

УДК 504:(054+056)

С. Л. Шмарин, спец., А. А. Тимошук, к. с.-х. н. (ГП «Госэкоинвест»), Н. С. Ремез, д. т. н., проф. (НТУУ «КПИ»)

АНАЛИЗ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С МЕСТ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В УКРАИНЕ

S. L. Shmarin, eng., A. A. Tymoshchuk, cand. of agriculture science (SI «Goseconominvest»), N. S. Remez, doctor of technical science, prof. (NTUU «KPI»)

ANALYSIS OF TAKING OF INVENTORY OF HOTBED GASES EXTRASS FROM BURIAL-PLACES HARD DOMESTIC WASTES IN UKRAINE

Систематизированы данные о параметрах метанообразования на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) и предложены пути снижения неопределенности расчетов при проведении национальной инвентаризации парниковых газов (ПГ) с полигонов ТБО в Украине.

Ключевые слова: *твердые бытовые отходы, парниковые газы, биоразложение.*

Систематизовано дані про параметри метаноутворення на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ) та запропоновано шляхи зниження невизначеності розрахунків при проведенні національної інвентаризації парникових газів з полігонів ТПВ в Україні.

Ключові слова: *тверді побутові відходи, парникові газы, біорозкладання.*

Data on methane generation parameters while municipal solid waste (MSW) disposal are systemized. As a result, the ways to reduce uncertainty of greenhouse gases emission inventory while MSW disposal were suggested.

Keywords: *municipal solid waste, greenhouse gases, biodegradability.*

Введение. Ежегодно на полигонах Украины поддается захоронению более 13 млн. т ТБО, что составляет 93,8 % от общего количества собранных в стране ТБО [1]. В результате анаэробного разложения их органических компонентов в «теле» полигона в окружающую природную среду выбрасывается более 300 тыс. т парникового газа метана или 11,5 % от национальных антропогенных выбросов CH_4 .

Начиная с 1990 г. объемы выбросов увеличились на 30,6 % и имеют тенденцию к дальнейшему увеличению в последующие годы.

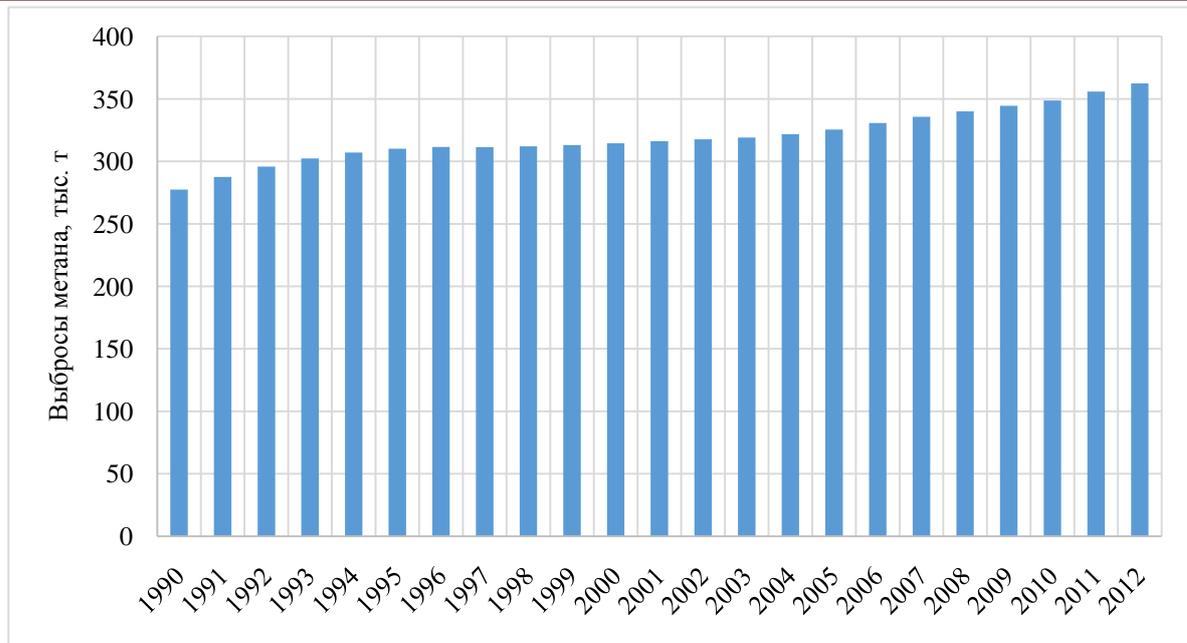


Рис. 1. Выбросы метана от захоронения ТБО в Украине, 1990-2012 гг. [1].

В 1996 г. Украина ратифицировала Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН), в соответствии с которой ежегодно предоставляется отчетность об учете выбросов ПГ, в том числе и об образующихся в процессе захоронения ТБО. Методики и результаты производимых расчетов по всем видам источников выбросов ПГ проводятся в ежегодном «Национальном кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине» (далее Кадастр) [1]. Согласно требованиям по проведению учета выбросов ПГ Украина как страна-участница РКИК ООН обязана улучшать качество Кадастра по мере возможностей.

Анализ предыдущих исследований показал, что на объемы образования метана в процессе захоронения ТБО на полигонах наиболее сильное влияние оказывают следующие группы факторов: а) масса захороненных ТБО; б) содержание биоразлагаемых компонентов в составе ТБО; в) условия захоронения ТБО; г) климатические особенности. Первые две группы факторов подробно исследованы в работах Ю. Б. Матвеева [2], А. Ю. Пухнюк [3], Г. Денафаса и И. Л. Алексеевца [4]. Условия захоронения ТБО и влияние климата на их биоразложение исследованы частично в работах [2, 3].

Целью работы является оценка достоверности исходных данных и коэффициентов выбросов, а также возможности улучшения методологических основ оценки выбросов метана от захоронения ТБО путем проведения анализа инвентаризации ПГ в категории Кадастра «Выбросы метана от захоронения ТБО».

Изложение основного материала. Оценка выбросов CH_4 с мест захоронения ТБО проводится в соответствии с Национальной многокомпонентной моделью, разработанной и описанной в научно-исследовательской работе [2]. В работе [4] модель была усовершенствована: а)

выделено два новых компонента в составе ТБО: кожа и резина, а также средства личной гигиены; б) обновлены и скорректированы данные о составе ТБО в целом; в) устранены ошибки по количеству образующихся отходов.

В основе Национальной модели газообразования лежит метод затухания первого порядка третьего уровня детализации [5], который базируется на специфических для Украины коэффициентах, определенных для каждой из семи органических фракций твердых бытовых отходов [4].

В соответствии с моделью годовые выбросы метана при захоронении ТБО, вывезенных в текущем и в предыдущие годы, определяются по формуле:

$$Q(t) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n A \cdot k_j \cdot MWS_i \cdot MWS_{j,i} \cdot L_{0,j,i} \cdot e^{-k_j \cdot (t-x)}, \text{ где:} \quad (1)$$

$Q(t)$ – количество метана, образующегося за период t , м³; k_j – постоянная темпов образования метана для j -го компонента, год⁻¹; A – нормализующий множитель, корректирующий суммарное, определяется по формуле:

$$A = (1 - e^{-k_j})/k_j, \text{ где:} \quad (2)$$

MWS_i – общее количество ТБО, захороненных за год i , т/год; $MWS_{j,i}$ – содержание компонента j в ТБО за год i , в % по массе; t – индекс расчетного года; x – период в годах, за которые вносятся данные; $L_{0,j,i}$ – потенциал образования метана в год i , характеризующий удельное образование метана на единицу массы захороненных ТБО, определяемый по формуле:

$$DOC_j \cdot DOC_F \cdot F \cdot 16/12 \cdot MCF_i, \text{ где:} \quad (3)$$

DOC_j – содержание органического углерода, который способен биологически разлагаться, в захороненных ТБО; DOC_F – доля углерода, принимающая участие в реакциях распада; F – содержание метана в свалочном газе, в долях; $16/12$ – коэффициент пересчета углерода в метан; MCF_i – фактор коррекции метана за год i , характеризующий влияние условий захоронения ТБО на процессы метанообразования (глубина полигона, изолирующий слой и др.).

Выбросы метана в атмосферу определяются за вычетом рекуперированного метана с учетом окисления в верхнем слое:

$$Q(t)^{em} = [Q(t) - R] \cdot (1 - OX), \text{ где:} \quad (4)$$

R – собранный метан, т; OX – фактор окисления метана.

В модели проводится индивидуальный расчет для каждой категории органических отходов (DOC_j , k_j), которые сгруппированы по скорости разложения и содержанию в них органического углерода.

В табл. 1 приведено описание исходных данных и коэффициентов выбросов, необходимых для расчета выбросов метана от захоронения ТБО

согласно (1–4), с указанием их значений, источников данных и национальной специфики значений.

Таблица 1. Ключевые параметры выбросов метана со свалок ТБО в Украине

№	Параметр	Значение	Переменная/ константа	Источник данных	Учитывается ли национальная специфика, Да/Нет	Стоит ли улучшать, Да/Нет
1	Количество ТБО (MWS_j)	15,6 млн т	Переменная	[2], [4]	Да	Да
2	Содержание компонента ($MWS_{j,i}$)	1,1-33,1 % в зависимости от компонента	Переменная	[2]	Да	Нет
3	Органический углерод (DOC_j)	15,0-40,0 % в зависимости от компонента	Константа	[2], [5]	Нет	Да
4	Постоянная темпов образования метана (k_j)	0,11-0,024 год ⁻¹ в зависимости от компонента	Константа	[2], [4], [5]	Да, частично	Да
5	Фактор коррекции метана (MCF_i)	0,726	Переменная	[2], [5]	Да, частично	Да
6	Доля углерода (DOC_F)	0,55	Константа	[5]	Нет	Да
7	Содержание метана (F)	0,5	Константа	[5]	Нет	Да
8	Фактор окисления метана (OX)	0,0	Константа	[5]	Нет	Да
9	Собранный метан (R)	5,5 тыс. т	Переменная	[2], [4]	Да	Нет
10	Неопределенность выбросов метана	-46,4-30,5 %	Константа	[5]	Да	Да

Анализ ключевых параметров выбросов ПГ с мест захоронения ТБО указывает на то, что существует ряд перспективных мероприятий по улучшению качества инвентаризации ПГ, реализация которых позволит учесть национальные особенности ряда параметров при обращении с ТБО, а также уточнить те показатели, которые были определены на основании неоднозначных допущений. Среди таких направлений авторами отмечены следующие:

– проводить независимый сбор данных о количестве захороняемых ТБО на полигонах из разных источников: Министерство регионального развития,

строительства и жилищно-коммунального хозяйства, профильные областные органы власти и непосредственно компании-операторы полигонов ТБО;

– исследовать содержание биоразлагаемого углерода в составе компонентов ТБО, в особенности в пищевых отходах;

– разработать методологические основы для учета влияния температурного режима и осадков на скорость биоразложения ТБО;

– улучшить статистическую базу для расчета фактора коррекции метана путем сбора информации об условиях захоронения ТБО на полигонах страны путем проведения анкетирования операторов всех крупных полигонов;

– определить содержание метана в биогазе путем сбора полевых данных с полигонов, на которых внедрены установки по рекуперации свалочного газа.

В соответствии с [5] качество расчетов оценивается значением общей неопределенностью выбросов метана β , которая определяется по формуле:

$$\beta = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \dots + \alpha_i^2}, \text{ где:} \quad (5)$$

β – общая неопределенность выбросов метана; $\alpha_{1...i}$ – факторы неопределенности, установленные в [2].

В табл. 2 представлена оценка неопределенностей при расчете выбросов метана от захоронения ТБО в соответствии с формулой (5) и учетом всех факторов неопределенности [2].

Реализация выше указанных мероприятий позволит вести учет выбросов ПГ с полигонов ТБО на уровне областей страны, учесть региональные климатические особенности и облегчить внедрение результатов новейших исследований в отдельно взятых областях, а также снизить общую неопределенность расчета выбросов метана до 21,4 %.

Таблица 2. Неопределенность выбросов метана от захоронения ТБО.

Фактор	Расчетная неопределенность			
	Без мероприятий		С мероприятиями	
	«-»	«+»	«-»	«+»
Количество городского населения	5	5	0	0
Удельная норма образования ТБО	12	12	5	5
Доля ТБО, захороненных на полигонах	35	0	0	0
DOC	15	15	10	10
DOC _F	10	10	10	10
MCF	20	20	10	10
F	5	5	5	5
R	3	3	3	3
ОХ	Не включено в анализ			
k	20	20	10	10
Общая неопределенность выбросов	46,4	30,5	21,4	21,4

Выводы

Анализ ключевых параметров метанообразования при проведении национальной инвентаризации ПГ с полигонов Украины показал, что существуют пути улучшения качества расчетов выбросов метана при обращении с ТБО. Среди приоритетных направлений повышения качества отчетности стоит отметить параллельный независимый сбор данных о захоронении ТБО из разных источников, исследование температурного фактора на скорость биоразложения отдельных компонентов ТБО, а также содержания биоразлагаемого углерода в них (пищевые отходы и др.) и экспериментальное определение содержания метана в составе «свалочного газа». Реализация данных мероприятий позволит снизить общую неопределенность расчетов выбросов метана с 46,4 % до 21,4 %.

Список использованных источников

1. Nacionalnyj kadastr antropogennyh vybrosov iz istochnikov i absorbcii poglotiteljami parnikovyh gazov v Ukraine za 1990-2012 gg. / Gos. agentstvo jekologicheskikh resursov Ukrainy.– Kiev, 2014. – 577 s. [Eelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupu: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php.
2. Issledovanie gazoobrazovanija na naibolee krupnyh poligonah TBO i perehod na trehkomponentnuju nacionalnuju model raschetov vybrosov PG ot svalok TBO v Ukraine [Tekst]: otchet o NIR (zakljuch.) / Institut tehnichekoj teplofiziki NAN Ukrainy; ruk. Matveev Ju.B.; ispoln.: Klimenko V.M. [i dr.]. – Kiev, 2012. – 82 s. – № GR 0112U001577.
3. Matveev Ju.B. Rezultaty issledovanij potenciala gazoobrazovanija na ukrajskix poligonah TBO: materialy 5-j Mezhdunarodnoj konferencija «Sotrudnichestvo dlja reshenija problemy othodov» / Matveev Ju. B., Puhnjuk A.Ju. – H.: JekoInform, 2008. – S. 183–185.
4. Shmarin S. L. Soderzhanie biorazlagaemyh komponentov v sostave tverdyh bytovyh othodov v Ukraine / S. L. Shmarin, I. L. Alekseevec, R. S. Filozof, N. S. Remez, G. Denafas // Jekologija i promyshlennost. – 2014. – № 1. – S. 79-83.
5. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: 5 Volumes / [TFI IPCC]; edited by H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe – Hayama: IGES, 2006. – Vol. 5: Waste / [R. Pipatti and S.M. Manso Vieira]; edited by D. Kruger, K. Parikh. – 2006. – ISBN 4887880324.

Статья поступила в редакцию 21.05.2014 г.