

УДК 628.472.367

д.т.н., професор ТІМЧЕНКО Р.О.,  
к.т.н., КРІШКО Д.А., УШКАЛОВ М.С.,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## ДОБУВАННЯ БІОГАЗУ З ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З ВПРОВАДЖЕННЯМ НАУКОВИХ РОЗРОБОК В БУДІВНИЦТВІ

*Розглянуто можливість добування біогазу з полігону твердих побутових відходів з використанням протифільтраційних екранів з підвищеною експлуатаційною здатністю, як надійної ізоляції основи звалища.*

*Ключові слова: відходи, полігон твердих побутових відходів, протифільтраційний екран, ефективність.*

**Стан питання.** В даний час проблема утворення, знешкодження та утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) стає більш актуальною. Зі збільшенням чисельності населення, розвитком економіки та підвищенням життєвого рівня збільшується обсяг утворення відходів виробництва та споживання. Видалення твердих побутових відходів забезпечує санітарну очистку міст і створює необхідні санітарно-екологічні умови існування населеного пункту [1,2].

Відомі в даний час технології утилізації відходів методом спалювання, піролізу і сепарації з наступною вторинною переробкою мають ряд недоліків і обмежень, одним з яких є економічний аспект. Досвід України, а також Західної Європи свідчить про те, що облаштування полігонів ТПВ значно дешевше будівництва сміттєспалювальних заводів, тому що витрати природного газу на спалювання сміття значно перевищують навіть максимальні можливості утилізації енергії від його згоряння. Близько 80% всього сміття, що утворюється в світі, утилізується шляхом його поховання на полігонах ТПВ [3].

Використання передових технологій, що на озброєння приймають закордонні країни дозволяє видобувати з сміття газу - метану та вуглецю, дозволить знизити проблему раціонального використання територій, зайнятих під сміттєзвалища, додатково отримувати паливні матеріали для галузей виробництва. Для того, щоб почати виробництво звалищного газу, необхідний полігон спеціальної конструкції, який дозволив би збирати газ для його подальшого використання в самих різних цілях, і відповідала б усім сучасним екологічним нормам, які не забруднювали б ґрунт і ґрунтові води [4].

На даний час існує ряд технічних рішень улаштування протифільтраційного захисту основи полігону, проте принципи їх створення не

повною мірою враховують закономірності утворення фільтрату і існування довготривалої небезпеки міграції забруднюючих речовин з фільтратом полігону.

Територія під полігон для улаштування сміттєзвалищ повинна відповідати санітарним нормам за віддаленістю від житлової забудови, наявності водоймищ та експлуатаційним характеристикам – міцність ґрунту на стиск, показники водопроникності, коефіцієнти фільтрації. В Кривому Розі розповсюджена практика улаштування сміттєзвалищ на підроблених територіях, але просідання ґрунту на таких ділянках нерівномірна, що потребує підсилення основи сміттєзвалища, яка водночас повинна надійно захищати від проникнення газу – продуктів розкладу побутового сміття.

**Основна частина.** Дослідити можливість використання нових технологій в комплексному підході до будівництва полігонів твердих побутових відходів з ефективним противофільтраційним захистом та подальшого видобування біогазу з полігону ТПВ, провести аналіз умов експлуатації гідроізоляційних екранів, виявити основні властивості, які повинен мати матеріал, умов утворення біогазу, його властивостей, процесів що сприяють безпечному протіканню утворення біогазу [5].

Біогаз (також каналізаційний газ) - різновид біопалива - газ, який утворюється при мікробіологічному розкладанні метановим угрупованням біомаси чи біовідходів (розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій), твердих і рідких органічних відходів: на звалищах, каналізації, тощо. Добувають із відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод та твердих побутових відходів (відсортованих, без неорганічних домішок, та домішок неприродного походження) [6].

Основними складниками середньої якості біогазу зі сміттєзвалищ є метан (60-40%), та двоокись вуглецю (40-60%), а також азот та у невеликих кількостях інші гази. Окиснення (аеробний процес) спостерігається тільки у верхніх шарах сміттєзвалища. У нижні шари комунальних відходів кисень не потрапляє. Від моменту перекривання доступу кисню, кисневі процеси відбуваються доволі швидко (кілька, або кільканадцять днів). Безкисневі умови досягаються за таких умов: постійне поповнення відходів; ущільнювання відходів, і застосування пересипки; відповідне утрамбовування чаші звалища.

У теоретичних моделях виділяється декілька фаз виробництва біогазу з комунальних відходів та біологічної активності звалища і найбільш придатною з огляду використання біогазу є метанова сповільнена (завмирання біопроцесу). Тривалість цієї фази - від 15 до 20 років. За цей час утворюється найбільша кількість біогазу. Основні компоненти біологічного розкладання (біодеградаційні) на звалищах комунальних відходів: Харчові відходи - швидко

розкладання (тривалість напівроспаду - 1 рік). Рослинні відходи - середнє розкладання (період напівроспаду - 5 років. Папір, картон, дерево, тканинні відходи — повільний розклад (період напівроспаду - 15 років). Осад з каналізаційних очисних споруд - залежно від процесів на очисних спорудах. Головним джерелом метану (91%) на звалищах є відходи целюлози, тобто компоненти третьої групи. Якщо розглядати фізико - хімічні умови розкладання, то теоретично найважливіше значення для ферментації на звалищах мають відповідна температура та вологість (процес ферментації - чинник осушення звалищ). Оптимальна температура має становити 35-38 градусів по Цельсію, для вологості - приблизно 50% (30 - 80%). Процес утворення біогазу на звалищах залежить від багатьох параметрів, пов'язаною з їх експлуатацією. Найголовніші з цих параметрів, які ґрунтуються на досліді експлуатаційників:

Вік звалища - це дуже важливий параметр, оскільки процес метанової ферментації обмежений у часі. Найбільше біогазу утворюється протягом 15-20 років від початку експлуатації звалища.

Важливим чинником є також швидкість нагромадження відходів - чим вона вища, тим більшим є потенціал виробництва метану з органічних відходів.

Об'єм звалища (кількість відходів) - від цього параметру теоретично залежить кількість біогазу, яку можна отримати на даному звалищі. Геометрія - компактні звалища правильної форми переважно займають невелику поверхню відносно до об'єму. Це обмежує вихід з них газу, міграцію кисню у таке звалище та вплив погодних явищ. З тих же причин сміттєзвалища, розташовані нижче рівня землі, є продуктивнішими від розташованих над землею.

Ущільнення - дає змогу нагромадити більшу кількість відходів у певному об'ємі звалища і сприяє зменшенню проникнення кисню у відходи, що полегшує ферментацію. крім того, майже повністю запобігає імовірності вибухів газу, обмежує просідання, найкращий метод ущільнення відходів - за допомогою компактора. Щоб зменшити витрати газу з добре ущільнених відходів, слід створити густішу мережу колодязів. Шари і пересипка - бажано складувати відходи ущільненими шарами (переважно висотою 2 м), а ці шари пересипати піском або ґрунтом. Пересипка певною мірою сприяє ущільненню шарів відходів, які знаходяться під нею, що полегшує ферментацію. Крім того, вона утворює певний бар'єр вертикальній міграції біогазу і повітря (кисню).

Складові відходів - як правило, сміттєзвалище є більш ефективним для продукування газу, якщо воно містить більше біодеградаційних відходів, а промислова відходи (галька, будівельне сміття, попіл), повинні складуватися селекційно з подальшим використанням для пересипки або будівництва доріг. Часом на звалища потрапляє мул із каналізаційних очисних споруд. Якщо цей

мул повністю не піддавався нейтралізації (наприклад попередній нейтралізації), він може корисно впливати на метанову ферментацію відходів.

Використання стоків - відповідна вологість має значний вплив на продукування біогазу на звалищі. Цей процес можна регулювати, використовуючи стоки. Визначальним параметром тут є рівень дзеркала стоків на звалищі. Надмір вологи сповільнює ферментацію ( виключає з процесу частину відходів залиту рідиною). Занадто низька вологість також сповільнює процес, бо ферментація відбувається при наявності води.

Ізоляція - дуже важливий параметр, завдяки якому обмежується вихід газу зі звалища та доступ туди кисню. Можна влаштувати природну ізоляцію (глина, мул) або штучну (поліетиленова плівка).

Так як територія, що виділяється під полігони сміттєзвалищ в нашому місті має в своїй товщі пустоти (підроблені території ), питання надійної ізоляції, що сприймала б навантаження на розрив і розтяг внаслідок просідання основи постає гостро. Опираючись на попередні дослідження, що проведені в публікації наукової статті, для територій з просідними ґрунтами можна використовувати протифільтраційну конструкції, що з метою підвищення експлуатаційних властивостей екрану полотнища полімерних матеріалів укладають з влаштуванням компенсаторів у вигляді складок шириною 40-50 см, при цьому між складками передбачено антифрикційне покриття.

Територія полігону має бути рекультивована , тобто перекрита шаром ґрунту товщиною не менше ніж 30-40 см Щільність відходів має становити в середньому 800 кг/ м<sup>3</sup>. Середній вихід біогазу з такого полігону становитиме 5м<sup>3</sup>/т. твердих побутових відходів протягом 20 років. Найпоширеніша система збирання біогазу, на полігонах твердих побутових відходів, складається з мережі вертикальних свердловин , з'єднаних між собою горизонтальними трубами. Всередині вертикальній свердловини діаметром 0,6-1,2 м. Розміщено пластикову трубу діаметром 12-25 см, перфоровану отворами діаметром 3-6 мм. Глибина свердловини становить щонайменше 7 м. і відповідає 50-90% товщини шару твердих побутових відходів. Об'єм свердловини навколо перфорованої пластикової труби заповнено гравієм або галькою. Верхня частина свердловини ( приблизно 0,5 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 - 2,5 свердловини на 1 гектар полігону твердих побутових відходів. Залежно від місцевих умов вихід звалищного газу становить від 5-50 м<sup>3</sup>/год до 250 м<sup>3</sup>/ год на одну свердловину. Спорудження газодренажної системи може здійснюватись як на всій території полігону після закінчення його експлуатації , так і на окремих його ділянках в

міру заповнення. Полігон просідає на 5-20% або навіть на 30-35% його глибини, тому свердловини з'єднують з колектором за допомогою гнучкого з'єднання. Найбільш широко для збирання газу на полігонах твердих побутових відходів використовують поліетилен низького тиску (для наземного та підземного використання) та полівінілхлорид (для підземного використання).

Існує декілька основних способів утилізації газу з енергетичною метою. Найбільш розповсюджений полягає у використанні біогазу як палива в газових двигунах, сполучених з генераторами для виробництва електроенергії. У більшості випадків отримана енергія продається в мережу. Наприклад у США ця можливість реалізується на 255 установках з існуючих 354. в інших випадках особливо часто в країнах європейського союзу, використовується комбінована схема виробництва тепла і електроенергії (міні - ТЕЦ). При цьому тепло, що знімається в системі охолодження двигуна, зазвичай використовується в системах тепlopостачання. Ще одним поширеним методом використання газу є його спалення в газових котлах для отримання гарячої води або пари, яка застосовується в промислових процесах. Безпосереднє використання газу в радіусі 3км від полігону, як правило є найбільш рентабельним способом його використання. Газ можна використати як паливо для котлів мережі централізованого тепlopостачання, різноманітних промислових споживачів, що потребують технологічної теплоти та пари (виробництво цементу, скла, сушіння цегли). Інші можливості використання біогазу полягають у його збагаченні, коли він набуває властивостей, відповідних природного газу. Використання газу як пального для транспортних засобів, або паливних елементів, випаровуванні фільтрату.

В Україні є великий потенціал великих відновлювальних енергоносіїв. Насамперед це стосується біомаси — біогаз від утилізації місцевих і сільських відходів. Біогаз на станціях очищення стічних вод, біогаз з полігонів твердих побутових відходів. Сільським населенням України на побутові потреби споживалося газу в грудні 1997 р. із більше 6 млрд. м<sup>3</sup> /рік. Таку кількість може забезпечити анаеробна переробка лише відходів тваринництва. Забезпечення побутових потреб сільського населення газом власного виробництва - це найбільш реальний спосіб використання біогазу.

Використання геомембран при будівництві полігонів ТПВ дозволяє підвищити експлуатаційні якості протифільтраційного екрану, його функціональні характеристики і зменшити обсяги і терміни виконання робіт. Результати лабораторних і натурних досліджень дозволяють прогнозувати експлуатаційну придатність екрану в ґрунтовому середовищі для синтетичної геомембрани не менше 50 років при розтягуванні 2,5 МПа. У зв'язку з нульовим водопоглинанням, поліетиленові плівки витримують необмежену кількість

поперемінних циклів заморожування і відтавання без зміни своїх механічних властивостей.

**Висновки.** Використання передових технологій, дозволяє видобувати з сміття газу – метану та вуглецю, дозволить знизити проблему раціонального використання територій, зайнятих під сміттєзвалища, додатково отримувати паливні матеріали для галузей виробництва.

Застосування сучасних технологій з видобутку газу, з територій, що не лише вважаються проблемними, а й безперспективними дозволяє з належним господарським підходом віднести до захисту навколишнього середовища. Оскільки сміття є невід’ємною частиною життя людини, і є явищем повсякденним запровадження таких технологій матиме відчутний економічний, екологічний, суспільний ефект.

### Список використаної літератури:

- 1.Тимченко Р.А. Урбоэкологический анализ использования территорий промышленных городов / Р.А. Тимченко, Д.А. Кришко, М.В. Лукаш, А.С. Чанина // Матеріали наук.-практ. конф. „Проблеми будівництва - 2008” (19 квітня 2008 р.) – Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, 2008, – С. 135 - 142.
2. Тімченко Р.О. Використання новітніх технологій для утилізації відходів крупних міст / Р.О. Тімченко, Д.А. Кришко, Є.О. Суркова, С.С. Козюра // Містобудування та територіальне планування – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 55 – С. 448-454.
3. Тімченко Р.О. Ефективні протифільтраційні конструкції полігонів твердих побутових відходів / Р.О. Тімченко, Д.А. Кришко, М.О. Матяш // Містобудування та територіальне планування: – К.: КНУБА, 2012. – Вип.39 – С.124-130.
4. Желих В.М. Біогазові технології: теорія і практика : монографія / В.М. Желих, Ю.В. Фурдас. Л.: Львів. політехніки, 2015.- 164 с.
5. Саранчук В.І. Хімія і фізика горючих копалин. //В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький – Д.: Східний видавничий дім, 2008. – 600.с.
6. Степаненко Д.С. Добування та утилізація біогазу з відходів. / Д.С. Степаненко, Т.О. Проскурня// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.–Херсон, 2009. – Вип.9. – Т.5. – С. 84-90.

### Аннотация

В статье рассмотрена возможность использования противофильтрационных экранов в свалках твердых бытовых отходов как надежной изоляции при добыче биогаза с полигона.

Ключевые слова: отходы, полигон твердых бытовых отходов, противофильтрационный экран, эффективность.

### Annotation.

The article discusses the use antyfiltratsinyh screens in landfills as solid waste reliable isolation when extracting biogas from landfill.

Key words: waste, solid waste landfill, geomembrane, efficiency.