

## Анализ условий образования биогаза на полигоне по захоронению твердых отходов потребления

В. И. Беспалов, Р. Г. Адамян

В настоящее время отходы являются источником поступления вредных химических, биологических и биохимических веществ в окружающую среду [1,2,3]. При решении задач, связанных с размещением и эксплуатацией полигонов по захоронению твердых отходов потребления (ТОП), возникает ряд экологических проблем. К важнейшим из них относится выделение биогаза в окружающую среду с территории полигона ТОП [4,5,6,7], который образуется и выделяется после уплотнения ТОП на карте полигона [8,9] в толще свалочного тела (рисунок).



Рис. - Расход образующегося биогаза

Биогаз образуется при анаэробном разложении органической составляющей отходов и на 98% состоит из метана и диоксида углерода, которые при выходе на поверхность загрязняют атмосферный воздух [10,11].

Расчет выбросов биогаза необходимо проводить для условий стабилизированного процесса разложения при максимальном выходе биогаза. Через два года, после захоронения ТОП генерируется около 80% общего количества биогаза, получаемого из каждой тонны отходов.

Зависимость удельного выхода биогаза за период его активной стабилизированной генерации, описываемая формулой:

$$Q_{t_1} = \frac{1,85G_0(1-10^{kt})}{\left(\frac{59-W}{13}\right)^4}, \quad (1)$$

где:  $Q_{t_1}$  - удельный выход биогаза, м<sup>3</sup>/т отходов;  $k$  - постоянная разложения, равная отношению концентраций углерода и общего азота;  $t$  - продолжительность периода стабилизированного выхода биогаза (четвертая фаза), год;  $W$  - естественная относительная влажность отходов, %;  $G_0$  – масса образующегося активного органического углерода, приведенная к реальным климатическим условиям, г/т, определяемая по формуле:

$$G_0 = 1,868 \cdot C_{\text{акт}} (0,014T + 0,28), \quad (2)$$

где:  $C_{\text{акт}}$  - концентрация активного органического углерода, г/т отходов;  $T$  – относительная температура отходов в теле полигона, определяемая по формуле:

$$T = \frac{T_{\text{омх}}}{T_{\text{ос}}}, \quad (3)$$

где:  $T_{\text{омх}}$ - температура отходов в теле полигона, °С, изменяется от 28 до 32 °С;

$T_{\text{ос}}$  – температура окружающей среды в расчетный период времени, °С.

Нами выявлено, что органическая составляющая отходов состоит из «пассивного» (негенерирующего) органического вещества и «активного» (генерирующего) органического вещества.

Выход биогаза при метановом брожении:

$$Q_{t_2} = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (4)$$

где:  $Q_{t_2}$ - удельный выход биогаза за период его активного выхода, кг/кг отходов;  $W$ - средняя влажность отходов, %;  $R$  - содержание органической составляющей в отходах, на сухую массу, %;  $Ж$  - содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;  $У$  – содержание углеводоподобных веществ в органике отходов, %;  $Б$  - содержание белковых веществ в органике отходов, %.

Количественный выход биогаза за год, можно определить по формуле:

$$P_{y\partial} = \frac{0,8Q_{t1}\rho_{\partial z}}{t}, \text{ кг} / \text{ м}, \quad (5)$$

где:  $Q_{t1}$  - удельный выход биогаза, м<sup>3</sup>/т отходов;  $\rho_{\partial z}$  - плотность биогаза, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  - период стабилизированного активного выхода биогаза, год.

Общее количество биогаза, определяется по формуле:

$$P_{o\partial} = P_{t_{o\partial}} P_{y\partial} (t_{\text{экспл}} - 2), \text{ кг} \quad (6)$$

где:  $P_{t_{o\partial}}$  - количество отходов, доставленных на полигон за период с начала эксплуатации полигона до момента расчета, за исключением количества отходов, доставленных за последние два года, т;  $t_{\text{экспл}}$  - время эксплуатации полигона, год.

Плотность биогаза определяется по закону аддитивности:

$$\rho_{\partial z} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\text{вн}i} \rho_i}{100}, \text{ кг} / \text{ м}^3, \quad (7)$$

где:  $C_{\text{вн}i}$  - содержание  $i$ -того компонента в биогазе, весовые %;  $\rho_i$  - плотность  $i$ -того компонента биогаза, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - количество компонентов в биогазе.

Взаимосвязь плотности биогаза, концентрации в нем  $i$ -того компонента и его процентного содержания определяется формулой:

$$C_{\text{вн}i} = \frac{10^{-4} C_i}{\rho_{\partial z}}, \%, \quad (8)$$

где:  $C_i$  - концентрация  $i$ -того компонента в биогазе, мг/м<sup>3</sup>.

Удельная масса метана, выбрасываемого в год, по формуле:

$$P_{y\partial.z.i} = \frac{C_{\text{вн}i} P_{y\partial}}{100}, \text{ кг} / \text{ м}. \quad (9)$$

На основе известного количества отходов [12], завозимого ежегодно на полигон, и удельной массы метана, определенной по формуле (8), можно определить для территории полигона максимально разовый выброс метана по формуле:

$$P_{м.р.і} = \frac{P_{уд.г.і} \sum_{j=1}^{t_{экспл}=1} P_{іj}}{31536}, г/с, \quad (10)$$

где:  $P_j$  - количество отходов, завезенных в  $j$ -тый год, т;  $t_{экспл}$  - продолжительность эксплуатации полигона со времени открытия до момента расчета.

Таким образом, расчет количества образующегося биогаза является важным этапом в направлении выбора мероприятий по обеспечению экологической безопасности полигонов по захоронению ТОП.

### Литература

- 1.- В.В. Петров, А.Ю. Гусева, Н.В. Гусакова, Д.М. Воробьев Обеспечение функционирования городской системы экологического мониторинга данных по обращению с отходами производства и потребления в г. Таганроге [электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона» 2012, № 4 (часть 2), - Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1350>
- 2.- Jinglan Hong, Xiangzhi Li, Cui Zhaojie Life cycle assessment of four municipal solid waste management scenarios in China [article]// Waste Management, Volume 30, Issue 11, November 2010, Pages 2362-2369
- 3.- M.D. Bovea, V. Ibáñez-Forés, A. Gallardo, F.J. Colomer-Mendoza Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study [article]// Waste Management, Volume 30, Issue 11, November 2010, Pages 2383-2395
- 4.- Беспалов В.И., Адамян Р.Г. Задачи выбора территории для полигонов по захоронению ТБО в условиях г. Еревана Республики Армения [Текст] // Журнал «Научное обозрение»; №2, Москва; 2013; С. 158-161, , ISSN 1815-8991
- 5.- Беспалов В.И., Адамян Р.Г. Классификация критериев выбора территории для размещения полигонов по захоронению твердых отходов потребления в условиях республики Армения [Текст] // Журнал «Eastern-European Scientific

Journal», № 2, , 2013г., С. 200-205, Дюссельдорф, Германия, ISBN 978-3-942932-45-5

6.- Беспалов В.И., Парамонова О.Н. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления [электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона» 2012, №4 (часть 1) Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1118>

7.- Адамян Р.Г. Анализ экологических особенностей воздействия полигонов твердых отходов потребления на окружающую среду [Текст]// XVI Международная межвузовская научно-практическая конференция «Строительство-формирование среды жизнедеятельности», 2013 г., МГСУ, Москва

8.- Адамян Р.Г. Анализ основных характеристик технологии захоронения твердых отходов потребления на полигонах в условиях республики Армения [Текст]// Международная заочная научно-практическая конференция «Наука и образование в XXI веке» 2013 г., г.Москва

9.- Адамян Р.Г. Анализ экологических особенностей технологии захоронения твердых отходов потребления в условиях Армении [Текст]// III Международная научно-практическая конференция «Современная школа России: вопросы модернизации» 1-4 марта 2013 г., Москва –С.10-14.

10.- 4.- В. Баадер, Е. Доне Биогаз: теория и практика, С. 184, 1982г., Издат.: М., «Колос»

11.- Беспалов В.И., Адамян Р.Г. Оценка условий размещения полигонов по захоронению твердых отходов потребления (ТОП), Журнал «European Applied Sciences» ORT Publishing, 2013 г., Германия

12.- Беспалов В.И., Адамян Р.Г. Сопоставление условий г.Еревана и его прилегающие зоны с оптимальными для захоронение отходов [Текст]// Журнал «Известия» Ереванского Государственного Университета Архитектуры и Строительства , № 6, Ереван, 2012, С. 102-105, ISSN 1829-0841