

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ ТА ДОМОГОСПОДАРСТВ НА ПОЛІГОНАХ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

PROSPECTS FOR BIOGAS PRODUCTION FROM WASTE OF ENTERPRISES AND HOUSEHOLDS ON SOLID WASTE LANDFILLS

Мазур К.В.

кандидат економічних наук, доцент,
завідувач аграрного менеджменту та маркетингу,
Вінницький національний аграрний університет

Гонтарук Я.В.

кандидат економічних наук,
старший викладач кафедри аграрного менеджменту та маркетингу,
Вінницький національний аграрний університет

Mazur Kateryna, Gontaruk Yaroslav
Vinnytsia National Agrarian University

Статтю присвячено дослідженню перспектив виробництва біогазу на полігонах твердих побутових відходів з побічної продукції домогосподарств та підприємств. Визначено обсяги утворення побутових відходів на підприємствах та домогосподарствах. Досліджено типову систему збору та первинної підготовки зваленого газу до утилізації та основні її компоненти. Проведений аналіз потенційного виробництва біогазу з твердих побутових відходів. Аргументовано необхідність виробничої реструктуризації комунальних підприємств спеціалізованих на утилізації відходів. Запропоновано принципову модель діяльності модернізованих комунальних підприємств орієнтованих на виробництво біометану. Сформовано модель, що дасть можливість частково зменшити енергетичну незалежність держави від енергоносіїв, підвищити ефективність діяльності сільськогосподарських підприємств, забезпечивши галузь рослинництва органічними добривами та дати поштовх розвитку виробництва обладнання для біогазового виробництва на полігонах ТПВ.

Ключові слова: *тверді побутові відходи, біогаз, ефективність, екологія, переробка, утилізація.*

The article is devoted to the study of the prospects of biogas production at solid waste landfills from by-products of households and enterprises. The current environmental problems in Ukraine related to waste disposal are considered. It is determined that the important place is occupied by processing and utilization of waste, the volume of which is constantly growing due to the influence of urban mouths, development of services and other factors. The volumes of household waste generation at enterprises and households are determined. It is determined that the most advanced production in the field of waste disposal is the construction and operation of a complex for the production of electricity by collecting and disposing of landfill gas from the landfill. The typical system of collection and initial preparation of landfill gas for utilization and its main components are investigated. The analysis of potential biogas production from solid household waste is carried out. The necessity of industrial restructuring of communal enterprises specialized in waste utilization is argued. The basic model of activity of the modernized municipal enterprises focused on production of biomethane is offered. A model has been formed that will partially reduce the energy independence of the state from energy, increase the efficiency of agricultural enterprises, providing the crop sector with organic fertilizers and give impetus to the development of equipment for biogas production at landfills. The necessity of the information model of interaction of waste processing enterprises focused on biogas production is determined, which should include interaction on the basis of public-private partnership of research institutions and relevant enterprises focused on biogas production. It is proved that the main constraining factor for the development of biogas production at landfills is primarily the lack of government incentives and the necessary amount of investment. By state incentives for the development of alternative energy and subsidies from local budgets for the relevant utilities, it is possible to achieve the solution of the tasks in the short term.

Keywords: *solid household waste, biogas, efficiency, ecology, processing, utilization.*

Постановка проблеми. Серед актуальних екологічних проблем в Україні важливе місце займає переробка та утилізація відходів, обсяг яких постійно зростає завдяки впливу роту міст, розвитку сфери послуг та інших факторів. Суспільство на сьогодні порушує один з основних екологічних законів – кругообіг речовин в природі, вводячи в обіг чужі природі речовини. На сьогодні в Україні для розв'язання даної проблеми переважно використовують застарілі технології захоронення відходів на сміттєзвалищах. Основним недоліком використання такого способу утилізації є значний негативний вплив на екологічний стан довкілля.

Сучасні способи управління відходами в Україні мають певні особливості, а саме:

- орієнтовані на захоронення відходів, їх розміщення на сміттєзвалищах та/або стихійних сміттєзвалищах, більшість з яких не відповідають вимогам екологічної безпеки;
- мають вкрай низький технологічний рівень та стан інформаційного забезпечення управління;
- практично відсутнє впровадження інноваційних технологій.

В умовах дефіциту енергоресурсів та погіршення екологічного стану навколишнього середовища пошук екологічнобезпечного способу їх переробки в тому числі на біогаз є необхідним та актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спираються автори. В Україні дослідженням перспектив розвитку переробки відходів на біогаз присвячені праці І. Гончарук [1; 6], А. Гриценка [4], І. Фурман [7] та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри вагомий науковий результат вище зазначених робіт, на нашу думку, у сучасній економічній науці недостатньо розглянуті перспективи розвитку виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств, що зумовлює актуальність дослідження.

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Метою статті є дослідження перспектив виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ).

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Серед актуальних екологічних проблем в Україні важливе місце займає переробка та утилізація відходів, обсяг яких постійно зростає завдяки впливу роту міст, розвитку сфери послуг та інших факторів. Суспільство на сьогодні порушує один з основних екологічних законів – кругообіг речовин в природі, вводячи в обіг чужі природі речовини. На сьогодні в Україні для розв'язання даної проблеми переважно використовують застарілі технології захоронення

відходів на сміттєзвалищах. Основним недоліком використання такого способу утилізації є значний негативний вплив на екологічний стан довкілля.

Сучасні способи управління відходами в Україні мають певні особливості, а саме:

- орієнтовані на захоронення відходів, їх розміщення на сміттєзвалищах та/або стихійних сміттєзвалищах, більшість з яких не відповідають вимогам екологічної безпеки;
- мають вкрай низький технологічний рівень;
- практично відсутнє впровадження інноваційних технологій.

В умовах дефіциту енергоресурсів та погіршення екологічного стану навколишнього середовища пошук екологічнобезпечного способу їх переробки в тому числі на біогаз є необхідним та актуальним

В Україні офіційно налічують 5455 сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 8,5 тисяч га. Дослідження Гончарук І. В. свідчать, що, не дивлячись на ряд прийнятих стратегій та програмних документів щодо охорони навколишнього природного середовища в Україні, сфера поводження з відходами не була в них належно відображена, хоча такі відходи шкодять здоров'ю людей та навколишньому середовищу [1, с. 30].

На сьогодні в Україні спостерігається тенденція зростання утворення відходів. За період 2015–2020 років цей показник зріс більш, як на 30% 2020 році становив понад 462 млн т (табл. 1). Понад 11 млн т в 2020 році становили побутові відходи домогосподарств та понад 435 млн тон відходи від економічної діяльності. Утилізовано з даного об'єму було лише 25 відсотків.

В структурі утворення відходів чільне місце займає добувна промисловість, а саме добування металевих руд (табл. 2). Відходи сільськогосподарських підприємств, переробних підприємств АПК та домогосподарств складають понад 15 млн тонн на 2020 рік. Основна частина даної сировини (відходів) може бути використана для виробництва біогазу.

Загальний об'єм утилізації відходів становив в 2020 році 100,5 млн тонн в основному цей об'єм припадав на рециркуляцію або ж утилізацію неорганічних матеріалів (табл. 3). На жаль практично не застосовувалося компостування органічних відходів насамперед з побутових полігонів. Механіко-біологічному переробленню відходів на установках в 2020 році було піддано понад 15 тис. тонн, що на жаль майже в 4 рази менше ніж в 2015 році.

Виробництво біогазу з побутових відходів найбільш доцільно розміщувати безпосередньо на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ).

Полігон ТПВ являє собою своєрідний біохімічний реактор, в надрах якого, в певних

Таблиця 1

Основні показники утворення та поводження з відходами

	2010	2015	2018	2019	2020
Утворено, тис. т	425914,2	312267,6	352333,9	441516,5	462373,5
у тому числі від економічної діяльності	419191,8	306214,3	346790,4	435619,8	456423,8
Утворено відходів на одну особу, кг	9285	7288	8335	10505	11074
Зібрано, отримано побутових та подібних відходів, тис. т	9765,5	11491,8	11857,2	11792,7	12634,9
Імпортовано, тис. т	4,1	3,4	89,4	22,0	2,7
Усього спалено, тис. т	1058,6	1134,7	1028,6	1059,0	1008,0
у тому числі з метою отримання енергії	840,3	1086,3	951,2	960,1	902,2
Утилізовано, тис. т	145710,7	92463,7	103658,1	108024,1	100524,6
Підготовлено до утилізації, тис. т	...	1940,5	3193,6	2810,4	2641,3
Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти, тис. т	313410,6	152295,0	169523,8	238997,2	275985,3
у тому числі на спеціально обладнані звалища	207445,1	31142,8	26305,6	90883,0	25815,3
Видалено іншими методами видалення, тис. т	24318,0	55248,1	57674,1	57503,1	46768,1
Знешкоджено, тис. т	...	2616,0	212,2	379,9	464,8
Розміщено на стихійних звалищах, тис. т	87,4	14,4	2,5	3,4	...
Експортовано, тис. т	281,3	675,4	190,8	260,6	257,8
Вилучено внаслідок витікання, випаровування, пожеж, крадіжок, тис. т	1367,6	6,5	6,7	12,0	...
Накопичено відходів протягом експлуатації у місцях видалення відходів на кінець року, млн. т	13267,5	12505,9	12972,4	15398,6	15635,3
у розрахунку на 1 км ² території країни, т	21984,2	21692,8	22498,9	26706,9	27115,9
у розрахунку на одну особу, кг	289236	291888	306896	366392	374457

Джерело: сформовано авторами на основі [2]

умовах, розвиваються процеси анаеробного розкладання компонентів органічного походження, в результаті чого генерується біогаз (біогазове зброджування – БГЗ). Створення звалищного газу (метанове бродіння) протікає при температурах від 10°C до 50°C. При цьому вологість, супроводжуюча процеси газоутворення, може зніжуватися від 8% до 90% (оптимальна вологість відходів для генерації газу складає 40–50%). Необхідною умовою утворення біогазу є відсутність кисню в масиві звалища.

В даний час основним способом знешкодження ТПВ у всьому світі є їх поховання на полігонах та звалищах. При похованні органічної речовини (якої в сміттєвій 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 бактеріальне грибокве зараження, макрокомпонентами якого є метан (CH₄) та діоксид вуглецю (CO₂).

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 [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

Таблиця 2

Утворення відходів від економічної діяльності та в домогосподарствах, тис. т

	2010	2015	2018	2019	2020
Усього	425914,2	312267,6	352333,9	441516,5	462373,5
Вид економічної діяльності	419191,8	306214,3	346790,4	435619,8	456423,8
Сільське, лісове та рибне господарство	8568,2	8736,8	5968,1	6750,5	5315,4
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	347688,1	257861,9	301448,9	390563,8	391077,9
добування кам'яного та бурого вугілля	37071,3	12084,7	10858,5	14149,7	14576,7
добування металевих руд	267544,9	238156,6	282481,9	367083,9	366901,0
добування інших корисних копалин та розроблення кар'єрів	16819,0	1921,6	8038,3	8861,1	9299,7
Переробна промисловість	50011,7	31000,5	31523,2	30751,8	52311,0
у тому числі					
виробництво харчових продуктів	7245,4	4222,2	5818,4	5581,4	4158,7
виробництво напоїв	1522,2	939,2	447,4	342,0	325,8
виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	2679,0	703,3	1227,8	1199,5	1482,2
виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів	615,4	10,8	11,5	15,4	14,7
металургійне виробництво	32844,2	20725,6	21799,3	21515,3	43650,0
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	8641,0	6597,5	6322,7	5959,2	5333,7
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	1698,7	594,2	397,4	411,8	338,3
збирання, оброблення й видалення відходів; відновлення матеріалів	842,8	180,0	72,5	110,5	10,4
Будівництво	329,4	376,2	378,8	188,7	14,5
Інші види економічної діяльності	2254,7	1047,2	751,3	994,0	2033,0
Від домогосподарств	6722,4	6053,3	5543,5	5896,7	5949,7

Джерело: сформовано авторами на основі [2]

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 [3].

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

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

Одним з перших та найбільш досконалих виробництв в даній галузі є будівництво та експлуатація комплексу для виробництва електричної енергії шляхом збору та утилізації звалищного газу з полігону твердих побутових відходів у місті Хмельницькому. Вертикальні свердловини даного комплексу мають діаметр від 0,5 м і більше. Свердловини облаштовані згідно вимог ДБН продукційною перфорованою трубою діаметром від 110 мм і більше. Діаметр отворів перфорації від 10 до 15 мм з вибраним кроком по поверхні труби, починаючи з відстані 0,5 до 1 м від глибини замка оголовку продукційної труби. Глибина свердловин

Таблиця 3

Утилізовано відходів від економічної діяльності та в домогосподарствах, тис. т

	2010	2015	2018	2019	2020
Усього утилізовано	145710,7	92463,7	103658,1	108024,1	100524,6
Утилізація / регенерація розчинників	330,6	65,3	103,9	137,1	111,2
Рециркуляція / утилізація органічних речовин, що не застосовуються як розчинники	2773,2	443,2	397,6	474,8	320,0
Компостування органічних відходів	147,4	651,1	671,6	619,8	549,8
Ферментація органічних відходів	295,8	86,7	88,5	77,7	63,5
Переробка паперу та картону	...	24,0	0,3	0,3	0,3
Рециркуляція / утилізація металів та їх сполук	9564,4	6515,8	5798,9	5592,7	5356,2
Рециркуляція / утилізація інших неорганічних матеріалів	110658,2	58958,1	55930,2	58763,3	43068,9
Регенерація кислот і основ	33,6	0,4	0,8	1,0	2,1
Рекуперація компонентів, що використовуються для зменшення забруднення	6125,2	13718,7	26649,4	27348,7	36553,7
Рекуперація компонентів каталізаторів	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Повторна перегонка використаних нафтопродуктів чи інше їх повторне використання	99,3	29,0	12,5	14,7	13,5
Обробка ґрунту, що справляє позитивний вплив на землеробство чи поліпшує екологічну обстановку	9244,5	10763,3	12320,3	13263,0	13501,3
Використання відходів, отриманих від будь-якої з вищеперелічених операцій	6438,5	1208,1	1684,1	1731,0	984,1
Усього підготовлено до утилізації	...	1940,5	3193,6	2810,4	2641,3
Обмін відходами для здійснення подальшої утилізації чи видалення	...	34,9	14,2	17,1	2578,4
Сортування відходів	...	163,1	28,2	28,3	32,3
Механіко-біологічне перероблення відходів на установках МБП	...	57,6	65,6	38,1	15,3
Розбирання непридатних транспортних засобів	...	0,0	0,1	0,0	0,0
Збір і попередня обробка металобрухту та відходів, що містять метали	...	1684,9	3085,5	2726,9	15,3

Джерело: сформовано авторами на основі [2]

становить щонайменше 7 м. Нижній зріз труби не доходить до рівня фільтрату. Затрубний простір заповнений гравієм або галькою фракції 30...60 мм. Верхня частина свердловини (приблизно 1...1,5 м від верхнього краю) ущільнена 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. 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 [3].

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).

Дослідження, Грищенко А. В. свідчать, що інтенсивність утворення біогазу на полігоні ТПВ залежить від складу відходів, їх маси, порядку складування, щільності відходів на квадратний

кілометр, доступу кисню і води до відходів полігону, температури повітря та ґрунту. З огляду на це необхідно перш за все оцінити склад ТПВ на полігоні. Як правило, основу ТПВ України становить органічна речовина (папір, харчові відходи, рослинні рештки та ін.), яка на 70... 80% здатна до біологічного розпаду в аеробних та анаеробних умовах [4, с. 39].

Морфологічний склад органічної частини на полігонах ТПВ середніх розмірів (площею 15 га) наведено в таблиці 4.

При наявності процентний вмісту в органічній речовині ТПВ та атомної ваги вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, визначено кількість грам-молей цих елементів у 1 кг ТПВ (табл. 5).

У процесі зберігання ТПВ на полігоні відбувається переважно анаеробний процес розпаду органічної речовини, під час якого утворюються нові хімічні сполуки – двоокис вуглецю (CO_2), метан (CH_4), аміак (NH_3), сірководень (H_2S). Це газоподібні речовини, які, змішуючись, утворюють біогаз. Знаючи молекулярні маси утворених сполук CO_2 (44), CH_4 (16), NH_3 (17), H_2S (34) та

води H_2O (18), можна визначати маси речовин, що утворюються при розпаді 1 кг ТПВ [4, с. 41].

Виробництво біогазу на полігонах ТПВ найбільш доцільно проводити на тих підприємствах де вже розвинуто сортування та переробка відходів.

Доцільним є також часткове використання продукції АПК для переробки на альтернативні джерела енергії [5].

Пріоритетними напрямами на довгострокову перспективу мають стати: запровадження у виробництво безвідходних, біотехнології як головної умови виробництва продукції з високоякісними споживчими властивостями; розширення асортименту екологічно чистих і дієтичних молочних продуктів; підвищення рівня конкурентоспроможності молочної продукції як на внутрішньому так і на зовнішньому ринках, створення виробництв з переробки відходів [6, с. 37].

Як стверджує Фурман І. В. у перспективі доцільно розглядати можливості впровадження технологій переробки відходів на біогаз,

Таблиця 4

Морфологічний склад органічної частини ТПВ на полігонах

Морфологічний склад органічної частини ТПВ	Полігон		Вміст основних хімічних елементів в сухій речовині органічних компонентів ТПВ, %					
	Вміст по масі ТПВ, %	Вміст в органічній частині ТПВ, %	С	Н	О	Н	С	зола
Папір	21,0	44,5	45,40	6,10	42,10	0,30	0,12	6,00
Харчові відходи	12,0	25,4	41,70	5,80	27,60	2,80	0,25	21,90
Дерево	2,1	4,5	48,30	6,00	42,40	0,30	0,11	2,90
Текстиль	2,6	5,5	46,20	6,40	41,80	2,20	0,20	3,20
Шкіра, гума	4,6	9,5	59,80	8,30	19,00	1,00	0,30	11,60
Пластмаса	3,4	7,2	67,90	8,57	10,30	1,13	0,05	12,02
Кістки	1,6	3,4	59,60	9,50	24,70	1,02	0,19	4,99
Суміш компонентів	47,2	0	48,10	6,53	33,3	1,18	0,15	10,74

Джерело: сформовано на основі [4]

Таблиця 5

Маса вихідних речовин при анаеробному розпаді органічних речовин 1 кг ТПВ

Вхідні хімічні елементи		Вихідні сполуки				
хімічний знак	маса, г	хімічна формула	маса, г	масова частка, %	об'єм, м ³	об'ємна частка, %
С	102,00	CO_2	162,20	66,70	0,0923	42,36
Н	13,78	CH_4	77,20	31,80	0,1210	55,53
О	70,70	NH_3	3,06	1,36	0,0044	2,02
Н	2,50	H_2S	0,34	0,14	0,0002	0,09
С	0,32					
H_2O	53,50					
	242,80		242,80	100	0,218	100

Джерело: [4, с. 40]

орієнтовані на внутрішні потреби підприємства через імплементацію досвіду провідних країн світу, що дасть змогу отримати не тільки біодобрива, але й енергетичні ресурси [7].

Виходячи з вищесказаного, обчислити об'єм утворення біогазу (G_{max}) на середньостатистичному полігоні для прикладу КП «Добробут» м. Іллінці (на даний час проводиться переробка та сортування ТПВ) за формулою:

$$G = M \times V \text{ (м}^3\text{)},$$

де M – річна кількість ТПВ, що надходять на полігон; V – об'єм біогазу, що утворюється з 1 кг ТПВ ($V = 0,218 \text{ м}^3/\text{кг}$).

$$M = H \times \text{ч},$$

де H – норма накопичення ТПВ на 1 мешканця за один рік ($H = 300 \text{ кг}$);

ч – чисельність жителів міста.

Таким чином, наприклад, для Іллінецької ТГ чисельність орієнтовно 20 тис. мешканців об'єм утворення біогазу на полігоні ТПВ за рік складає:

$$G = 300 \times 20000 \times 0,218 = 1308000 \text{ м}^3.$$

Як видно з розрахунку, є можливість отримання значних обсягів біогазу для виробництва як теплової, так і електроенергії.

Виходячи з відповідних обрахунків слід зазначити що в перерахунку на метан та вуглекислоту відповідно з даних таблиці 5. об'єми становитимуть – 726 тис. м^3 метану та 582 тис. м^3 вуглекислоти (9720 тон).

Доцільним є порівняти витрати, що аноншуються, для проектів в Україні. Запланована вартість проектів, що розвиваються в Україні, знаходиться в діапазоні від 120 до 250 Євро/т ТПВ в рік [8, с. 38].

Потужність наявного полігону понад 60 тис. тон ТПВ на рік, отже проектна вартість становитиме близько 7,2 млн. евро. Вартість проєкту є непосильною для громади тому розвиток даного проєкту можливий лише з залученням інвестора.

Виходячи з обрахунків обсяги виробництва дадуть можливість реалізувати метану за вартістю 49104 грн/тис. м^3 та вуглекислоту по 2196 грн/т (61 Євро). Отже загальний обсяг доходу становитиме 35,6 млн грн – метан, 21,3 млн грн – реалізація вуглекислоти (загалом 56,8 млн грн щорічно).

На нашу думку необхідною є інформаційна модель взаємодії сміттєперобних підприємств орієнтованих на виробництво біогазу, яка повинна включати взаємодію на засадах державно-приватного партнерства науково-дослідних установ та відповідних підприємств орієнтованих на виробництво біопалива (рис. 1).

Відповідна модель має включати в себе наступні заходи з виробництва та просування біогазу на ринок енергоносіїв:

– державно-приватне фінансування наукових досліджень в наукових установах відповідно до потреб підприємства (проекткування біогазових, виробництв на полігонах ТПВ);

– навчання працівників, які будуть задіяні у виробництві біогазу на полігоні в науковій установі;

– заключення договорів з підприємствами які орієнтовані на виробництво обладнання розробленого науковими установами для виробництва біогазу на полігонах ТПВ;

– компенсація відсотків державним бюджетом для купівлі обладнання для виробництва біогазу комунальним підприємствам;

– налагодження ринку біометану в Україні;

– передачі побічних продуктів з виробництва біогазу (дигестат) для використання як органічного добрива для сільськогосподарських культур;

– налагодження співробітництва з покупцями біогазу (промислові підприємства – біогаз).

Слід зауважити, що для сільськогосподарських формувань окрім фінансового ефекту від заощадження коштів на придбання мінеральних добрив, використання таких органічних добрив для потреб господарств дозволить отримати позитивний агротехнічний ефект, спричинений їх перевагами, а саме: максимальним зберіганням та накопиченням азоту, високим рівнем засвоєння органічних речовин, відсутністю насіння бур'янів та патогенної мікрофлори, стійкістю до вимивання ґрунту тощо. Таким чином, їх використання дозволить не тільки покращити фізичні та механічні властивості ґрунту, підвищити врожайність сільськогосподарських культур, а в майбутньому допомогти виробляти конкурентоспроможну екологічно чисту продукцію для реалізації на внутрішньому та зовнішніх ринках.

Отже, реалізація на практиці відповідної моделі дасть можливість частково зменшити енергетичну незалежність держави від енергоносіїв, підвищити ефективність діяльності сільськогосподарських підприємств, забезпечивши галузь рослинництва органічними добривами та дати поштовх розвитку виробництва обладнання для біогазового виробництва на полігонах ТПВ.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Розвиток та вдосконалення технологій виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств розвитку України. Запропоновані заходи дадуть можливість:

– досягти зростання обсягів переробки відходів на полігонах ТПВ;

– удосконалити методи управління відходами підприємств та домогосподарств;

– підвищити показник валового регіонального продукту та рентабельність комунальних підприємств орієнтованих на благоустрій громад.

В той же час виробництво біогазу на полігонах твердих побутових відходів зможе дати наступний ефект для економіки:

– підвищити енергетичну незалежність держави;



Рис. 1. Модель взаємодії смієперобних підприємств орієнтованих на виробництво біогазу

Джерело: власна розробка

- знизити витрати комунальних підприємств на енергоносії;
- покращити екологічний стан територіальних громад;
- знизити обсяг викидів парникових газів;
- забезпечити сільськогосподарських виробників органічними добривами.

Основним стримуючим фактором для розвитку біогазового виробництва на полігонах твердих побутових відходів є насамперед відсутність

державного стимулювання та необхідного обсягу інвестицій. Шляхом державного стимулювання розвитку альтернативної енергетики та дотацій з місцевих бюджетів для відповідних комунальних підприємств можливо досягти вирішення поставлених завдань в короткостроковій перспективі. В подальших наукових дослідженнях будуть розглянуті особливості формування інформаційних систем управління відходами на полігонах ТПВ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Гончарук І. В., Вовк В. Ю. Понятійний апарат категорії сільськогосподарські відходи, їх класифікація та перспективи подальшого використання для виробництва біоенергії. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 3 (53). С. 23–38. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-3-2>.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 29.05.2022).
3. Будівництво та експлуатація комплексу для виробництва електричної енергії шляхом збору та утилізації звалищного газу з полігону твердих побутових відходів у місті Хмельницькому. URL: <https://khm.gov.ua/uk/file/66987/download?token=qbsLRIYG>.
4. Гриценко А. В., Недава О. А. Орієнтовна оцінка об'єму біогазу, що виділяється з полігону твердих побутових відходів. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2016. Вип. 38. С. 38–42.
5. Мазур К. В. Розвиток альтернативної енергетики в АПК. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. № 1 (56). Т. 2. С. 181–186.
6. Мазур К. В., Гончарук Я. В. Тенденції та умови ефективного функціонування сировинної бази підприємств АПК. *The scientific heritage*. 2020. № 49. Р. 5. Р. 29–39.
7. Гончарук І. В., Фурман І. В., Дмитрик О. В. Комплексна переробка твердих побутових відходів як шлях вирішення екологічних проблем Іллінецької територіальної громади. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2022. № 1 (59). С. 7–20.
8. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні. Аналітична записка БАУ 2019. № 22. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf>.

REFERENCES:

1. Honcharuk I. V., Vovk V. Yu. (2020) Poniatiyniy aparat katehorii silskohospodarski vidkhody, yikh klasyfikatsiia ta perspektyvy podalshoho vykorystannia dlia vyrobnytstva bioenerhii [Conceptual apparatus of the category of agricultural waste, their classification and prospects for further use for bioenergy production]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, 3 (53), 23–38. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-3-2>. (in Ukrainian)
2. Ofitsiyniy sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [The State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (in Ukrainian)

3. Budivnytstvo ta ekspluatatsiia kompleksu dlia vyrobnytstva elektrychnoi enerhii shliakhom zboru ta utylizatsii zvalyshchnoho hazu z polihonu tverdykh pobutovykh vidkhodiv u misti Khmelnytskomu [Construction and operation of a complex for the production of electricity by collecting and disposing of landfill gas from the landfill in Khmelnytsky]. Available at: <https://khm.gov.ua/uk/file/66987/download?token=qbsLRiYG>.

4. Hrytsenko A. V., Nedava O. A. (2016) Oriientovna otsinka obiemu biohazu, shcho vydiliaietsia z polihonu tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Estimated estimate of the amount of biogas emitted from the municipal solid waste landfill]. *Problemy okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha ta ekolohichnoi bezpeky*, 38, 38–42.

5. Mazur K. V. (2012) Rozvytok alternatyvnoi enerhetyky v APK [Development of alternative energy in agro-industrial complex]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 1 (56), 2. 181–186.

6. Mazur K. V., Hontaruk Y. V. (2020) Tendenciyi ta umovy efektyvnogo funkcionuvannya syrovynnoi bazy pidpryyemstv APK [Trends and conditions of effective functioning of the raw material base of agro-industrial enterprises]. *The scientific heritage*, no. 49 R. 5, pp. 29–39.

7. Honcharuk I. V., Furman I. V., Dmytryk O. V. (2022) Kompleksna pererobka tverdykh pobutovykh vidkhodiv yak shliakh vyrishennia ekolohichnykh problem Ilyinetskoï terytorialnoi hromady [Complex processing of solid household waste as a way to solve environmental problems of Ilyinets territorial community]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, 1 (59), 7–20.

8. Perspektyvy enerhetychnoi utylizatsii tverdykh pobutovykh vidkhodiv v Ukraini [Prospects for energy utilization of solid waste in Ukraine]. *Analychna zapyska BAU 2019*. № 22. Available at: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf>.