західний житловий район, район Дубове, район аеропорту), південною частиною східної промислової зони та великим включенням промислово-складських об'єктів в житлових масивах. Житлова забудова в основному багатопверхова (п'яти поверхові будинки) із повним інженерним обладнанням та транспортними зв'язками. У районі є два масиви індивідуальної забудови із невеликим вкращенням 2-5-9-поверховими будівлями. Поміж житлових масивів індивідуальної забудови розташовані великі промислові об'єкти та комунально-виробничі території. Житлова забудова інженерним обладнанням забезпечена частково.

Південна частина II - відокремлена від південної частини-I річкою Курдянка. Територія із досить складним рельєфом, порізана ярами, водотоками. Південна частина її формується житловими масивами Ружична, Книжківці, житловим масивом Ракове та територією військового полігону.

Таким чином, можна зробити висновок, що житлова забудова у місті продовжує формуватись. Вона недостатньо забезпечена інженерно-транспортною інфраструктурою для оптимального функціонування.

Клімат міста атлантико-континентальний, що характеризується теплим малоохмарним літом і помірно м'якою, часто хмарною зимою. Характеристика кліматичних умов, основних метеорологічних показників, необхідних для обґрунтування й прийняття планувальних рішень наведена за даними багаторічних спостережень по метеостанції «Хмельницький, АМСГ» (297 мБС)/1/.

Температура повітря:

- середньорічна + 6,8 °С,
- абсолютний мінімум - 32 °С,
- абсолютний максимум + 36 °С.

Глибина промерзання ґрунту (по МС «Городок»):

- середня 51 см,
- максимальна 90 см.

Тривалість безморозного періоду: середня 153 дні,

Середньорічна відносна вологість повітря - 78%.

Атмосферні опади:

- середньорічна кількість - 565 мм:
- в т.ч. теплий період - 413 мм,
- холодний - 152 мм,
- середньодобовий максимум - 42 мм (за МС «Волочиськ»),
- спостережний максимум - 97 мм (серпень 1924 р.), (за МС «Волочиськ»).

Висота снігового покриву (за МС «Волочиськ»):

- максимальна 50 см,
- середньодекадна 15 см.

Кількість днів із стійким сніговим покривом - 82.

Особливі атмосферні явища (прояв днів/рік - середнє число): тумани - 56 днів,

- заметілі - 12 днів,
- грози - 26 днів,
- град - 1,5 днів,
- пилові бурі - 0,8 днів.

Максимальна швидкість вітру (можлива) (за МС «Ямпіль»):

- 21 м/с - кожний рік,
- 24-25 м/с - один раз в 5-10 років,
- 26-27 м/с - один раз в 15-20 років.

Демографічна ситуація в місті. Станом на 01.08.2015р. в Хмельницькому проживало 267973 особи. Густота населення становить 2877,32 осіб/км². Динаміка чисельності населення має доволі стійку тенденцію до зростання /2/ всупереч загальному зниженню абсолютної більшості регіонів та України в цілому.



Рис.1. Прогнозування змін кількості населення у місті Хмельницькому

Забезпечення гідних умов та високих стандартів якості повсякденного життя мешканців міста є однією з головних задач міської адміністрації. Тому надзвичайно важливим є досягнення сталого екологічного розвитку і покращення якості надання комунальних послуг у сфері поводження з відходами сфери споживання, серед яких левову частку складають побутові відходи. Зростання населення міста супроводжується сталим зростанням кількості твердих побутових відходів (ТПВ), відходів, що створюються у житлово-комунальному господарстві (Рис.2)

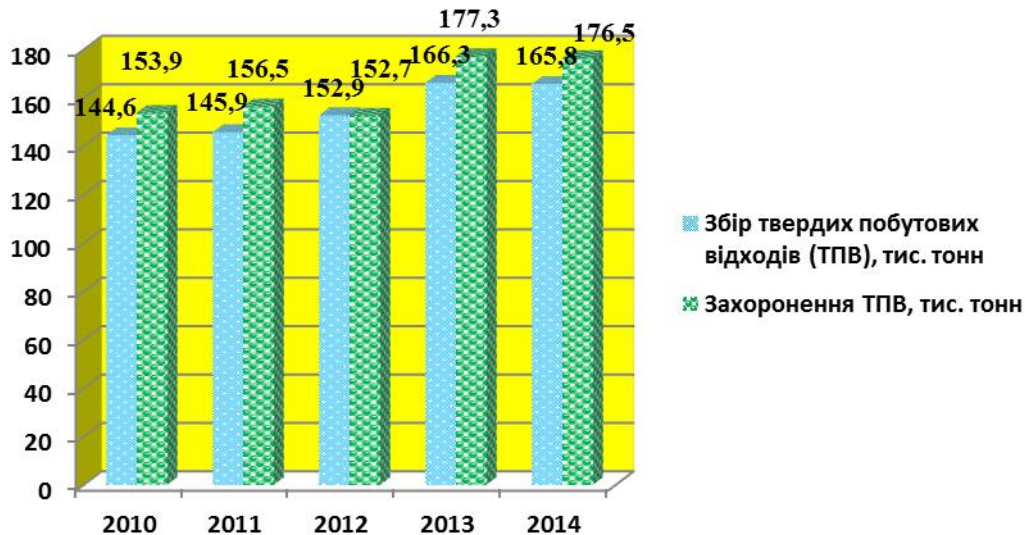


Рис.2. Динаміка збору та захоронення ТПВ в м.Хмельницькому

Згідно з положеннями Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» (стаття 30) вирішення питань збирання, транспортування, утилізації та знешкодження побутових відходів відноситься до компетенції виконавчих органів міських рад. Виконавчим комітетом Хмельницької міської ради ці функції делеговані Управлінню житлово-комунального господарства. За поводження з ТПВ в місті Хмельницькому відповідає Хмельницьке комунальне підприємство «Спецкомунтранс» (далі – ХКП «Спецкомунтранс»), власником якого міська рада міста Хмельницького (Додаток 1).

За даними Державної екологічної інспекції у Хмельницькій області полігон ТПВ, який розташований на проспекті Миру №2 працює в режимі перевантаження, тобто з порушенням проектних показників щодо обсягів накопичення відходів і не в повній мірі відповідає вимогам екологічної безпеки і є джерелом інтенсивного забруднення атмосфери, потребує невідкладної санації та рекультивації.

Полігон ТПВ є значним джерелом біологічного газу звалищ (БГЗ), який утворюється в результаті біохімічної конверсії органічної частини відходів макрокомпонентами якого є метан (CH_4) та діоксид вуглецю (CO_2). Окрім істотного внеску в глобальне потепління, БГЗ сприяє появі вибухо- та пожежо-небезпечних умов як на самому полігоні ТПВ, так і на довколишніх об'єктах. При згорянні БГЗ в тілі полігону в повітря виділяються особливо токсичні речовини - діоксини та фурани.

Міський полігон ТПВ розташований в північному напрямку від міста Хмельницький на відстані 2,0 км., заснований в 1956 році як відкрите звалище на місці глиняного кар'єру. Зараз його площа становить 8,88 гектара (Додаток 2). Точна глибина полігону невідома, але висота насипу відходів оцінюється в 50 метрів над рівнем ґрунту. Побутові відходи не компостовані. Тіло полігону має природну гідроізоляцію, завдяки чому фільтрат стікає до північної частини полігону, де збирається у ставку, з якого фільтрат повертається у тіло полігону. Кількість ТПВ, що захороненні на полігоні, на кінець 2014 року становить більше 4,25 млн.тонн (Табл.1) і інтенсивність захоронення ТПВ на полігоні зростає. Щодобово полігон приймає біля 2300 м³ ТПВ, а за 2014 рік – більше 840870 м³ ТПВ. (Табл 2).



Рис.3. Тіло полігону з північної сторони



Рис.4. На полігоні ТПВ

Полігон ТПВ розташований на північному схилі вододілу між р.Південний Буг та його лівою притокою між північно-західною околицею м.Хмельницького та населеними пунктами Олешин, Іванківці, Лісові Гринівці. З геоморфологічної точки зору досліджувана територія відноситься до Верхньобузької височини у південно-східній частині Подільського плато. У західній частині Верхньобузької височини беруть початок найбільші річки області, у тому числі Південний Буг з притоками Бужок, Іква, Плоска, Вовк. Долини річок мають пологі схили і широкі заболочені заплави. В центральній і східній частинах до схилів примикає густа мережа глибоких балок, що надає її поверхні пагорбо-гірського вигляду. Територія полігону приурочена до вододільного хребта між р.Південний Буг і її лівою притокою р.Зелена. Полігон ТПВ розташований на пологому схилі долини р. Зелена. Лише південна його частина знаходиться на вододілі між р.Зелена та р.Південний Буг.

Таблиця 1.

Обсяг захоронення ТПВ на полігоні міста Хмельницького.

Назва послуги	Рік				
	2010	2011	2012	2013	2014
Вивезення ТПВ, тис.м ³	688,7	694,7	728,2	791,7	789,7
Захоронення ТПВ, тис. тонн	153,9	156,5	152,7	177,3	176,5
Кількість ТПВ на полігоні, тис. тонн	3603,3	3757,2	3913,7	4076,4	4253,7

Таблиця 2.

Кількість ТПВ, що перероблені у 2014 році

Параметр	Кількість		
	добова	місячна	річна
Середня кількість вивезених відходів транспортом ХКП "Спецкомунтранс", тис. м ³	2,16	65,81	789,71
Загальна кількість прийнятих ТПВ на полігоні, тис. м ³	2,30	70,07	840,87

Морфологічний склад ТПВ значно залежить від сезону збору відходів та місця розташування контейнерів. В приватному секторі дуже багато органічних домішок, в спальних районах переважають пакувальні матеріали. Останнім часом морфологічний склад побутових відходів суто змінився. Приблизний морфологічний склад який був визначений силами працівників підприємства наведений у табл.1.3 та на рис.

Таблиця 3.

Орієнтовний морфологічний склад побутових відходів, які вивозяться на полігон

Вид ТПВ	%
1. Харчові та інші органічні відходи	40-49
2. Пластмаса	3-6
3. Поліетиленова плівка, ПЕТ	
4. Папір, картон	22-30
5. Текстиль	3-5
6. Гума	1
7. Деревина	1-2
8. Метал	2-3
9. Каміння	1
10. Інші відходи	6-9

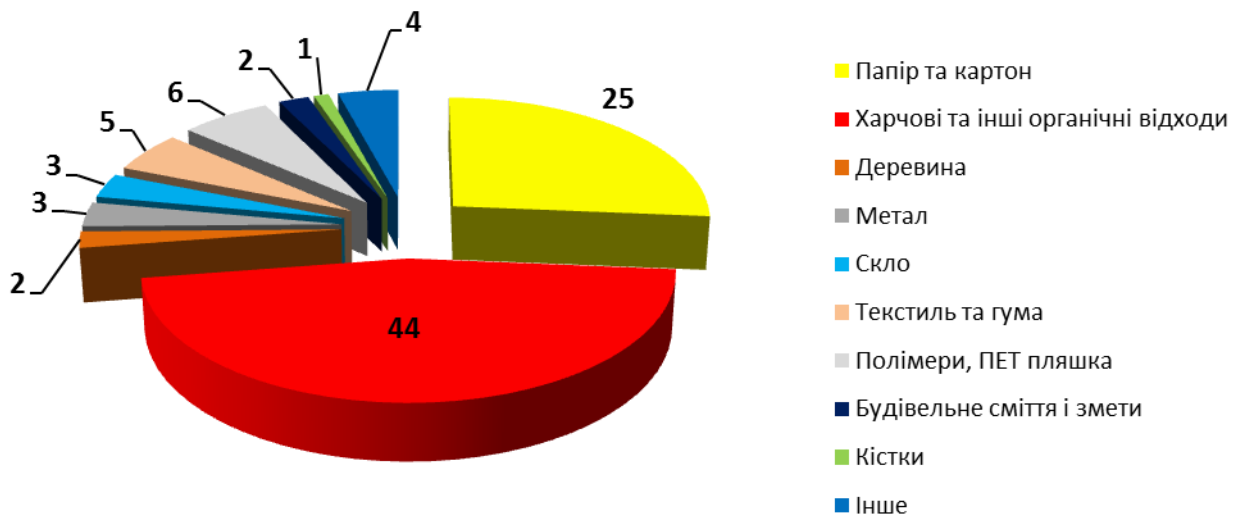


Рис.5. Морфологічний склад побутових відходів, які вивозяться на Хмельницький полігон (% від об'єму)

Атмосферні опади, сонячна радіація і виділення тепла в зв'язку з поверхневими, підземними пожежами, загоряннями сприяють протіканню на полігоні ТПВ непередбачуваних фізико-хімічних і біохімічних процесів, продуктами яких є численні токсичні хімічні сполуки в рідкому, твердому і газоподібному станах. Небезпечним явищем цих об'єктів є фільтрат – складна за хімічним складом рідина з яскраво вираженим неприємним запахом біогазу, яка виникає в результаті депонування атмосферних опадів у склад полігону та зосереджується у межах його підшови. Також, основними забруднювачами довкілля, які спричинені функціонуванням звалищ сміття і полігонів ТПВ є гази (продукти горіння та взаємодії часток відходів) та стічні води (фільтрат).

При нагріванні зазначених відходів до температури 300-500 градусів по Цельсію відбувається їх займання. У період нагрівання та полум'яного горіння утворюються такі небезпечні речовини як фосген (COCl_2), ціаністий водень (HCN), сірководень (H_2S), хлороводень (HCl), сірчистий газ (SO_2), чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO_2) та ін.

Тому, що полігон із захоронення відходів давно вичерпав свої проектні потужності, створюється постійна загроза виникнення надзвичайних ситуацій.

Слід зазначити, що звалища і полігони ТПВ здійснюють суттєвий негативний вплив на всі компоненти довкілля. Так, повітря забруднюється шкідливими газами, які є вибухо- і пожежонебезпечними, мають неприємний запах, що розповсюджується на значні відстані, і, при відповідних концентраціях, є токсичними для людини. Через здатність полігону ТПВ до горіння, існує небезпека виникнення пожеж в процесі експлуатації. Під час пожеж відбувається виділення газів, що містять токсичні та шкідливі включення: діоксини, фурани, хлористий і фтористий водень, окиси вуглецю, азоту, сірчаний ангідрид, а також летючу золу. Внаслідок того, що останнім часом у складі ТПВ, крім звичайних компонентів - харчових залишків, паперу, пакувальних матеріалів, пластмас, скла тощо, зростає кількість відпрацьованих електроприладів, акумуляторів та елементів живлення, люмінесцентних ламп, які містять токсичні метали, в зоні впливу сміттєзвалищ відзначають більш сильне, порівняно з фоном, забруднення поверхневих водних джерел і ґрунту важкими металами. У результаті багатьох хімічних процесів, що відбуваються в анаеробних умовах у товщі сміття, формується надзвичайно токсичний фільтрат, в якому знаходяться феноли, сполуки сірки та

азоту, важких металів (цинку, свинцю, нікелю, хрому, кадмію та ін.), іони амонію і хлору, велика кількість бактерій кишкової групи та збудників інфекційних хвороб. Забруднення повітря, води, ґрунту, а через харчові ланцюги й продуктів харчування, що вирощуються у безпосередній близькості до полігону спричиняють суттєву шкоду здоров'ю людей.

Внаслідок більше ніж 50-ти річного складування сміття, в межах полігону ТПВ між північним та південним бортом, сформувалась антропогенна форма рельєфу, яку можна класифікувати як «сміттьєве плато». На сьогоднішній день його поверхня практично вирівняна і утворює клиновидний сміттєвий пагорб з висотою у північній частині близько 25 м. Звалище має правильну прямокутну форму 300×260 м. Бічні схили мають сформовані кути близько 42°, в обривах зсувів до 60°. Території, прилеглі до полігону із західного, північного та частково східного напрямків, належать до сільськогосподарських угідь. Східна та північна межа полігону повністю обгороджені, тоді як західна та східна відкриті для вільного доступу.

Через брак матеріалу для створення щоденного та періодичного укриття ТПВ гниють на відкритому повітрі. За словами персоналу полігону, придатне для утворення покриття будівельне сміття може бути знайдене практично безкоштовно, але полігон не має ресурсів на його транспортування.

ХКП «Спецкомунтранс» виконало ряд заходів по покращанню стану полігону, а саме: східна та південна сторони полігону обнесені огорожею, північна сторона обнесена земляним валом та траншеєю, розроблено схему робочих карт, встановлено репери по периметру технологічних зон робочих карт, східну та північну сторони полігону облаштовано нагріним каналом для збору фільтрату, встановлено мотопомпу для відкачування фільтрату. Виконані заходи щодо пониження висоти звалища.

Полігон не має стабільного по всій площі покриття, тому сміття має постійний контакт з навколишнім середовищем і викликає забруднення атмосферного повітря, ґрунту, водних ресурсів тощо. Звалище не обладнано технологічними системами для захисту навколишнього природного середовища, не має системи очистки інфільтрату і не відповідає критеріям високотехнологічного підприємства з переробки ТПВ.

За екологічними критеріями сміттєзвалище відноситься до категорії перевантажених і небезпечних. Воно є джерелом негативних екологічних впливів на навколишнє природне середовище та здоров'я мешканців м.Хмельницький. Звалище є потенційно небезпечним до вибухів звалищного метану, і тому необхідно розробити відповідну нормативну документацію, яка регулює його діяльність.

На сміттєзвалищі не проведено спеціальних інженерних досліджень: топогеодезичної зйомки, геологічних та гідрогеологічних вишукувань, екологічних та санітарно-гігієнічних досліджень. Відсутність цих робіт суттєво стримує проведення робіт з проектування рекультивації звалища, залучення інвестора, для чого необхідні документально підтверджені екологічні та геолого-гідрогеологічні характеристики.

Беручи до уваги чинники негативного впливу звалищного газу на навколишнє середовище з одного боку, а також з іншого боку його енергетичну цінність, стає актуальною задача збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ. Основним способом, який забезпечує вирішення цього завдання, є технологія екстрадіції (дегазації) масиву сміттєзвалища. З урахуванням достатньо високого вмісту у ТПВ, що депонуються на полігоні, харчових та інших органічних відходів, термін функціонування та наявні обсяги захоронення ТПВ, ємності полігону, вважається за доцільне підготувати та впровадити проект зі збирання, очищення та використання звалищного (полігонного) газу або шляхом використання його в когенераційній установці для виробництва електричної та теплової енергії.

Впровадження такого проекту дозволить покращити екологічну ситуацію в районі полігону ТПВ шляхом зменшення концентрацій шкідливих речовин як у прилеглих до полігону районах, та в цілому у місті, а також попередження пожеж на полігоні.

3. Опис технології

3.1. Орієнтовний обсяг біогазу полігону ТПВ

Полігон ТПВ являє собою своєрідний біохімічний реактор, в надрах якого, в певних умовах, розвиваються процеси анаеробного розкладання компонентів органічного походження, в результаті чого генерується біогаз (БГЗ). Створення звалищного газу (метанове бродіння) протікає при температурах від 10°C до 50°C. При цьому вологість, супроводжуюча процеси газоутворення, може мінятися від 8% до 90% (оптимальна вологість відходів для генерації газу складає 40-50%). Необхідною умовою утворення біогазу є відсутність кисню в масиві звалища.

Склад біогазу обумовлює ряд його специфічних властивостей. Перш за все, він горючий. Середня калорійність згоряння біогазу становить 5530 ккал/м³ /4/. У певних концентраціях біогаз токсичний. Конкретні показники його токсичності визначаються наявністю мікроелементів, таких як сірководень (H₂S). Як правило, газ звалища характеризується різким, неприємним запахом. Приблизний склад біогазу: метан - 40...60%, діоксид вуглецю - 30...45%, азот, сірководень, кисень, водень та інші гази - 5...10%. Теплотворна здатність біогазу - 18...25 МДж/м³. Межі вибухонебезпечності суміші біогазу з повітрям - 5...15 %.

Суміш біогазу з повітрям вибухонебезпечна. Поріг вибухонебезпечних концентрацій метану в повітрі коливається в межах 5-18%. Біогаз також відноситься до числа так званих парникових газів, що надає йому категорію глобального значення і робить газ звалища об'єктом пильної уваги світової спільноти.

Для скорочення потрапляння біогазу з полігону ТПВ (ПТПВ) в атмосферу ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування» вводить обов'язковим здійснення заходів щодо дегазації ПТПВ, спрямованих на максимальний збір і утилізацію біогазу за рахунок примусової відкачування його з тіла ПТБО і подальшої утилізації як паливо для двигун-генераторів з метою отримання теплової та електричної енергії. Збір звалищного (полігонного) біогазу дозволяє також скоротити кількість небезпечних токсичних, у тому числі канцерогенних, органічних сполук (ароматичних вуглеводнів, формальдегіду, діоксинів і т.д.), що надходять в атмосферне повітря з поверхні полігону.

Хоча визначення ефективності такого проекту потребує проведення додаткових досліджень для отримання об'єктивних даних на місці, існує декілька методик, що дозволяють оцінити прогнозу кількість газу, що виділяється з тіла полігону (п.3.76 ДБН В.2.4-2-2005).

Прогнозування кількості біогазу, що виділяється, робиться з урахуванням складу і властивостей ТПВ, місткості і терміну експлуатації полігону ТПВ, схеми і максимальної висоти складування ТПВ, гідрогеологічних умов ділянки складування ТПВ, рН водної витяжки з ТПВ.

Розрахунок очікуваної кількості біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні ТПВ, рекомендується виконувати за формулою/4, п.3.76/:

$$V_{p,б} = P_{ТПВ} \cdot K_{л.о} \cdot (I-Z) \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де $V_{p,б}$ - розрахункова кількість біогазу, м³;

$P_{ТПВ}$ - загальна маса ТПВ, які складуються на полігоні, кг;

$K_{л.о}$ - вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів ($K_{л.о} = 0,4...0,7$);

Z - зольність органічної речовини ($Z = 0,2...0,3$);

K_p - максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період ($K_p = 0,4...0,5$).

З урахуванням непередбачених обставин питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих побутових відходів за весь період експлуатації системи збирання біогазу, визначається за формулою:

$$V'p.б = Vp.б \cdot Kc \cdot K, \quad (3.2)$$

де $V'p.б$ - об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т ТПВ, м³;

Kc - коефіцієнт ефективності системи збору біогазу ($Kc = 0,5$);

K - коефіцієнт поправки на непередбачені обставини ($K = 0,65...0,70$).

При цьому слід прийняти до уваги такі величини:

- вагова кількість біогазу, одержуваного при анаеробному розкладанні, 1 г біогазу з 1 г розкладеної беззольної речовини ТПВ;
- об'ємна маса біогазу - 1 кг/м³;
- теплотворна здатність біогазу 5000 ккал/м³ (~21 МДж/м³).

Оскільки цей розрахунок згідно ДБН очікуваної кількості біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні однієї тонни ТПВ, не враховує тривалість утворення біогазу в тілі полігону ТПВ, для визначення кількості біогазу, що утворюється на полігоні, використана емпірична залежність утворення метану за числом зберігання ТПВ, яка широко використовується в моделі розрахунку Агентства захисту довкілля (США):

$$Q = L_o R (e^{-kc} - e^{-kt}), \quad (3.3)$$

де:

Q – кількість метану, що утворюється протягом року, м³/рік;

L_o – потенціал утворення метану, м³/тонну ТПВ

R – середня кількість ТПВ, що вивозяться на полігон, т/рік;

k – постійна величина утворення метану, 1/рік;

c – час з моменту закриття полігону, років;

t – час з моменту відкриття полігону, років.

За розрахунком згідно з (3.3) кількість біометану, що утворюється на полігоні ТПВ міста Хмельницького, складає приблизно 600 м³/год.

Розрахунки емісії біогазу та потужності виробництва електроенергії по полігону ТПВ проводилися з використанням методики, що враховує типовий морфологічний склад ТПВ з поділом його на 4 групи відходів, які мають різну швидкість біологічного розкладання. Програма розрахунку розроблена компанією "SCS Engineers", США, на підставі багаторічних досліджень полігонів ТПВ України за завданням Агентства з захисту навколишнього середовища при уряді США.

За рахунок постійного підвезення нових партій сміття загальна його кількість зростає, як і газовиділення. Після закриття та рекультивації полігону ТПВ органічна частина ТПВ продовжує розкладатися, виробляючи біогаз. Базові вихідні дані, які були використані для розрахунку:

- Початок завезення ТПВ – 1956 р.
- Завезено в 2014 р. – 165.8 тис. тонн ТПВ.
- Нагромаджена кількість ТПВ (дані 2014 р.) - 4,5 млн. тонн ТПВ.
- Середня глибина полігону - 30 м.
- Очікуваний термін закриття та рекультивації полігону – 2020 р.

На підставі результатів розрахунків, в основу яких покладені наведені дані полігону ТПВ та кількість утилізованого біогазу, розрахована встановлена потужність генеруючого обладнання з використанням біогазу дегазації полігону ТПВ.

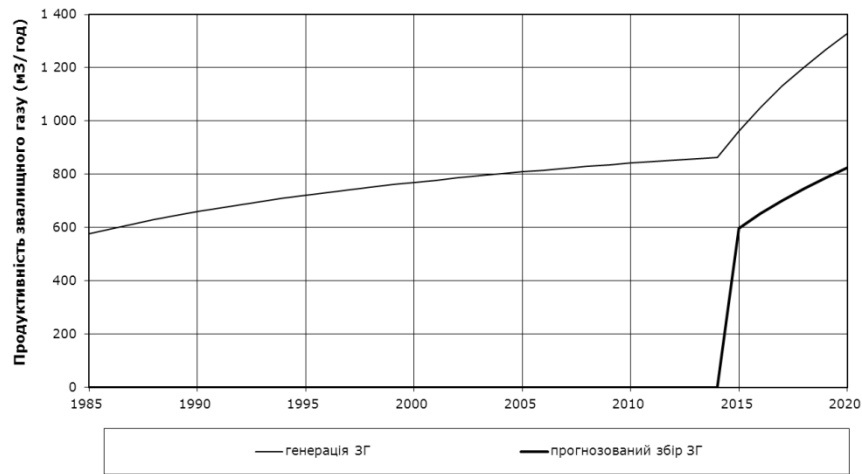


Рис.6. Загальна емісія (верхня крива) та збір (нижня крива) біогазу з тіла полігону ТПВ.

Аналізуючи розрахункові дані можна зробити висновок, що на даному полігоні ТПВ можна гарантовано реалізувати проект з будівництва БГЕС з сумарною встановленою потужністю від 1000 кВт (продуктивність у 2016 році) до 1400 кВт (продуктивність у 2020 році). Модульне виконання генераторних блоків дозволяє нарощувати вироблену потужність пропорційно кількості і потужності одиничних блоків. У подальшому залежно виснаження потоку біогазу з тіла полігону ТПВ частину генеруючих модулів можна демонтувати і встановити на інших полігонах ТПВ.

3.2. Опис технологічної схеми збору та утилізації біогазу звалищ

В даний час основним способом знешкодження ТПВ у всьому світі є їх поховання на полігонах і звалищах. При похованні органічної речовини (якої в сміттевій масі в середньому від 50 до 70%) в товщі ТПВ при анаеробних умовах (без доступу кисню) відбувається її біоконверсія за участю мікроорганізмів. В результаті цього процесу утворюється БГЗ, макрокомпонентами якого є метан (CH_4) та діоксид вуглецю (CO_2).

Утилізація біогазу звалищ дозволяє не тільки поліпшити екологічну ситуацію, а й виробляти електроенергію і тепло, частково замінюючи корисні копалини.

У світовій практиці відомі наступні способи утилізації БГЗ:

- факельне спалювання, що забезпечує утилізацію парникових газів, усунення неприємних запахів і зниження пожежонебезпеки на території полігону ТПВ, при цьому енергетичний потенціал БГЗ не використовується в господарських цілях;
- пряме спалювання БГЗ для виробництва теплової енергії;
- використання БГЗ як палива для газопоршневих двигунів з метою отримання електроенергії і тепла;
- використання БГЗ як паливо для газових турбін з метою отримання електричної і теплової енергії;
- доведення вмісту метану в БГЗ (збагачення) до 94-97% з подальшим його використанням в газових мережах загального призначення та як моторного палива;
- виробництво товарної вуглекислоти.

Процес відбору звалищного газу полігону ТПВ м.Хмельницький забезпечуватиметься вертикальними свердловинами загальною довжиною орієнтовно 1000 м. Збір біогазу, його транспортування, підготовка та утилізація буде виглядати відповідно до технологічної

схеми, яка наведена у Додатку 3. Таким чином, процес збору та утилізації біогазу полігону ТПВ складається з декількох етапів.

1. Звалищний газ з кожної газовідвідної свердловини шлейфовим трубопроводом, приєднаним до оголовка свердловини, за рахунок декомпресії, яка створюється вакуумними насосами, втягується на колектор (гребінку). Загальна кількість колекторів становить 10 одиниць. Кожен колектор об'єднує декілька свердловин, на колекторі кожен шлейфовий трубопровід обладнаний засувкою, датчиком контролю тиску і штуцером для відбору газових проб.

2. Весь біогаз, зібраний з колекторів, передається на майданчик вузла збору та утилізації звалищного газу за допомогою колекторних (магістральних) трубопроводів.

3. Перед вакуумним насосом на магістральному трубопроводі встановлюється газосепаратор, де відбувається його повна осушка (відділення краплинної і пароподібної рідини).

4. Очищений біогаз через систему моніторингу (обліку) подається на обладнання утилізації. В установці для виробництва вуглекислоти відбувається поділ біогазу на біометан і товарну вуглекислоту. Основні обсяги біометану будуть використані на когенераційній установці, яка дає можливість виробляти 1 МВт електроенергії і близько 1,2 МВт теплової енергії.

Система збору та первинної підготовки звалищного газу до утилізації складається з наступних компонентів:

- свердловини;
- шлейфові трубопроводи;
- колектори шлейфів;
- магістральний трубопровід;
- сепаратор.

Вертикальні свердловини мають діаметр від 0.5 м і більше. Свердловини облаштовують згідно вимог ДБН продукційною перфорованою трубою діаметром від 110 мм і більше. Діаметр отворів перфорації від 10...15 мм з вибраним кроком по поверхні труби, починаючи з відстані 0.5...1 м від глибини замка оголовку продукційної труби. Глибина свердловин становить щонайменше 7 м. Бажано, щоб нижній зріз труби не доходив до рівня фільтрату. Затрубний простір заповнюється гравієм або галькою фракції 30...60 мм.

Верхня частина свердловини (приблизно 1...1,5 м від верхнього краю) ущільнюється бетоном або глиною з метою запобігання притоку атмосферного повітря до свердловини та витоку біогазу в атмосферу. Радіус дії свердловини для збирання біогазу становить в середньому 30-35 м. Середня кількість свердловин – 4 свердловини на 1 гектар полігону ТПВ. Залежно від місцевих умов, морфологічного складу відходів, ущільнення полігону, терміну його експлуатації, вихід БГЗ становить від 6 м³/год до 20 м³/год на одну свердловину. Спорудження газодренажної системи може здійснюватись як на всій території полігону після закінчення його експлуатації, так і на окремих його ділянках по мірі заповнення.

Конфігурація газозбірних свердловин залежить від особливостей полігону, в тому числі перепадів глибин та висот тіла полігону, що будуть визначені на стадії проектування. Точна кількість та густина розміщення свердловин майбутньої системи для збору БГЗ буде визначено за результатами пробного буріння та тестової відкачки.

В процесі експлуатації полігон просідає на 5-20% або навіть 30-35% його глибини, тому свердловини з'єднують з колектором за допомогою гнучкого з'єднання. Найбільш широко для збирання біогазу на полігонах ТПВ використовують трубопровід з поліетилену низького тиску (для наземного та підземного використання) та полівінілхлориду (для підземного використання).

Від кожної свердловини відходить шлейфовий трубопровід, довжина якого відповідає відстані від свердловини до гребінки (колектора). Колектори передають зібраний газ в магістральний трубопровід, по якому газ доставляється через сепаратор до технологічного майданчика. Колектори у мережі трубопроводів системи збору та утилізації звалищного газу на полігоні ТПВ виконують роль зосередження потоків біогазу в єдину лінію збору (магістральний трубопровід).

Обсадка колони газовідвідної свердловини формується поліетиленовими трубами діаметром 100 мм і складається з перфорованої (робочої) і екрануючої ланок.

Схема дегазації полігону ТПВ передбачає технологічні трубопроводи двох видів (шлейфові і колекторні). Всі технологічні трубопроводи виконані з поліетиленових труб (марка SDR 17,6 (ДСТУ БВ.2.7-73-98)), призначених для подачі горючих газів.

Шлейфові трубопроводи забезпечують подачу біогазу від газовідвідних свердловин до колекторів. Їх діаметр 50 мм, а загальна довжина складає 16000 метрів.

Колекторні трубопроводи зосереджують біогаз, відібраний з кушів свердловин та підводять біогаз до вузла утилізації. Їх діаметр 225 мм, а загальна довжина складає 1000 метрів.

Колектор виготовляється з поліетиленової або металевої труби діаметром 110 мм, в яку уварені вхідні патрубки під шлейфові труби і вихідний патрубок, на якому встановлений вентиль регулювання потоку з можливістю відбору проб газу. Вхідні патрубки обладнані індивідуальними регулювальними вентилями. Регулювання проводиться з метою запобігання потрапляння атмосферного кисню в біогаз (при розрідженні в мережі), що відбирається з свердловин і регулюється за вмістом кисню в біогазі (не більше 3%). Всі колектори підключені вихідними патрубками до магістрального трубопроводу.

Колектори (гребінки) в мережі трубопроводів системи збору та утилізації звалищного газу на полігоні ТПВ виконують роль зосередження потоків біогазу в єдину лінію збору (колекторний трубопровід). Колектор виготовляється з металевої труби діаметром 110 мм, в яку уварені вхідні патрубки діаметром 50 мм і вихідний патрубок діаметром 110 мм, на якому встановлений вентиль регулювання потоку (засувка).

Вхідні патрубки обладнані індивідуальними регулювальними вентилями. Регулювання проводиться з метою запобігання потрапляння атмосферного кисню в біогаз, що відбирається зі свердловин.

Сепаратор встановлений на виході магістрального трубопроводу і призначений для збору рідкої фази, яка буде накопичуватися в системі трубопроводів в процесі охолодження біогазу. Сепаратор оснащений гідрозатвором, після якого рідка фаза відбирається зануреним насосом і транспортується у відстійник фільтрату або в тіло полігону. У процесі роботи сепаратора його об'єм заповнюється конденсатом. При досягненні верхнього рівня рідини в сепараторі спрацьовує датчик максимального рівня і включається насос. Насос відкачує рідину до зниження рівня рідини нижче нижнього рівня, при цьому розмикається датчик нижнього рівня і насос вимикається.

Система обліку газу забезпечує вимірювання об'ємної витрати біогазу, що подається на генератори, його тиску, температури, хімічного складу та облік вказаних параметрів. Хімічний склад визначається за допомогою хроматографа – фіксується вміст в біогазі метану, диоксиду вуглецю та кисню.

Компресор (газодувка) являє собою газовий насос відцентрової дії. Газодувку розраховано на потік газу 600 м³/годину, перепад тиску на компресорі складає 25 кПа. Газодувка мусить бути обладнаною вибухозахистом.



Рис.7. Ряд колекторів в бетонному колодязі.



Рис.8. Загальний вигляд теплоізолюваного сепаратора.

Поблизу полігону проходить лінія електропередачі напругою 10 кВ. Біогаз, без попереднього збагачення, утилізується в поршневих ДВЗ-генераторах і через трансформаторну підстанцію передається в мережу. При продуктивності системи свердловин $600 \text{ м}^3/\text{год}$. потужність енергетичної установки складе близько 1 МВт, а в разі когенераційної установки – додатково 1,2 МВт теплової енергії. Тепло в майбутньому може бути використане в як для виробничих цілей (парникового господарства, випалення цегли, осушення деревини, тощо), так комунальному господарстві. Необхідно відзначити, що висока температура згоряння багатого на метан біогазу (біля $1200 \text{ }^\circ\text{C}$) дозволяє використовувати його в екстремальних технологіях, наприклад, утилізації небезпечних відходів на території полігону ТПВ.

Когенерація представляє собою високоефективне використання первинного джерела енергії – у нашому проекті біогазу, для одержання двох форм корисної енергії – теплової та електричної.

Головна перевага когенератора перед звичайними теплоелектростанціями полягає у тому, що перетворення енергії тут відбувається з великою ефективністю. Іншими словами, система когенерації дозволяє використовувати тепло, яке зазвичай втрачається. При цьому знижується потреба в енергії на величину вироблених теплової і електричної енергії, що сприяє зменшенню виробничих відходів. Найбільшою ефективністю, надійністю і універсальністю відрізняються установки на основі газових (газопоршневих) двигунів. Це викликано, передусім, сучасними вимогами до екологічної чистоти довкілля, а також до зниження експлуатаційних витрат на органічне паливо і доступністю його використання. Газові двигуни використовуються для роботи у складі генераторних установок, призначених для постійної та періодичної роботи (зняття пікових навантажень) з комбінованим виробленням електроенергії і тепла.

Когенераційну установку доцільно використовувати в контейнерному виконанні. Біогаз, що зібраний з полігону ТПВ, використовується як паливо для газопоршневих двигунів, які передають механічну енергію на електрогенератори когенераційних установок.

Розглянуто два варіанти паливного газу:

- природний газ (метан) після установки розділення газів та отримання товарного діоксиду вуглецю CO_2 ;
- паливний газ (без відділення CO_2) - біогаз полігону ТПВ, який пройшов попередню підготовку (відділення вологи та очищення від механічних домішок).

Встановлено, що найбільш ефективною з точки зору експлуатації є установка двох КГУ загальною встановленою електричною потужністю 1 МВт ($2 \times 500 \text{ кВт}$). Потужності двигунів КГУ, що працюють на метані і біогазі практично однакові.

Схема енергосистеми об'єкта передбачає використання двох трансформаторних підстанцій. Підстанція 1 (існуюча) працює на отримання з електромережі електроенергії призначеної для живлення енергоустановок полігону ТПВ в разі відключення всіх електроагрегатів когенераційної установки, а так само при їх пуску та обслуговуванні. Підстанція 2 проектною потужністю 1 МВт працює на передачу електроенергії, що генерується електроагрегатах КГУ в енергомережу.



Рис.9. Зовнішній вигляд КГУ в контейнері



Рис.10. Трансформаторна підстанція.

Теплова потужність що віддається сорочками охолодження двигунів працюючих на метані і на біогазі не однакова, і становить відповідно 525 і 560 кВт. Градієнт температур теплоносія $t_{\text{вих}} 93^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{вх}} 80^{\circ}\text{C}$. Теплоту використовують для гарячого водопостачання та опалення виробничих потужностей полігону ТПВ. Надлишок тепла в літній період розсіюється в навколишнє середовище за допомогою аварійних охолоджувачів, що знаходяться на даху контейнера.

Приміщення оператора знаходиться в спеціальному контейнері з габаритами КГУ. Це приміщення повинне бути оснащено всім необхідним обладнанням і мати всі умови для цілодобової роботи персоналу в будь-яку пору року.

У шафах приміщення оператора передбачається установка блоків комерційного обліку (БКУ) на вихідних шинах кожної КГУ. Ці БКУ крім комерційного обліку повинні мати функції цифрових аналізаторів основних параметрів мережі (струм, напруга, потужність, частота, активна і реактивна енергія).

3.3. Виділення товарної вуглекислоти

На сьогодні в світі розроблено і використовується десятки технологій утилізації біогазу, як альтернативного палива, в соціальній сфері, теплових і електрогенеруючих установках, на транспорті і в сільському господарстві. Наявність у складі біогазу двоокису вуглецю CO_2 та інертних негорючих домішок зменшує його теплоту згоряння і нормальну швидкість поширення полум'я в порівнянні з природним газом. У зв'язку з цим безпосереднє використання біогазу замість природного в теплових і силових установках вимагає додаткових витрат на доопрацювання газопальникового і паливного обладнання, а також створення систем регулювання складу газоповітряних сумішей.

Тому, з техніко-економічних позицій, доцільною є організація переробки біогазу в збагачену метанову фракцію (доведену до якості природного газу) з вилученням діоксиду вуглецю.

Формула діоксиду вуглецю (вуглекислоти) CO_2 . Молекулярна маса (по міжнародних масам 1977) - 44,009. Газоподібний двоокис вуглецю – це газ без кольору і запаху, щільність - $1,839 \text{ кг/м}^3$ при температурі 20°C і тиску 101,3 кПа (760 мм рт.ст.). Двоокис вуглецю нетоксична, невибухонебезпечна.

В даний час вуглекислота широко використовується у всіх галузях промисловості та агропромислового комплексу.

У газоподібному стані (вуглекислий газ) може використовуватися в різних галузях.

У харчовій промисловості:

- для створення інертної бактеріостатичної і фунгістатичної атмосфери (при концентрації понад 20%) при переробці рослинних і тваринних продуктів; при упаковці харчових продуктів і медичних препаратів для збільшення терміну їх зберігання; при розливі пива, вина і соків як витісняючий газ;
- у виробництві безалкогольних напоїв і мінеральних вод (сатурація);
- у пивоварінні та виробництві шампанського і шипучих вин (карбонізація);
- приготування газованих вод;
- використання в торгових автоматах при продажу газованої води і при ручній торгівлі пивом і квасом, газованими водою і напоями;
- при виготовленні газованих молочних напоїв і газованих фруктових соків («ігристі продукти»);
- у виробництві цукру (дефекація - сатурація);
- для тривалої консервації фруктових та овочевих соків;
- для інтенсифікації процесів осадження та видалення солей винної кислоти з вин і соків (детартація);
- для приготування питної опрісненої води фільтраційним методом. Для насичення безсольової питної води іонами кальцію і магнію;
- у виробництві, зберіганні та переробці сільськогосподарської продукції;
- для збільшення терміну зберігання харчових продуктів, овочів і фруктів у регульованому атмосфері (в 2-5 разів);
- для подовження терміну зберігання зрізаних квітів;
- для зберігання круп, макаронів, зерна, сухофруктів та інших продуктів харчування в атмосфері вуглекислого газу;
- для обробки плодів і ягід перед закладанням на зберігання;
- для насичення під високим тиском овочів;
- для поліпшення росту і підвищення врожайності рослин в захищеному ґрунті;
- для автономного вирощування водоростей мікроводоростей для худоби
- для підвищення якості силосу;
- для безпечної дезінсекції продовольчих і непродовольчих продуктів;
- для тотального знищення мишоподібних гризунів
- для анаеробної пастеризації кормів для тварин;
- для насичення робочих розчинів фунгіцидів і гербіцидів для кращого дії препаратів.

В медицині:

- в суміші з киснем як стимулятор дихання;
- для сухих газованих ванн в бальнеолікуванні;
- проведення кріотерапія в дерматології, сухі і водяні вуглекислотні ванни;
- для виготовлення дихальних сумішей в хірургії.

У хімічній та паперової промисловості:

- для виробництва соди, вуглеамонійних солей, свинцевих білил, сечовини, оксикарбонових кислот;
- для каталітичного синтезу метанолу і формальдегіду;
- для нейтралізації лужних стічних вод;
- для обробки пульпи після лужного вибілювання;

- для збільшення виходу і поліпшення фізико-механічних властивостей целюлози при киснево-содовій варінні деревини;
- для очищення теплообмінників від накипу та запобігання її утворення (комбінація гідродинамічного та хімічного способів).

У будівельній та інших галузях промисловості:

- для швидкого хімічного затвердіння прес-форм для сталевого і чавунного лиття;
- в якості вспінюючого газу при виробництві пористих пластиків;
- для зміцнення вогнетривкої цегли;
- для зварювальних напівавтоматів;
- при виготовленні зварних конструкцій з автоматичного і напівавтоматичного електрозварюванням;
- в якості захисного середовища в сумішах з інертними і благородними газами при автоматизованій зварюванні і різанні металу;
- у системах пожежогасіння, для заповнення вогнегасників;
- як газ-розпилювач в аерозольних балончиках;
- в якості активного середовища в медичних і промислових лазерах;
- для точного калібрування приладів.

У видобувній промисловості:

- для зменшення міцності вуглепородного масиву при видобутку кам'яного вугілля;
- для проведення вибухових робіт без утворення полум'я;
- підвищення ефективності нафтовидобутку при додаванні вуглекислоти в нафтові пласти;

Широко розповсюджене використання вуглекислоти рідкому стані (низькотемпературної вуглекислоти).

У харчовій промисловості:

- для швидкого заморожування;
- для швидкого охолодження свіжих харчових продуктів;
- для кріоконсервації.

У холодильній промисловості

- для використання в якості альтернативного холодоагенту в холодильних установках (переваги: низька ціна в порівнянні з іншими холодоагентами, нетоксичний, не горючий і не вибухонебезпечний; сумісний з усіма електроізоляційними і конструкційними матеріалами; не руйнує озоновий шар;
- для високопродуктивного подрібнення в замороженому вигляді м'яких, термопластичних і пружних продуктів і речовин;
- для випробування технічних систем при низьких температурах.

У металургії:

- для охолодження важкооброблюваних сплавів при обробці на токарних верстатах.
- для утворення захисного середовища для придушення диму в процесах виплавки або розливу міді, нікелю, цинку і свинцю.
- При відпалі твердої мідного дроту для кабельної продукції.

У видобувній промисловості:

- як слабобризантна вибухова речовина при видобутку кам'яного вугілля;
- для профілактики загоряння і вибухів.

Рідка вуглекислота поставляється в вуглекислотних балонах під тиском (150 ± 5) атм згідно ГОСТ 8050-85.

Для очищення біогазу від діоксиду вуглецю найбільшого поширення набули абсорбційні процеси з використанням фізичних, хімічних абсорбентів та їх комбінації. Хемосорбційні процеси позбавлені цих недоліків. Вони основані на хімічній взаємодії CO₂ з активною частиною абсорбенту. Найбільш часто для цього використовують процеси абсорбції CO₂ водними розчинами моноетаноламіну (МЕА), найбільш сильної основи серед етаноламінів. У процесі МЕА-очищення газу від CO₂ протікають побічні реакції, що призводять до незворотних змін складу абсорбенту (окислення і термічне розкладання), зниження поглинальної здатності, а також серйозної корозії обладнання. Тому МЕА, як правило, застосовується у вигляді 10 ÷ 20% (по масі) водного розчину. В останні 10-15 років знаходиться застосування більш ефективний абсорбент на основі метилдіетаноламіну (МДЕА).

За результатами розрахунків за спрощеними моделями розрахунку процесу очищення біогазу від CO₂ в Інституті газу НАНУ /4/ були отримані оціночні результати для цих варіантів був визначений оптимальний склад сорбенту: 40% МДЕА + 8 ÷ 10 % МЕА.

Принципова технологічна схема очищення біогазу водними розчинами амінів, отримання біометану і газоподібного діоксиду вуглецю наведена у Додатку 4 (Принципова технологічна схема амінового очищення біогазу).

Газ, який виходить з конденсатора (потік CO₂), містить, в основному, діоксид вуглецю (98% об.) і надходить у блок зрідження. У блоці зрідження газоподібний CO₂ стискується компресором до 2.0 МПа, осушується, охолоджується пропанових холодильником до температури -200 °С, при цьому переходить в рідкий стан і надходить у ізотермічну ємність.

Устаткування для виробництва товарної вуглекислоти здійснює переробку біогазу в метанову фракцію - біометан, отримання послідовно газоподібного та рідкого діоксиду вуглецю. В установці для виробництва вуглекислоти в якості абсорбенту використовується водний розчин амінів. Така установка включає в себе: вхідний компресор поршневий газовий, абсорбер, агрегат десорбера (апарат + випарник), насос рідинний, рекуперативний теплообмінник, теплообмінник-охолоджувач, шафу контролю і автоматики, електрошафу.

У абсорбері концентрація діоксиду вуглецю в біогазі знижується до 2% (об'єму). Очищений від діоксиду вуглецю біогаз (біометан) виходить з верхньої частини абсорбера і подається на КГУ. Газ, який виходить з конденсатора (потік CO₂), містить, в основному, діоксид вуглецю (98% об'єму) і надходить у вузол підготовки, охолодження, зберігання і наповнення рідкого CO₂, що включає в себе: вуглекислотний поршневий компресор, агрегат осушення і очищення CO₂, блок охолодження, зберігання і заповнення рідкого CO₂. У цьому вузлі газоподібний CO₂ стискується компресором до 2.0 МПа, осушується, охолоджується пропановим холодильником до температури -20°С, при цьому переходить в рідкий стан і надходить у ізотермічну ємність.

3.4. Етапи впровадження проекту

Основні етапи впровадження проекту збору та утилізації БГЗ з генеруванням електричної енергії включають:

- проведення досліджень безпосередньо на ПТПВ;
- розробка проектно-кошторисної документації для реконструкції ПТПВ;
- проведення будівельних робіт по реконструкції полігону ТПВ та створення системи видобування, транспортування та очистки БГЗ;
- закупівля та встановлення обладнання для біоелектростанції /когенераційної установки та підключення її до електромережі;
- підготовка та підписання договору про підключення до електромережі з оператором;
- пуско-налагоджувальні роботи;
- експлуатація біоелектростанції /когенераційної установки;

- експлуатація полігону ТПВ згідно вимог природоохоронного законодавства України.

Дослідження безпосередньо на полігоні ТПВ передбачає проведення таких робіт:

- топографічну та геодезичну зйомку території полігону;
- визначення площі збору біогазу і розташування технологічного майданчика для обладнання;
- пробне буріння свердловин в різних частинах полігону для відпрацювання технології буріння
- визначення параметрів та хімічного складу біогазу.

Будівельні роботи включають:

- буріння і конструктивне облаштування газовідвідних свердловин;
- прокладання шлейфових трубопроводів;
- установка колекторів та запірної арматури;
- монтаж магістральних трубопроводів;
- будівництво майданчика вузла збору та утилізації звалищного газу.

Монтаж основного обладнання, яке включає:

- блок підготовки біогазу;
- систему моніторингу газу;
- генераторні / когенераторні установки;
- обладнання для підключення до зовнішніх мереж;
- устаткування для отримання вуглекислоти;
- мережу електропостачання.

4 Техніко-економічна ефективність проекту

Реалізовувати електроенергію з полігонного біогазу передбачається за "зеленим" тарифом 306,94 коп./кВт·год. (Постанова №1349 від 30.04.2015 р. «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію» Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг), а теплову енергію в перспективі доцільно використати для місцевих потреб, наприклад в технологічному процесі сортування відходів, високотемпературне знищення небезпечних відходів, для опалення господарських будівель полігону ТПВ, тощо.

Результати попереднього розрахунку ефективності встановлення КГУ з утилізацією звалищного газу полігону ТПВ міста Хмельницького наведені у Табл.4 з використанням даних, що наведені у Додатку 5. При цьому був використаний курс обміну НБУ за 21.11.2015р. (1 долар США = 23,83915 грн.)

Таблиця 4.

Результати попереднього розрахунку ефективності встановлення електроенергетичної установки з утилізацією звалищного газу полігону ТПВ.

Найменування величини	Значення	Розмірність	Примітки
Вихідні дані			
Інтенсивність збору біометану	600	м ³ /год.	
Рекомендована встановлена потужність ГПЕ	1000	кВт(е)	
Експлуатаційні витрати за рік			
Річні експлуатаційні витрати (зарплата, ремонт, витратні матеріали)	2500000	грн.	
Управління проектом	145000	грн.	
Техніко-економічні показники ефективності впровадження заходу			
Кількість електроенергії, що вироблена за рік	8000	МВт год/рік	
Вартість виробленої за "зеленим" тарифом електроенергії за рік	24555200	грн./рік	
Сумарні капітальні витрати	67133419	грн.	
Простий термін окупності	2,84	року	

При розрахунках не враховувалися екологічні платежі (за забруднення навколишнього середовища відходами), інвестиційні витрати на створення тепличного господарства та потенційні доходи від його функціонування. Вироблення електроенергії з утилізацією теплоти дозволяє поліпшити економічні показники проекту в порівнянні з виробництвом тільки електроенергії.

5 Екологічна ефективність

Екологічне та санітарно-гігієнічне благополуччя населення міста Хмельницького забезпечується кваліфікованим проведенням моніторингових досліджень в галузі поводження з відходами (відповідно до /8/).

До об'єктів моніторингу у сфері поводження з ТПВ відноситься, серед інших полігон для захоронення (видалення) ТПВ. До предметів моніторингу поводження з ТПВ відносяться: підземні і поверхневі води, атмосферне повітря, геологічне середовище та ґрунти, рослинний і тваринний світ, на які можуть негативно впливати об'єкти поводження з ТПВ.

Узагальнення та аналіз моніторингової інформації дає змогу підвищити повноту, достовірність, оперативність і якість інформаційного обслуговування сфери поводження з ТПВ, уникнути негативних впливів на довкілля та здоров'я населення, забезпечить аналітично-інформаційну підтримку прийняття рішень з управління сферою поводження з ТПВ, проведення оцінки стану об'єктів поводження з ТПВ та величини екологічних ризиків.

Спостереження якості атмосферного повітря ведуться лише в місті Хмельницькому на двох стаціонарних постах лабораторією гідрометеоцентра.

Згідно методики, яка викладена у документі /9/ коефіцієнт еквіваленту викидів метану CH_4 становить 25 по масі відносно викидів CO_2 . Тобто, при повномасштабній реалізації проекту збирання та утилізації БГЗ на полігоні ТПВ міста Хмельницького щорічне скорочення викидів метану становитиме $5129135 \text{ м}^3 \text{ CH}_4$ (або 3676,56 тонн CH_4 при щільності $0,7168 \text{ кг/м}^3$ за стандартних умов: $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 100 кПа), що еквівалентне скороченню викидів 91914 тонн CO_2 .

Результати розрахунків екологічної ефективності проекту викладені у таблиці 1.5.

Таблиці 1.5.

Розрахунок екологічної ефективності встановлення електроенергетичної установки з утилізацією звалищного газу полігону ТПВ.

Найменування величини	Розмірність	Значення
Скорочення викиди CO_2 за рахунок збору та утилізації БГЗ	$\text{тCO}_2\text{екв.}$	91914
Скорочення викидів CO_2 за рахунок генерування електроенергії з БГЗ (коефіцієнти викидів 1,168 $\text{тCO}_2/\text{МВт}\cdot\text{год.}$).	$\text{тCO}_2 \text{ екв.}$	9344
Разом скорочення викидів CO_2 за рахунок утилізації БГЗ та генерування електроенергії	$\text{тCO}_2 \text{ екв.}$	101 258

Розрахункове загальне зменшення емісії парникових газів, виражене в тоннах CO_2 -еквівалента, за рахунок зменшення надходження метану в атмосферу та заміщення використання природного газу для виробництва тепла та електроенергії складе в разі реалізації повномасштабного проекту збору та утилізації біогазу 101 258 тонн на рік.

Система збору та утилізації звалищного газу не робить впливу на водне середовище навкруги полігону, тому що є герметичною по рідкій фазі. Виняток становить гідрозатвор сепаратора (водозбірника), рідина з якого контрольованим чином транспортується у відстійник фільтрату або в тіло полігону. При цьому баланс рідини в порівнянні з необладнаних полігоном зберігається.

Роботи зі спорудження та подальшої експлуатації системи збору та утилізації звалищного газу на полігоні ТПВ не порушать нинішнього стану флори району і практично не будуть на неї впливати.

При експлуатації системи збору та утилізації звалищного газу потенційними джерелами прямого викиду біогазу в атмосферу є:

- оголовки газовідводних свердловин;
- колектори;
- з'єднання або місця пошкодження трубопроводів;
- розгерметизація вузлів підключення обладнання.

Враховуючи особливості технології відбору і транспортування біогазу, а також короткий термін виявлення пошкоджених вузлів, витік газу в атмосферу буде незначною. У кожному випадку, вона не перевищить емісії в атмосферу біогазу в разі відсутності такої системи збору та утилізації звалищного газу полігону. Так, при розриві шлейфового трубопроводу втрати складуть до 10 м³/год., а колекторного - до 500 м³/год. За рахунок роботи когенераційних установок незначно збільшаться викиди NO_x - на 3кг/год. (еквівалент викидів 2 автомобілів).

При реалізації проекту збору та утилізації звалищного газу будуть враховані всі необхідні заходи щодо зниження впливу полігону на навколишнє середовище. Спорудження та експлуатація системи збору та утилізації звалищного газу на полігоні ТПВ, за умови виконання природоохоронних заходів та дотриманні технологічного регламенту, впливатиме на навколишнє середовище в межах діючих санітарних нормативів і не погіршуватиме умови проживання населення.

6. Інституційні аспекти

Програма поводження з твердими побутовими відходами у м.Хмельницькому на період 2009-2015 років (рішення сесії Хмельницької міської ради від 23.09.2009р №8) розроблена відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року №265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами», Національної стратегії поводження з твердими побутовими відходами в Україні, Рекомендацій щодо підготовки місцевих програм поводження з твердими побутовими відходами та Концепції поводження з ТПВ для м.Хмельницький, розробленої ВАТ «Гірхімпром» у 2007 році.

Метою Програми поводження з твердими побутовими відходами міста Хмельницький є створення умов, що сприятимуть забезпеченню повного збирання, перевезення, утилізації, знешкодження та захоронення побутових відходів та обмеження їх шкідливого впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини.

Досягнення цієї мети визначається реалізацією п'яти стратегічних напрямків, як технічний розвиток, фінансовий розвиток, правовий розвиток, інституціональний розвиток, інформування громадськості та просвітницька робота.

Необхідним і обов'язковим елементом Програми є участь в її реалізації мешканців міста Хмельницький – всіх утворювачів твердих побутових відходів, а також:

- впровадження ефективної системи поводження з твердими побутовими відходами, зменшення обсягів захоронення побутових відходів шляхом впровадження нових сучасних високоефективних методів їх збирання, перевезення, зберігання, переробки, утилізації та знешкодження.
- розширення простору, охопленого організованим збиранням та вивезенням відходів, реформування системи санітарного очищення міста;
- створення умов для ефективного використання побутових відходів як енергоресурсу та дослідно-промислового впровадження комплексної переробки і утилізації їх ресурсно-цінних компонентів шляхом будівництва високо технологічної сміттєсортувальної станції (заводу);
- безпечне захоронення твердих побутових відходів на полігоні з обов'язковим дотриманням технології, забезпечення дотримання вимог та правил експлуатації полігону твердих побутових відходів, організація моніторингу і контролю за полігоном з метою запобігання шкідливого впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людей;
- рекультивация та дегазация існуючого полігону твердих побутових відходів з одночасним будівництвом нового полігону (заводу з переробки відходів);
- впровадження ефективної тарифної політики у сфері поводження з ТПВ;
- дотримання вимог законодавчих та нормативно-правових актів у сфері поводження з побутовими відходами;
- запровадження участі мешканців приватного сектора у сфері поводження з ТПВ;
- впровадження повної поінформованості населення з питань поводження з відходами та ін.

Для реалізації мети Програми передбачається розв'язати такі основні завдання:

1. Зменшення обсягів захоронення побутових відходів шляхом застосування нових сучасних методів їх збирання, перевезення, зберігання, переробки, утилізації та знешкодження.
2. Впровадження на території області принципу «забруднювач платить».
3. Створення нормативно-правової бази у сфері поводження з твердими побутовими відходами.
4. Вдосконалення існуючої системи управління у сфері поводження з твердими побутовими відходами.

5. Проведення послідовної та узгодженої інформаційно-виховної роботи з утворювачами відходів щодо первинного сортування.

Формування екологічної свідомості населення, зокрема, культури поводження з ТПВ, відбувається шляхом проведення семінарів, акцій та конкурсів щодо поводження з відходами, видання посібників, буклетів, іншої поліграфічної рекламної продукції, висвітлення через засоби масової інформації мети та завдань господарювання з відходами, охорони довкілля.

Основою реалізації Програми є втілення в життя її заходів в доцільній економічній формі, а саме заходи, що визначені у Програмі мають враховувати реальні матеріальні і фінансові можливості міста та держави в сучасних умовах, не гальмувати розвиток виробництва. При цьому важливо знайти збалансовані рішення фінансового забезпечення програмних заходів.

Оскільки в зазначених умовах місто не готове самостійно фінансувати проведення заходів поводження з ТПВ, основним напрямком стратегії фінансової політики є пошук інвесторів, готових інвестувати в сферу поводження з ТПВ.

7 Правове регулювання поводження з ТПВ

Згідно зі ст.21 Закону «Про відходи», органи місцевого самоврядування у сфері поводження з відходами забезпечують, зокрема, організацію збирання побутових відходів, у тому числі відходів дрібних виробників, роздільного збирання корисних компонентів цих відходів. У ст.30 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» /10/ передбачено, що до відання виконавчих органів сільських, селищних, міських рад належать повноваження щодо впровадження систем роздільного збирання побутових відходів. Згідно зі ст.20 Закону «Про місцеві державні адміністрації» /11/, місцеві державні адміністрації організовують окреме збирання побутових відходів, інших видів відходів як вторинної сировини. Аналогічні повноваження передбачено у ст.20 Закону «Про відходи». Відповідно до ст.35-1 Закону «Про відходи» роздільне збирання побутових відходів здійснюється їх власниками.

Правила надання послуг з вивезення побутових відходів затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 10 грудня 2008 року №1070 /12/. Згідно з п.3 зазначених Правил, власники або балансоутримувачі житлових будинків, земельних ділянок укладають договори з особою, яка визначена виконавцем послуг з вивезення побутових відходів, та забезпечують роздільне збирання побутових відходів. Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 7 червня 2010 року №176 були затверджені Методичні рекомендації з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів /13/. Правила визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 30 липня 2010 року №259 /14/.

З метою удосконалення нормативно-методичної бази з питань впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів Міністерством з питань житлово-комунального господарства України від 5 серпня 2008 року №242 /15/ затверджено Методичні рекомендації з організації роздільного збирання твердих побутових відходів. Методи та засоби роздільного збирання компонентів твердих побутових відходів, їх перевезення та перероблення рекомендується обирати з урахуванням морфологічного складу твердих побутових відходів, їх річного обсягу утворення, потреби у вторинних енергетичних та матеріальних ресурсах, органічних добривах, економічних факторів та інших вимог. Порядок роздільного збирання твердих побутових відходів у населеному пункті рекомендовано визначати Правилами благоустрою, Схемою санітарної очистки та місцевими програмами поводження з твердими побутовими відходами. Під час обрання органами місцевого самоврядування або місцевими державними адміністраціями схеми санітарного очищення рекомендується надавати перевагу пропозиціям, що передбачають більший ступінь перероблення чи утилізації побутових відходів. У населених пунктах рекомендується організовувати проведення постійної агітаційної роботи щодо безпечного в санітарному та екологічному відношенні поводження з побутовими відходами та необхідністю свідомої активної організації впровадження роздільного збирання компонентів побутових відходів.

Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 1 серпня 2011 року №133 було затверджено Методику роздільного збирання побутових відходів /16/. Положення цієї Методики мають застосовуватися під час розроблення схем санітарного очищення населених пунктів, місцевих програм поводження з побутовими відходами, виконання техніко-економічних обґрунтувань впровадження сучасних технологій поводження з побутовими відходами. Компоненти, що входять до складу твердих побутових відходів, визначають за такою класифікацією: органічна складова побутових відходів, що легко загниває; папір та картон; полімери; скло; побутовий металобрухт; текстиль; дерево; небезпечні відходи у складі побутових відходів; кістки, шкіра, гума.

Впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів, згідно з Методикою, проводиться за такими етапами: визначення обсягів надання послуг з вивезення побутових

відходів; визначення компонентів, що входять до складу твердих побутових відходів, та проведення розрахунків середньодобового та середньорічного утворення відходів як вторинної сировини у складі твердих побутових відходів; визначення споживачів вторинної сировини та/або обґрунтування необхідності будівництва спеціальних установок з перероблення відходів як вторинної сировини; визначення вимог споживачів вторинної сировини до якості відходів як вторинної сировини та вартості їх приймання на перероблення; вибір технологічної схеми роздільного збирання твердих побутових відходів; вибір типів і розрахунок кількості контейнерів для збирання відходів як вторинної сировини, придбання контейнерів; вибір раціональної схеми розташування контейнерів та будівництво у разі необхідності контейнерних майданчиків; визначення системи та режиму перевезення відходів як вторинної сировини; вибір типів і кількості спеціально обладнаних транспортних засобів для перевезення відходів як вторинної сировини.

Впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів має супроводжуватись проведенням постійної агітаційної роботи щодо безпечного в санітарно-епідемічному та екологічному відношеннях поводження з твердими побутовими відходами та необхідності свідомої активної участі усіх верств населення у впровадженні роздільного збирання компонентів твердих побутових відходів.

У ст.82 Кодексу України про адміністративні правопорушення [17] передбачено відповідальність, зокрема за порушення вимог щодо поводження з відходами під час їх збирання для громадян, посадових осіб та громадян — суб'єктів підприємницької діяльності, а саме: накладення штрафу на громадян від двадцяти до вісімдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб, громадян — суб'єктів підприємницької діяльності — від п'ятдесяти до ста неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Отже, у даний час гостро постала потреба у вдосконаленні механізму реалізації положень чинного законодавства України у сфері поводження з твердими побутовими відходами, зокрема, щодо значного посилення контролю за його виконанням, а також реального економічного забезпечення заходів щодо утилізації відходів і зменшення обсягів їх утворення.

8 Можливі правові умови та форми договорів ДПП

8.1. Правові умови ДПП

Закон України про ДПП, Закон “Про концесії”, Закон “Про відходи”, Цивільний та Господарський кодекс становлять правове поле ДПП у сфері ТПВ. Правове середовище ДПП у сферах, пов’язаних з ТПВ, є більш-менш розвиненим. Відповідно до законодавства про регулювання тарифів на послуги у сфері ТПВ, додаткові заходи, пов’язані з біогазом чи фільтратом, не мають особливого регулювання тарифів ТПВ і можуть вважатися необхідними операційними витратами оператора полігону. В той же час, якщо тарифи ТПВ, затверджені Муніципалітетом, не є економічно обґрунтованими, це впливатиме на фінансову спроможність оператора полігону щодо покриття витрат. Застосовуються відповідні тарифи на електроенергію, затверджені на національному рівні. Діяльність, пов’язана з біогазом чи фільтрату, суворо регулюється санітарним, енергетичним та екологічним законодавством. Для здійснення вищевказаної діяльності необхідні належні ліцензії та спеціальні дозволи.

Кожна з запропонованих вище схем ДПП може бути кваліфікована за законодавством України про ДПП як проект ДПП у випадку дотримання наступних основних критеріїв:

1. Тривалість договору становить 5 чи більше років;
2. Право власності на активи (будівлі, інфраструктуру, труби та ін.), створені відповідно до ДПП, належить державному партнеру;
3. Вкладаються інвестиції в існуючу або потенційну власність державного партнера.

Існує передумова для впровадження ДПП: державний партнер володіє активами та земельною ділянкою, що потрібні для проекту.

Проекти можуть розроблятися за різними юридичними схемами. В загальному, Закон про ДПП передбачає концесію, договір про співпрацю, договір оренди та ін. Найбільш поширеним видом контракту, що застосовується у секторі ТПВ є контракт ВОТ (Будівництво-Експлуатація- Передача) державному партнеру.

На основі кращих практик та правової системи України для попереднього розгляду можуть бути запропоновані кілька різних опцій. Треба детальніше розглянути це питання на етапі техніко-економічного обґрунтування.

8.2. Можливі форми договорів ДПП

Концесія

Державний партнер надає приватній установі ексклюзивні права будувати та експлуатувати актив протягом тривалого періоду відповідно до вимог щодо ефективності, встановлених Державним партнером, і передавати активи публічному партнеру після закінчення концесії. Державний партнер зберігає за собою право власності на початкові активи, на активи, побудовані в рамках договору концесії, активи, придбані приватним партнером, як передбачено договором, приватний оператор зберігає за собою право на компенсацію інвестицій у вдосконалення, здійснені під час періоду концесії шляхом одержання прибутку від концесійної діяльності. Концесійний платіж публічному партнеру є обов’язковою умовою договору і впливає на економічну життєздатність Проекту.

Мінімальна тривалість договору концесії складає 10 років, але приймаючи до уваги технічні характеристики і місткість полігону, варто обговорити питання, чи зможе приватний партнер ефективно експлуатувати цей полігон протягом 10 років та сплачувати концесійний платіж.

Ми можемо розглядати питання очисних споруд для фільтрату лише, якщо оператором полігону залишатиметься комунальне підприємство (КП). Оскільки джерелом винагороди та

окупності інвестицій у проєкті з очистки фільтрату є оператор полігону, муніципалітет має забезпечити довгостроковий договір між приватним партнером та КП щодо надання необхідних послуг. У проєкті щодо біогазу муніципалітет має забезпечити тісну співпрацю між КП та приватним партнером щодо доступу для розміщення певного обладнання.

Якщо на полігоні не вистачає місця для побудови встановлення очисних споруд для фільтрату чи біогазу представники муніципалітету повинні розглянути питання щодо розширення полігону за рахунок сусідньої ділянки та заключити відповідний договір оренди з представниками селищної ради.

Договір про спільну діяльність

Цей тип договору передбачає певне розділення інвестицій та інших зобов'язань між державним і приватним партнерами, при чому приватному партнеру надається право будівництва та експлуатації активів. Ця форма ДПП не дуже добре розвинена в Україні, але надає партнерам більше свободи при розподілі ризиків. Цю форму можна обрати, якщо договір концесії не є прийнятним.

Договір на управління

Цей тип договору ДПП передбачає найменшу участь приватного партнера у комунальних активах чи комунальній послугі (що може бути найбезпечнішим варіантом для нерозвинутого середовища ДПП у секторі, в якому мало зацікавлені приватні оператори). Договір передає повноваження щодо управління експлуатацією об'єкту (полігону та утилізованих відходів), проведення інспекції, рекультивації, ремонту і прибирання об'єкта з метою забезпечення виконання вимог, вказаних у договорі (наразі комунальне підприємство, що управляє полігоном, є оператором відповідно до Статуту, а також правил і програм міста, отже, його повноваження більшою мірою встановлюються в ручному режимі, ніж є встановленими на тривалий час). Всі активи залишаються у власності міста.

Спільне підприємство

Положення про ДПП в українському законодавстві не передбачають інституційного ДПП - лише договір ДПП є законним. Вузьке розуміння ДПП в Україні не дозволяє назвати спільне підприємство державно-приватним партнерством. Однак тлумачення законодавства вказує, що муніципалітети можуть брати участь у спільних підприємствах, які не підпадають під дію закону про ДПП. Спільне підприємство дозволяє об'єднувати активи і фонди для здійснення проєкту у сфері ТПВ. Керівництво СП контролюватиме будівництво, обслуговування та експлуатацію проєкту ТПВ. Всі відносини між публічним і приватним партнерами регулюються Статутом спільного підприємства як відносини між акціонерами. Оскільки установчі договори не досить добре розроблені українським законодавством, судова практика у цій сфері неоднорідна і загалом схиляється до того, що після реєстрації спільного підприємства як юридичної особи будь-який установчий договір, підписаний до реєстрації, взагалі не впливає на діяльність спільного підприємства і проєкту.

Можливі конфігурації та характеристики договорів ДПП наведені у Додатку 6.

9 Проблеми полігону ТПВ. SWOT аналіз проекту збору та утилізації БГЗ

За утримання та належну експлуатацію полігону ТПВ м.Хмельницького ТПВ в місті Хмельницькому відповідає Комунальне підприємство «Спецкомунтранс» (далі – КП «Спецкомунтранс») власником якого міська рада м.Хмельницького, яке очолює Кривенчук В.В. Державний акт на право постійного користування землею видано Хмельницькому комунальному автотранспортному підприємству №222801, правонаступником якого є Хмельницьке КП "Спецкомунтранс", якому надано землю у постійне користування під міський полігон по утилізації твердих побутових відходів. Площа земельної ділянки становить 8,88 га та розділена на дві частини: діюча і допоміжна на в'їзді для службових потреб / інженерних мереж (див. додаток 2, фото полігону зі супутника).

Таблиця 1.6.

Проблеми та ризики проекту

Проблемні питання	Ризики	Варіанти вирішення питань
1. Вичерпання потужності полігону	<ul style="list-style-type: none"> Відсутність місця для санкціонованого захоронення ТПВ Збільшення кількості несанкціонованих сміттєзвалищ 	1.1 Розширення існуючого полігону 1.2 Удосконалення системи управління та експлуатації полігону 1.3 Будівництво нового полігону
2. Небезпечні викиди біогазу і можливість вибуху або пожежі	<ul style="list-style-type: none"> Постійне забруднення повітря Фрагментарне чи всеохоплююче займання ТПВ полігоні Призупинення експлуатації полігону через небезпеку завдання шкоди здоров'ю людини чи обладнанню 	2.1. Будівництво системи збору та утилізації біогазу шляхом вироблення електроенергії біогазовою електростанцією.
3. Низький рівень або відсутність біометану	<ul style="list-style-type: none"> Помилки при оцінці газової продуктивності полігону ТПВ Виникнення перешкод при бурінні свердловин Низький рівень дебету біогазу з свердловин, недостатній для функціонування біоелектростанції. 	3.1 Забезпечення проектного ущільнення кожного прошарку сміття на полігоні ТПВ. 3.2. До початку проектування зробити пробне буріння свердловин в різних частинах полігону для відпрацювання технології буріння і визначення параметрів та хімічного складу біогазу.

Впровадження проекту збору та утилізації біогазу звалищ має свої сильні та слабкі сторони. В таблиці 1.7 наведені результати SWOT аналізу.

SWOT аналіз**Сильні сторони**

- Зниження викидів парникового газу (метану) і локалізація загрози пожеж
- Зменшення обсягу ТПВ і як наслідок збільшення ресурсу полігону ТПВ
- Заміщення природного газу шляхом виробництва електроенергії і тепла з поновлюваного джерела

Можливості

- Залучення коштів за рахунок механізмів ДПП
- Впровадження стандартів ЄС щодо поводження з ТПВ
- Реалізація комплексних програм переробки ТПВ за рахунок коштів від продажу електроенергії та тепла

Слабкі сторони

- Можливі зміни економічної політики держави (зміна в оподаткуванні, введення ліцензування, квота на відповідний вид діяльності і т.д.).
- Бюрократичні бар'єри при отриманні пільг на ввезення обладнання
- Недосконалість механізму державно-приватного партнерства
- Застарілі державні будівельні норми для систем збору газу

Ризики

- Коливання цін та загальна невизначеність посткіотського періоду
- Зміна керівництва міста та комунальних підприємств
- Нестабільність законодавства у сфері енергетики, землевідведення, екології.
- Невизначеність, за результатами натурних досліджень, реальних обсягів біометану, що може бути вилучений з тіла полігону.

10 Висновки

Полігон ТПВ міста Хмельницького працює в режимі перевантаження, потребує невідкладної санації та рекультивациі і є потужним джерелом забруднення навколишнього середовища. Вільне розповсюдження біологічного газу звалищ, основними компонентами якого є парникові гази: діоксид вуглецю і метан, в навколишньому середовищі викликає ряд негативних ефектів як локального, так і глобального масштабів, обумовлених його специфічними властивостями. При викидах БГЗ можуть формуватися вибухо- та пожежонебезпечні умови як на самому полігоні ТПВ, так і в будівлях і спорудах, розташованих поблизу нього. Накопичення газу в тілі полігону часто викликає самозаймання ТПВ. Процес горіння супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема, діоксину.

Позбутися більшості проблем, які пов'язані з функціонуванням полігону ТПВ міста, дозволяє реалізація проекту збору та утилізації біогазу звалищ з врахуванням закордонного та вітчизняного досвіду шляхом використання БГЗ в якості палива для отримання електричної (в перспективі та теплової енергії), а також вуглекислоти, що додатково підвищує позитивні екологічні наслідки впровадження проекту.

Результати виконаних розрахунків з урахуванням терміну функціонування полігону, обсягів захоронення ТПВ, ємності полігону, вмісту в ТПВ, що захоронюються, харчових та інших органічних відходів свідчать, що використання навіть частки полігону ТПВ для збору та утилізації БГЗ дає можливість встановлення біоелектростанції потужністю 1 МВт паливом для якої є БГЗ. Підключення до електромережі та продаж отриманої електроенергії за «зеленим тарифом» робить цей проект економічно привабливим.

Повномасштабна реалізація проекту збору та утилізації біогазу дозволить зменшити емісію парникових газів, виражене в тоннах CO₂-еквівалента, складе понад 100 тисяч тонн на рік.

Для зниження ризиків впровадження проекту збору та утилізації біогазу звалищ необхідно попереднє визначення реальних обсягів біометану, що може бути вилучений з тіла полігону ТПВ, для чого до початку проектування доцільно зробити пробне буріння свердловин в різних частинах полігону для відпрацювання технології буріння і визначення параметрів та хімічного складу біогазу.

11 ДОДАТКИ

Юридичні засади функціонування Хмельницького комунального підприємства «Спецкомунтранс»

За Статутом Хмельницького комунального підприємства (ХКП) «Спецкомунтранс», затвердженого рішенням Хмельницької міської Ради від 30.05.2007р. №2, позивач є комунальним унітарним підприємством, створеним відповідно до рішення дванадцятої сесії Хмельницької міської Ради від 24.06.2003р. №7 на базі відокремленої частини комунальної власності територіальної громади м.Хмельницького (п.1.1). Виконавчий комітет Хмельницької міської Ради є органом, який виконує функції органу управління господарською діяльністю Підприємства в межах та обсягах визначених Законом України «Про місцеве самоврядування в Україні» (п.3.1).

Мета та предмет діяльності Підприємства закріплено у розділі 2 Статуту, за яким Предметом діяльності підприємства для реалізації визначеної Статутом мети (п.2.1) являється надання послуг юридичним та фізичним особам із збирання, транспортування, утилізації та знешкодження твердих і рідких побутових відходів (п.2.2). Перелік послуг викладено в частині 3 вищезгаданого пункту 2.2. Статуту підприємства (т.1 а.с. 40-41).

У відповідності до пункту 4.1 розділу 4 Статуту, управління підприємством здійснюється відповідно до Статуту на основі поєднання прав Власника щодо господарського використання свого майна та самоврядування трудового колективу Підприємства. Підприємство самостійно визначає структуру управління, встановлює чисельність штату, а за погодженням з органом управління формує облікову політику.

Директор Підприємства призначається на посаду міським головою шляхом укладення контракту з подальшим виданням розпорядження та звільняється з посади розпорядженням міського голови. (п.4.2). За пунктом 13 контракту керівник вправі :

- діяти від імені підприємства, представляти його на всіх підприємствах в установах та організаціях;
- укладати господарські та інші угоди;
- відкривати рахунки в банках;
- видавати доручення;
- користуватись правом розпорядження коштів підприємства, накладати на працівників стягнення відповідно до законодавства;
- в межах своєї компетенції видавати накази та інші акти, давати вказівки, обов'язкові для всіх підрозділів та працівників підприємства;
- вирішувати інші питання, віднесені законодавством, Органом управління майном, Статутом підприємства і цим контрактом до компетенції керівника.

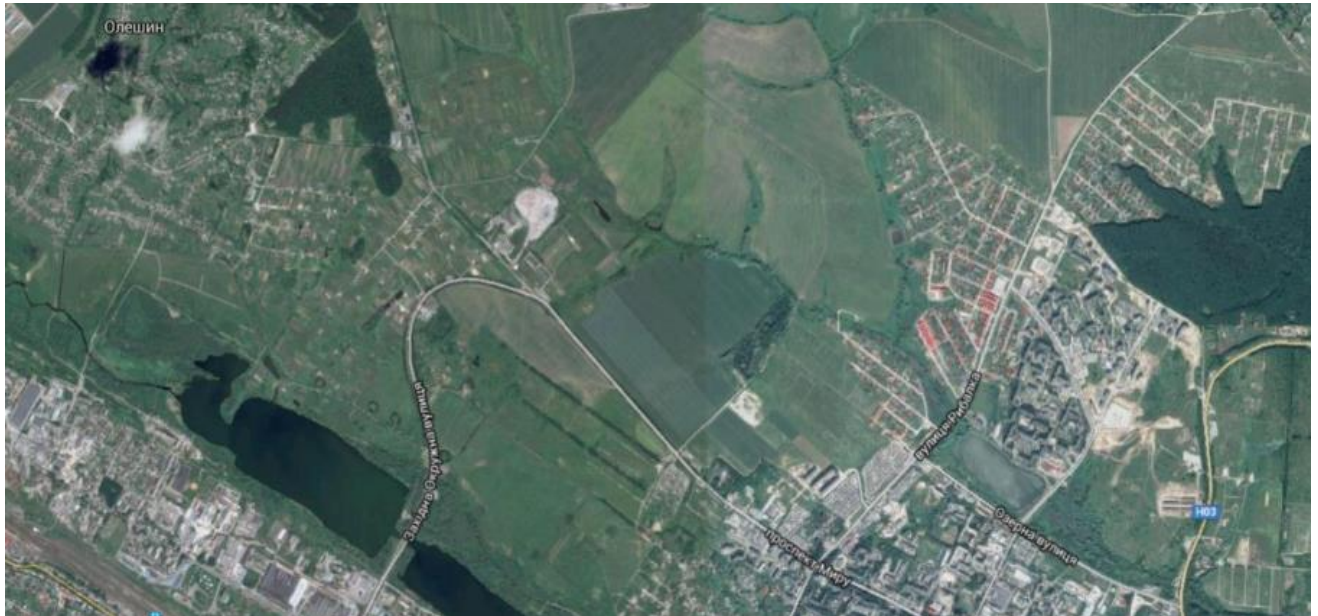
Додатково орган управління делегує Керівнику такі повноваження: самостійно вирішувати питання діяльності підприємства, за винятком не віднесених Статутом підприємства, органом управління майна документації керівника (п.14).

Підприємство ХКП «Спецкомунтранс» - самостійний суб'єкт господарювання, створений органом місцевого господарювання для задоволення суспільних потреб шляхом здійснення виробничої та іншої господарської діяльності. Підприємство є юридичною особою, має відокремлене майно, самостійний баланс, рахунки в установах банків, печатку зі своїм найменуванням та ідентифікаційний код. Повноваження комунального підприємства закріплені в ст.ст. 63, 66, 73, 78 Господарського кодексу України. Статутом підприємства передбачена та господарська діяльність для якої її створив власник і яку підприємство повинно виконувати відповідно до статутних документів та чинного законодавства.

Державний акт на право постійного користування землею видано Хмельницькому комунальному автотранспортному підприємству №222801, правонаступником якого є Хмельницьке комунальне підприємство «Спецкомунтранс», якому надано землю у постійне користування під міський полігон по утилізації твердих побутових відходів по Проспекту Миру 2, площею 8,88 га за ХМ №821 відповідно до рішення виконавчого комітету Хмельницької міської ради від 14.11.1996р.

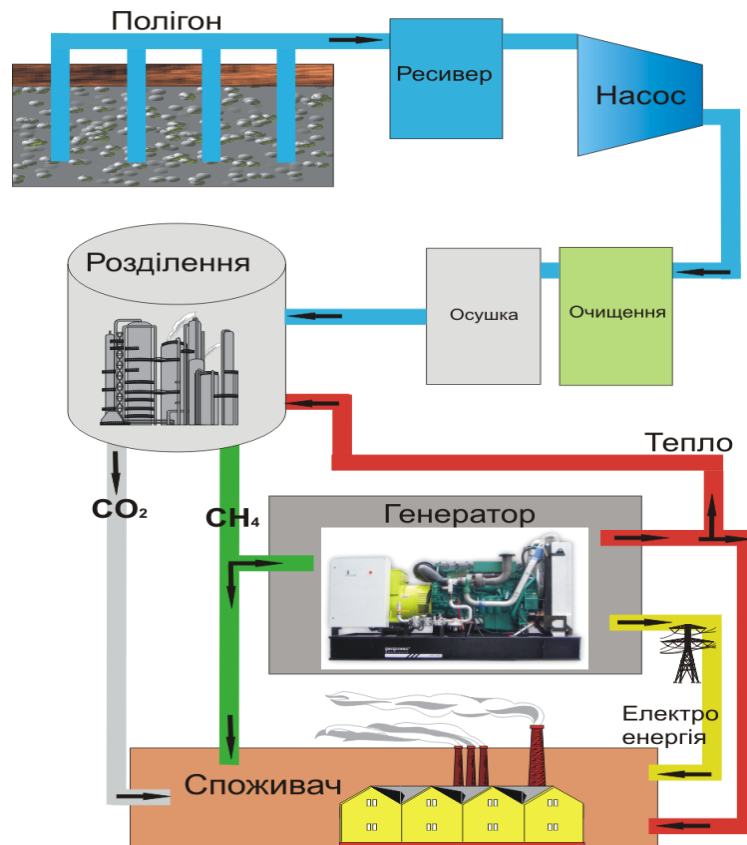
Вигляд полігону ТПВ м.Хмельницький



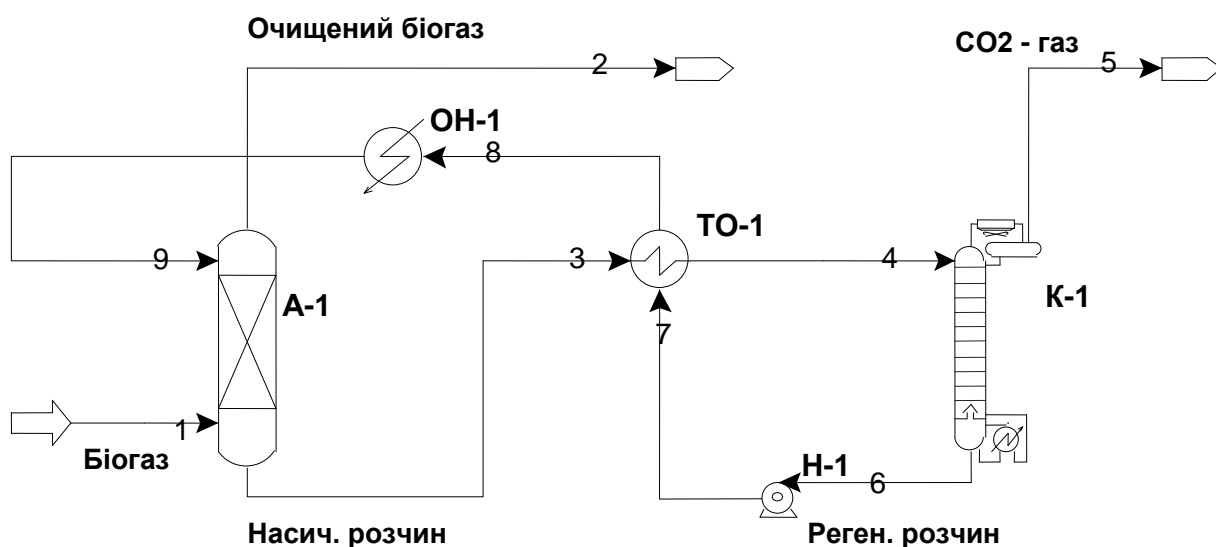


Карти розташування полігону ТПВ (49.461603, 26.965095):
<https://www.google.com.ua/maps/@49.4572251,26.9726346,4410m/data=!3m1!1e3>

Типова схема тригенерації з використанням БГЗ



Принципова технологічна схема амінового очищення біогазу



Принципова технологічна схема очищення біогазу водними розчинами амінів, отримання біометану і газоподібного діоксиду вуглецю складається з наступного.

Біогаз (потік 1) надходить в абсорбер А-1. Абсорбер зрошується водним розчином хемосорбентів (потік 9). У колоні - абсорбері концентрація діоксиду вуглецю в біогазі знижується до 2% (об'ємних). Очищений біогаз (потік 2) направляється на когенератор. Насичений розчин хемосорбентів (потік 3) надходить в рекуперативний теплообмінник ТО-1, в якому нагрівається гарячим зворотним потоком 7 регенованого розчину сорбенту, який виходить з десорбера К-1. Нагрітий насичений розчин сорбенту (потік 4) надходить у верхню частину десорбера К-1, де здійснюється відпарювання поглиненого діоксиду вуглецю до необхідної концентрації. Парогазова суміш, яка виходить з верхньої частини десорбера, охолоджується в конденсаторі, при цьому водяна пара конденсується і надходить у десорбер як зрошення (флегма) у верхню його частину а газ, виходить з конденсатора (потік 5) і містить, в основному, діоксид вуглецю (~ 98% об.). Регенований розчин хемосорбентів (потік 6) насосом Н-1 подається в рекуперативний теплообмінник ТО-1 (потік 7), потім в охолоджувач ОН-1 (потік 8). Після охолоджувача ОН-1 надходить (потік 9) у верхню частину абсорбера А-1.

Перелік робіт, обладнання та матеріалів
(ціни показані в доларах США).

№	Найменування	Кількість	Ціна од.	Вартість
1	Видобування біогазу			
	Труба Ø 110	1000 м	8.5	8500
	Буріння, облаштування свердловин	1000 м	175	175000
Разом за п.1				183500
2	Збір біогазу			
	Труба Ø 50	16000 м	2	32000
	Труба Ø 225	1000 м	30	30000
	Колектор (гребінка)	10 од.	1250	12500
	Укладання труб	3000 м	60	180000
Разом за п.2				254500
3	Підготовка газу			
	Вологозбірник (сепаратор)	2 од.	11000	22000
	Система обліку газу	1 од.	30000	30000
	Компресор (газодувка)	1 од.	47000	47000
Разом за п.3				99000
4	Когенераційне обладнання			
	Когенераційна установка в контейнерному виконанні	2 од.		1160000
	Кімната оператора в контейнерному виконанні (укомплектована необхідним обладнанням)			22100
Разом за п.4				1182100
5	Устаткування для виробництва товарної вуглекислоти			
	Установка для виробництва вуглекислоти	1 шт.		480000
	Вузол підготовки, охолодження, зберігання і наповнення рідкого CO ₂			376000
Разом за п.5				856000
6	Трансформаторна підстанція			80000
7	Проектні роботи			170000
РАЗОМ		з виробництвом CO ₂		2816100
		без виробництва CO ₂		1960100

Можлива конфігурація та характеристики договору ДПП

Конфігурація функціонального компонента договору	Вид договору (основа)	Організаційно-правова форма відповідно до законодавства України та спосіб вибору приватного партнера	Строк, років	Приватний партнер		Рекомендації щодо положень контракту
				Інвестиції	Джерело винагороди (щомісячно) та фінансова життєздатність (ФЖ) проекту	
Збір та утилізація БГЗ шляхом виробітку електроенергії	Будівництво - володіння - експлуатація - передача Договір будівництва, володіння та передачі.	Договір про спільну діяльність, концесія, створення спільного підприємства	Допоки утворюється біогаз (20 років)	Значні (будівництво системи збору БГЗ та біогазової електростанції)	Надходження від реалізації виробленої електроенергії в повному обсязі (100%); Окупність інвестицій забезпечується за рахунок реалізації 100% обсягу виробленої електроенергії, плюс пільги на оподаткування імпорту обладнання; Якщо надходження від збуту електроенергії будуть недостатні для покриття капіталовкладень у певний проміжок часу, Муніципалітет може встановити щомісячну гнучку доплату, яка збільшуватиме надходження до домовленого рівня.	Необхідно ретельно сформулювати такі питання: • Очікувані вимоги щодо дотримання державних та місцевих екологічних вимог та вимог безпеки • Критерії, встановлені для порівняльного аналізу виконаних робіт і оплати Прийнятні технології (виробничі процеси) • Компенсація збитків /шкоди обом сторонам • Оперативний доступ до відповідних об'єктів в разі розділення договорів (на систему збору БГЗ та біогазову електростанцію)

Література

1. Програма поводження з твердими побутовими відходами у м.Хмельницькому на період 2009-2015 р.р. Затверджена рішенням сесії Хмельницької міської ради від 23.09.2009р №8.
2. План дій сталого енергетичного розвитку міста Хмельницького. Проект. - Інститут місцевого розвитку, 2015р.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року №265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами».
4. О.І.П'ятничко, Г.В.Жук, А.В.Гриценко, та ін.. «Досвід утилізації звалищного газу в енергетичних установках України».
5. ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування».
6. Практика использования биогаза свалок для производства электроэнергии и газа. Институт газа НАНУ. <http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/uspp-23102014-instytut-gazu.pdf>.
7. Н.В. Зіновчук, О.В. Горобець «Використання енергетичного потенціалу твердих побутових відходів в Україні». Житомирський НАУ.
8. Методичні рекомендації по впровадженню системи моніторингу у сфері поводження з твердими побутовими відходами, затверджені Наказом Міністерством з питань житлово-комунального господарства України від 02.10.08 №295
9. «EBRD Methodology for Assessment of Greenhouse Gas Emissions, Version 7, 6 July 2010» (р.26, Потенціали глобального потепління для розрахунку загальної викидів ПГ (в еквіваленті по масі CO₂), МГЕЗК 2007.
10. Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21 трав. 1997р. / / Відомості Верховної Ради. — 1997. — № 24. — Ст. 170.
11. Про місцеві державні адміністрації: Закон України від 9 квіт. 1999р. // Відомості Верховної Ради. — 1999. — №20—21.
12. Про затвердження Правил надання послуг з вивезення побутових відходів : постанова Кабінету Міністрів України від 10 груд. 2008 р. №1070 // Офіційний вісник України. — 2008. — № 95. — Ст. 3138.
13. Про затвердження Методичних рекомендацій з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів : наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 7 черв. 2010 р. №176[Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://nau.com.ua>.
14. Про затвердження Правил визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів: наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 30 лип. 2010р. №259 // Офіційний вісник України. — 2010. — №76.
15. Про затвердження Методичних рекомендацій з організації роздільного збирання твердих побутових відходів : наказ Міністерство з питань житлово-комунального господарства України від 5 серп. 2008р. №242 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://nau.com.ua>.
16. Про затвердження Методики роздільного збирання побутових відходів: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 1 серп. 2011р. №133 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://nau.com.ua>.

17. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 7 грудня 1984 року // Відомості Верховної Ради УРСР. — 1984.