

І.М. Петрушка, О.Р. Попович, Г.О. Жук
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра екології та охорони навколишнього середовища

БЮГАЗОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЛЬВІВСЬКОГО ПОЛІГОНУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

© Петрушка І.М., Попович О.Р., Жук Г.О., 2009

Досліджено процес утворення біогазу і склад твердих побутових відходів на Львівському сміттєзвалищі. Розраховано ефект газотворення.

Investigational process of formation of biogas and composition of solid domestic waste on Lviv landfilled. Calculation of effective gas generation.

Постановка проблеми. Львівський полігон захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) експлуатується з 1959 року. У його межах заскладовано приблизно 55 млн. т сміття. Площа полігону становить 45,3 га. Товщина звалищного тіла змінюється від 8 — 12 до 40 — 45 м. Особливістю полігону є наявність на його території сховищ відходів нафтопереробки (кислих гудронів), які займають площу 3,2 га.

Тривалий час захоронення сміття на полігоні проводилось без дотримання технологічних та санітарних норм, що призвело до виникнення цілої низки проблем екологічного характеру, які створюють небезпеку для довкілля і здоров'я людини [1].

Заповнення Львівського полігону ТПВ фактично упродовж усього терміну його експлуатації проводилось тільки з частковою поверхневою герметизацією шарів сміття. Внаслідок цього звалищний масив формувався як відкрита високопорова система, легко доступна до міграції в її межах атмосферних опадів і вод поверхневого змиву. Внаслідок цього звалищне тіло інтенсивно насичувалося інфільтраційними водами (фільтратами), які в процесі міграції забруднювалися різноманітними шкідливими речовинами. Хімічний аналіз фільтратів показує, що вони містять важкі метали, феноли, нафтопродукти, сірководень та інші сполуки у концентраціях, вищих від гранично допустимих норм.

Негативний вплив звалищних фільтратів на довкілля проявляється в:

- інтенсивному розвантаженні фільтратів на донну поверхню в підніжжі звалищного тіла;
- підтопленні і забрудненні ділянок місцевості, які прилягають до основи звалища;
- забрудненні гудроновим середовищем зони аерації в межах полігону ТПВ і на територіях, що прилягають до нього;
- ураженні ґрунтових вод та значному зниженні якості природних джерел питної води в районі розташування полігону ТПВ [1].

Разом з цим полігони ТПВ є своєрідними реакторами, у надрах яких в результаті анаеробного розкладу рештків органічного походження утворюється біогаз (звалищний газ). Неконтрольована емісія біогазу у довкілля формує негативні ефекти як локального, так і глобального характеру. Звалищний газ є причиною підвищеної пожежо- і вибухонебезпечності звалищ, пригнічує розвиток рослинного покриву в районі їх розташування, має здатність заповнювати підземні комунікації і тим самим створювати загрозу для життя людини. На глобальному рівні біогаз є одним із найпотужніших чинників парникового ефекту на планеті.

Впровадження системи збору і утилізації звалищного газу на полігоні ТПВ дає змогу перетворити його у безпечний об'єкт експлуатації, частково нормалізувати стан довкілля навколо звалища,

а також зробити істотний внесок у виконання зобов'язань нашої країни відповідно до положень Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату. Львівський полігон ТПВ належить до категорії високо-навантажених. Максимальний термін його експлуатації становить 2–3 роки. Сьогодні ставиться завдання щодо його рекультивациі і передачі земель, зайнятих відходами, в цільове використання.

Аналіз досліджень і публікацій. Проект «Технічна рекультивациа та активна дегазациа Львівського полігону твердих побутових відходів» розглядається як частина вирішення комплексної проблеми перетворення існуючого звалища в екологічно безпечний об'єкт. Розроблення і реалізація проекту проходить за схемою розвитку Проекту Спільного Впровадження, згідно з Кіотським протоколом, до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, без залучення державних і місцевих коштів. Основна мета проекту:

- розрахунок мінерального гідроізоляційного шару на ділянці полігону, зайнятої під складування відходів;
- розроблення технологічної схеми збирання і утилізаціі звалищного газу;
- обґрунтування способів утилізаціі звалищного газу.

У геоморфологічному відношенні полігон ТПВ м. Львів «Збиранка» розташований у межах південно-східного Розточчя, де поширені вододільні горбисті денудаційно-структурні форми рельєфу з абсолютними відмітками 350–360 м і долинно-балкові низини, які лежать на висотах 310–320 м. Ландшафтні умови району відзначаються поширенням тут опільської рівнинно-височинної Лісостепової зони, в минулому широколистої, з розвитком сірих лісових ґрунтів, сформованих на лесоподібних суглинках.

Безпосередньо сміттєзвалище знаходиться у межах порівняно крутосхилої ерозійно розчленованої місцевості, де раніше проходила доволі вузька долина сезонного водостоку. В бік с. Малехів долина (уже за межами полігону) розширюється до 1,5–2,0 км; дуже заболочена, з розвинутою системою меліоративних каналів.

Основний масив Львівського полігону ТПВ розташований у межах фактично прямокутної ділянки, площа якої становить 265 тис. м². Безпосередньо звалище характеризується складною формою, що визначається, з одного боку, особливостями будови первинного (захороненого) рельєфу місцевості, а з другого – технологією і темпами заповнення полігону ТПВ.

Львівське звалище було закладене в днищі природної балки на рівні абсолютних відміток 274–280 м. У північно-західному напрямку балка розгалужується на два окремі яри, які «врізаються» у східний схил Малехівської гряди, яка при вододільній частині лежить на висотах 340–350 м. На південний схід від звалища рельєф місцевості перетворюється в інтенсивно обводнену рівнину. Отже, можна уявити, що підшва звалищного масиву має вигляд кривої площини із загальним напрямом нахилу на південний схід, ускладненої локальними лінійними пониженнями і невисокими пагорбами. Поверхня масиву більш гетерогенна, а її форма, у зв'язку з продовженням експлуатаціі звалища, постійно змінюється. Сьогодні вона являє собою терасований схил, на якому чітко фіксуються три основні техногенні тераси (блоки). Площини терас характеризуються горбисто-похилими поверхнями.

Найнижча тераса була сформована на першому етапі заповнення полігону, її поверхня лежить на відмітках 293–300 м, а підніжжя спускається до висот 274–280 м. Товщина відходів, заборонених у межах тераси, становить 5–13 м.

Друга техногенна тераса утворена на стадії інтенсивної експлуатаціі полігону. Вона охоплює територію у 15–17 га і розташовується в його центральній частині. Південно-західний сектор тераси частково перекритий сучасними робочими картами складування сміття, її поверхня знаходиться переважно на абсолютних відмітках 332–334 м. Розрахована товщина відходів у межах другої тераси змінюється від 20 до 40 м.

Третя техногенна тераса займає північно-західну частину полігону, її формування відбувалося в розірвані у часі періоди експлуатаціі сміттєзвалища, в зв'язку з чим тут захоронені різні за віком побутові відходи. Поверхня тераси фактично по всій площі лежить на абсолютних відмітках 347–350 м, і лише в південно-східній частині полого знижується до висоти 343 м. Загальна товщина шарів сміття в її межах змінюється від 7 до 30 м.

Внутрішня будова звалищного тіла на полігоні ТПВ м. Львів визначається компонентним складом побутових відходів та ступенем розкладу їх органічної складової.

В історичному плані склалося так, що після 1990 року в об'ємному відношенні на звалище стала потрапляти велика частка елементів полімерного походження (плівка, пакети, упакування, пляшка ПЕТ, пластмасовий посуд тощо). Внаслідок цього верхні горизонти звалищного тіла мають переважно крихку структуру, високу пористість та фактично обезводнені. Ступінь розкладу органіки у приповерхневих шарах незначний. Нижче заховані побутові відходи змішаного складу і фізичного стану: це фрагменти полімерного походження і битого скла, які доволі рівномірно розсосереджені у сухій і напівсухий (слабкозволоженої) сірій і темно-сірій масі. Інші компоненти сміття (деревина, текстиль, металеві елементи побутової техніки, будівельний брукт) на глибинному інтервалі 3–10 м зустрічаються спорадично. Процеси анаеробного бродіння у цьому інтервалі знаходяться в стадії розвитку.

На глибині 10 м і нижче від поверхні звалищного масиву розміщені відходи з високим ступенем розкладу. Тут різко знижується вміст синтетичних матеріалів і підвищується загальна вологість, а органічна складова сміття перетворена в однорідну густу масу, яка на окремих ділянках переходить в напіврідкий стан.

У підшві звалищного масиву поширена рідка чорна субстанція. Це горизонт зосередження придонного фільтрату.

Вищезазначені загальні елементи будови вертикального розрізу тіла звалища поширюються на усю його площу. Як виняток, можна розглядати найнижчу техногенну терасу, яка заповнена на усю товщину переважно сухим і напівсухим гумусоподібним матеріалом.

Мета роботи – провести моніторингові дослідження біогазового потенціалу Львівського полігону твердих побутових відходів.

Теоретичні розрахунки біогазового потенціалу полігону ТПВ м. Львів. Полігон ТПВ м. Львів належить до типового звалища великих міст України. У межах цих полігонів відсутня організація попереднього сортування та роздільного складування сміття. Загальна статистика показує, що на такі звалища потрапляє від 20 до 50 % органічних речовин біологічного походження, які є основним продуктом анаеробного розкладу і утворення звалищного газу. Зрозуміло, що об'єми його генерації визначаються насамперед кількістю побутових відходів, які завозяться на полігон. За даними Управління комунального господарства м. Львова, середньорічна кількість ТПВ, вивезених на міське звалище протягом останніх років, становить 230–250 тис. тонн. Сьогодні тут накопичено близько 20 млн. м³ відходів (або 5 млн. тонн).

Під час розрахунків біогазового потенціалу полігону ТПВ необхідно врахувати, окрім кількості самих відходів, швидкість їх розкладу, потенціал утворення метану і вік відходів.

Теоретичні розрахунки газопродуктивності ґрунтуються на відомих характеристиках твердих побутових відходів. Львівський полігон ТПВ має підземну густину 1 000 кг/м³ і вміст 50 % органічних речовин біологічного походження, які, своєю чергою, складаються з 50 % вуглеводнів, 5 % протеїнів і 1 % жирів. Підраховано, що під час розкладу без потрапляння кисню, кількість CO₂ та CH₄, яка виділяється з 1 кг вказаних компонентів, становить для метану відповідно 0,455, 0,548, 1,095 м³ і для діоксиду вуглецю – 0,456, 0,516 м, 0,448 м³.

Після розкладу 1 кг твердих побутових відходів вихід метану та діоксиду вуглецю становить:

Джерело	Метан, м ³	Діоксид вуглецю, м ³
вуглеводні	0,1137	
протеїн	0,0149	0,0129
жири	0,0054	0,0022
разом	0,1340	0,0129

Загальна кількість біогазу, що утворюється на звалищі з 1 т відходів, становитиме 263 м³. Отже, враховуючи, що сміттєзвалище у м. Львові експлуатується близько 50 років і в його межах накопичено близько 5 млн. тонн відходів, за цей час біогазовий потенціал полігону становить 1,315 млрд. м³ біогазу, що відповідає генерації газу в розмірі 26,3 млн. м³ на рік або 3000 м³ на годину.

Для попередньої оцінки величини емісії звалищного газу найчастіше застосовують методику «Landfill Gas Generation model», яку рекомендує Американське агентство охорони навколишнього середовища (US EPA) і яка ґрунтується на дослідженнях 23-х полігонів.

Рівняння утворення біогазу на звалищах за цією методикою виглядає так:

$$Q = 2kL_0Me^{-kt},$$

де Q – об'єм утворення біогазу, м³; k – швидкість розкладу відходів; L_0 – потенціал утворення метану, м³/м³; M – кількість вивезених відходів, м³/рік; t – вік відходів, роки.

Для полігону ТПВ м. Львів проведені розрахунки на період 2008–2012 рр. за умови, що поверхня основного масиву буде рекультивована (перекрита ізолювальним шаром). Дані розрахунків наведено в таблиці.

Дані розрахунків

Рік	Загальний об'єм утвореного біогазу, м ³	Швидкість генерації біогазу, м ³ год
2008	18687553	2133
2009	18963914	2279
2010	19552509	2232
2011	19901 945	2272
2012	18526480	2229

На основі теоретичних розрахунків розкладу вуглеводнів, протеїнів і жирів, що є основними складниками органічних речовин побутових відходів і мають вміст відповідно 50, 5, 1%, співвідношення об'ємів метану і діоксиду вуглецю у звалищному газі становить CH₄ – 51 %, CO₂ – 49 %.

Висновки. Локалізація ТПВ на відведеній території без проведення спеціальних заходів є негативним чинником для довкілля цієї місцевості. Сьогодні існуючий полігон має негативний вплив на повітряне середовище, ґрунтові води, ґрунти і рослинність. Впровадження нових технологій дасть змогу:

- скоротити викиди парникових газів з 19 до 8 млн. м³/рік;
- знизити органолептичні, загальносанітарні і міграційно-повітряні показники потрапляння шкідливих речовин в атмосферу;
- запропонована система контролю забезпечить чітке виконання вказаних природоохоронних заходів;
- одержані розрахунки підтверджують можливість використання енергетичного ресурсу біогазу для вдосконалення умов експлуатації полігону.

1. Методы решения экологических проблем / Под ред. проф. Л.Г. Мельника. – Сумы: Университетская книга, 2001. – 462 с. 2. Закон України «Про відходи» (поправки 2002 р. до закону 307383-III). 3. Кодекс України про відходи (проект). – К., 2002. – 192 с. 4. Концепція створення додаткових виробничих площ на існуючому Львівському міському сміттєзвалищі за рахунок рекультиватії // Нац. Академія Наук України, НАК “Нафтогаз України”, Інститут геології і геохімії горючих копалин, Науково-виробнича фірма «Сенс». – Львів, 2003.