

УДК 574.53.013

DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0027

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭМИССИЕЙ МЕТАНА НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

© Автор(ы) 2022

SPIN: 3161-3187

AuthorID: 1032587

ORCID 0000-0002-2955-7035

САЙ Анна Романовна, заместитель начальника кафедры надзорной деятельности

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

(196128 г. Санкт-Петербург, Московский пр. 149, e-mail: a-novik@mail.ru)

Аннотация. Пожары на полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО) представляют достаточно серьезную опасность для жизнедеятельности человека. Выделение горючих веществ приводит к возникновению пожароопасных ситуаций. Применяемые на текущий момент времени методы в обеспечении пожарной безопасности полигонов твердых коммунальных отходов не позволяют в полном объеме эффективно бороться с эмиссией метана. ТКО с момента захоронения проходят стадии: анаэробное разложение, аэробное разложение, смешанное разложение, постоянное выделение метана, прекращение всех процессов. Эмиссия биогаза, это одна из больших проблем, при эксплуатации полигона. Биогаз образуется практически постоянно при различных жизненных циклах полигона, в большом или меньшем количестве. Электрофизический способ управления эмиссией метана позволяет снизить скорость химических реакций в течении жизненного цикла и уменьшить объем выделяемого газа. Морфологический состав ТКО также влияет на образование газовых эмиссий, и в зависимости от его процентного и количественного соотношения будет выделяться разное количество биогаза. На выделение биогаза, особенно CH_4 будет влиять несколько факторов: температура окружающей среды, влажность ТКО, «возраст», глубина свалочного тела полигона ТКО. Цель работы – это определение воздействия переменного частотного моделирующего потенциала (ПЧМП) на процесс эмиссии метана. Задачи: влияние ПЧМП на воду и ее воздействие на эмиссию метана. Подтверждена экспериментально рабочая гипотеза об угнетающем влиянии электро-физически обработанной водой с повышенным $Posm$ на жизнедеятельность бактерий метаногенов. Доказана техническая возможность минимизации эмиссии CH_4 из свалочного тела полигона ТКО при его орошении обработанной водой ПЧМП.

Ключевые слова: эмиссия, полигон, твердые коммунальные отходы, потенциал, биогаз, управление, пожарная безопасность.

ELECTROPHYSICAL METHOD OF METHANE EMISSION CONTROL AT MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

© The Author(s) 2022

SAI Anna Romanovna, deputy head of the department of supervisory activities

St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia

(196128 St. Petersburg, Moskovsky ave., 149, e-mail: a-novik@mail.ru)

Abstract. Fires at landfills of municipal solid waste (MSW) pose a rather serious danger to human life. The release of combustible substances leads to the occurrence of fire-hazardous situations. The methods currently used in ensuring fire safety of municipal solid waste landfills do not allow to fully effectively combat methane emissions. MSW from the moment of burial goes through the stages: anaerobic decomposition, aerobic decomposition, mixed decomposition, constant release of methane, termination of all processes. The emission of biogas is one of the big problems during the operation of the landfill. Biogas is formed almost constantly at various life cycles of the landfill, in large or smaller quantities. The electrophysical method of controlling methane emissions allows reducing the rate of chemical reactions during the life cycle and reducing the volume of gas released. The morphological composition of MSW also affects the formation of gas emissions, and depending on its percentage and quantitative ratio, different amounts of biogas will be released. The release of biogas, especially CH_4 , will be influenced by several factors: ambient temperature, MSW humidity, "age", MSW depth. The purpose of the work is to determine the impact of variable frequency modeling potential (VPP) on the process of methane emission. Tasks: the effect of PMF on water and its impact on methane emissions. An experimentally working hypothesis about the depressing effect of electro-physically treated water with increased $Posm$ on the vital activity of methanogen bacteria has been confirmed. The technical possibility of minimizing the emission of CH_4 from the landfill body of the MSW landfill during its irrigation with treated water is proved.

Keywords: emission, landfill, solid municipal waste, potential, biogas, management, fire safety.

Для цитирования: Сай А.Р. Электрофизический способ управления эмиссией метана на полигонах твердых коммунальных отходов / А.Р. Сай // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11. – № 2(58). – С. 154-158. – DOI: 10.46548/21vek-2022-1158-0027.

Введение. Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) сложный в управлении «механизм». На всем протяжении жизненного цикла полигона ТКО, в его теле протекают процессы с выделением тепла, этому способствует присутствие в составе ТКО органических отходов. Аэробные и анаэробные процессы влияют на скорость разложения отходов, и соответственно на образование биогаза. Конечными продуктами разложения ТКО с большим выделением тепла будут углекислый газ, аммиак, вода, сероводород.

Исследования в области обеспечения безопасности полигонов ТКО, образования биогаза, эмиссии газовых веществ проводились Российскими учеными В.И. Масликова [1], Я.И. Вайсмана, В.К. Донченко, В.В. Журковича, Г.А. Заварзина, А.Б. Лифшица, Е.Е. Мариненко [2], А.Н. Мирного, А.Н. Ножевниковой, Е.С. Панцхава, Н.Н. Слюсарь [3,4], Соловьянов А.А., Загорская А.А. [5], М.П. Федорова, Кононович В.М. [6] и иностранными Rettenberger, G., Mezger, H., Boeckx P. [4], Xu, L., X. Lin, J. Amen, K. Welding, and D. McDermitt, Maryono M [7, 8].

В частности, можно предположить в качестве рабочей гипотезы, что увеличенное $P_{ост}$ при электрофизической обработке воды приведет к «осмотическому шоку» клеток метанообразующих бактерий (метабенов, их гибели) и как следствие, снижение эмиссии CH_4 .

Методология. В процессе изысканий применялись метод изучения различных источников информации, анализа полученных сведений, наблюдение и эксперимент.

Эмиссия биогаза – это одна из больших проблем, при эксплуатации полигона. Биогаз образуется практически постоянно при различных жизненных циклах полигона, в большом или меньшем количестве.

Состав биогаза отличается на каждом полигоне, это происходит из-за различного морфологического состава ТКО. В различном процентном соотношении можно выделить следующие газы: на первом месте CH_4 (метан), CO_2 (углекислый газ), N_2 (азот), H_2S (сероводород), меркаптаны и т.д. (55-85% CH_4 ; 10-45% CO_2 , H_2S). От концентрации CH_4 зависит возможность возникновения пожара [9].

Жизненный цикл можно разделить на стадии:

строительство, эксплуатация, закрытие.

Каждая составляющая цикла длится некоторое время, и даже после рекультивации полигона, в теле полигона происходят различные биохимические процессы.

Процессы, протекающие в теле полигона, могут происходить как с доступом кислорода, так и без. В различные циклы происходят и различные процессы. Наличие и объем биогаза будет зависеть от жизненного цикла полигона ТКО, от стадии и микробиологических процессов в теле полигона.

Американские ученые Роверс, Рис и Фаркухар выделили 5 фаз разложения ТКО с момента захоронения:

- 1) анаэробное разложение;
- 2) тоже самое без выделения метана;
- 3) тоже самое с небольшим выделением метана
- 4) постоянное выделение метана
- 5) прекращение всех процессов.

Аэробный и анаэробный процессы отличаются друг от друга, в одном задействован кислород, в другом микроорганизмы разлагаются за счет органики. Органика разлагается достаточно медленно [10].

А. Вольта в 1776 г. отмечал образование CH_4 во влажных почвах, с большим наличием органики, также было отмечено, что CH_4 выделяется не только из почвы, но и со дна озер и болот, за что получил название «болотный» газ.

Эмиссия CH_4 опасна, так как из-за большого выделения CH_4 возможны взрывопожарные ситуации, а вследствие них загрязнение окружающей среды.

На эмиссию выделения газов также влияет и морфологический состав ТКО. От его состава зависят физико-химические процессы, протекающие в теле полигона [11,12].

Чем больше в морфологическом составе ТКО органики, тем быстрее будут протекать аэробные процессы, соответственно выход CH_4 будет больше (рис. 1). Когда органики меньше в процентном соотношении от общего количества аэробный процесс будет протекать быстрее и скорее наступит анаэробный процесс, выделение CH_4 будет меньше. Т.е. можно сделать вывод от морфологического состава зависит эмиссия CH_4 и скорость его выделения [13, 14].

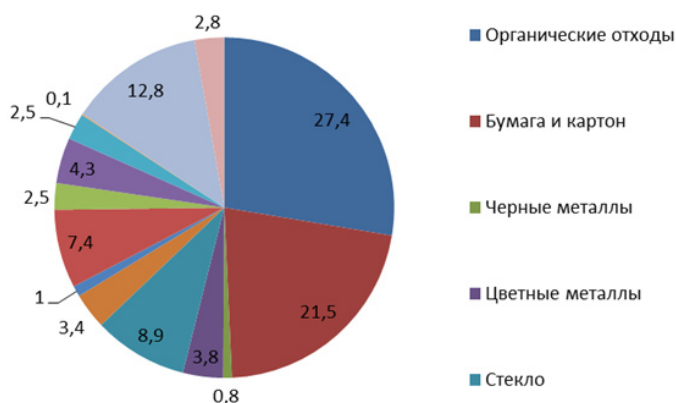


Рисунок 1 – Морфологический состав ТКО на полигонах в Санкт-Петербурге [15]

Результаты. В ходе эксперимента проведено исследование воздействия электромагнитного поля на процесс разрушения ТКО. Путем наблюдения был отмечен ускоренный распад неорганических материалов. С помощью переменного электрического потенциала стало возможным достижение разрушения твердых тел, в отсутствии электрического тока. Доля энергии при изменении агрегатного состояния вещества (разрушении) высвобождалась посредством формирования электрического потенциала на поверхности. Данное явление основано на эффекте элетроиндукции и обратного пьезоэффекта.

При исследовании воздействия электрофизического способа на воду применялось устройство, создающее переменного-частотный моделирующий потенциал (ПЧМП), которое воздействует на материал посредством прямой или косвенной передачи электрического потенциала. Передача потенциала посредством источника переменного напряжения осуществляется через одиночный электрод на исследуемый объект, находящийся в емкости.

Принцип действия данного прибора для подачи знакопеременного потенциала предусматривает разделение цепи. Частота переменного электрического потенциала от 1,0 Гц до 1 кГц. Его величина находится в пределах от 1-300 В.

Исследование влияния переменного электрического поля на среду, в которой происходило анаэробное брожение, проводилось обработкой ПЧМП через разные промежутки времени и без обработки. Условия для анаэробного брожения ТКО создавались с помощью герметичных сосудов, температура была равна 40°C. Для поддержания постоянной температуры использовался термостат

с регулируемой температурой. Сбор газа из сосудов проводился через определенные интервалы времени. В качестве измерителя выделяющегося объема CH_4 использовали пенные расходомеры. Погрешность составляла +/- 10 % отн.

В емкости объемом $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ помещали измельченную биомассу (ТКО) с высоким содержанием пищевых отходов, каждый слой прокладывали естественной почвой, этим добиваясь наличия микробной составляющей. Затем производилась заливка водой без хлора в соотношении один к одному (вода к биомассе по объему). Для исключения попадания кислорода, использовали масло (формировалась масляная пленка), достигая этим герметичности.

Было проведены эксперименты, из них в ходе 4 емкости помещались в термостат с температурой 40°C. Различие каждого эксперимента с обработанной водой и без состояло в продолжительности воздействия на воду.

Наблюдение за процессом выделения газа осуществлялось в течение 7 дней. Вода подвергалась обработке в течении следующих периодов времени: 1800 с, 3600 с, 7200 с. В обязательном порядке проводился контрольный эксперимент. В рамках контрольного эксперимента вода применяется без обработки ПЧМП. Отбор проб газа делался каждые 24 часа. Газ стравливался с помощью капельниц, которые обеспечивали герметичность эксперимента. Каждую емкость прокалывали иглой и газ стравливали в емкость с водой, количество газа определяли вытесненной водой. Затем емкость опять ставилась в термостат и эксперимент продолжался (рис. 2, 3).

Выделение газа наблюдалось в течение 5 суток (табл. 1, 2).

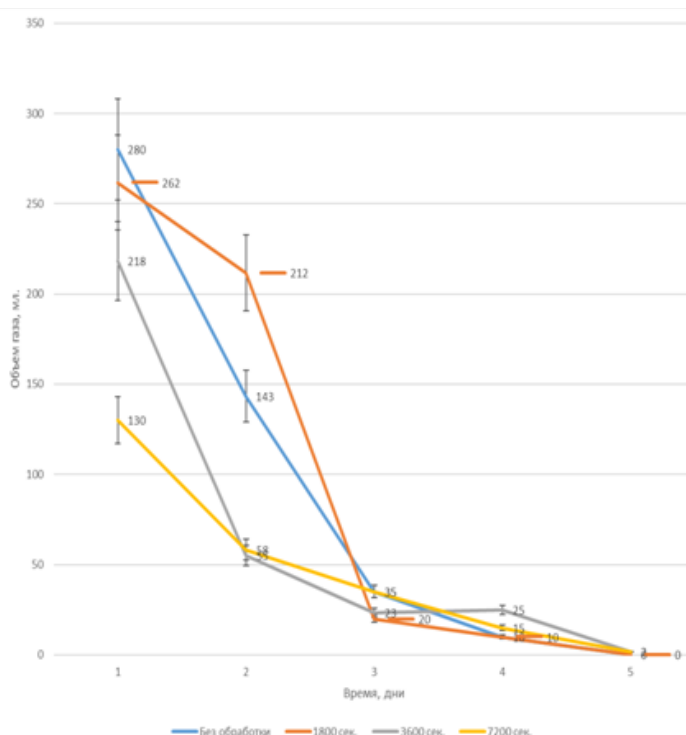


Рисунок 2 – Влияние обработки среды ПЧМП на выход биогаза

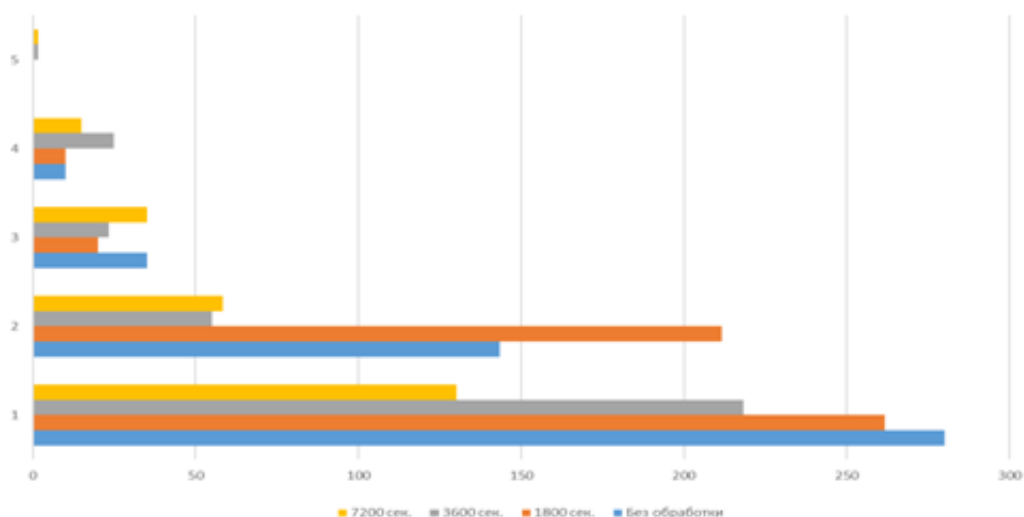


Рисунок 3 – Усредненные значения по выделению газа

Таблица 1 – Сводная таблица выделения биогаза (м³) в течение 5 дней

Время замера газа, дни	Емкость	Длительность обработки ПЧМП, мин			Без обработки
		7200	3600	1800	
1 день	1	135	205	220	270
	2	110	245	285	310
	3	145	205	280	260
	среднее значение	130	218	262	280
2 день	1	50	80	245	155
	2	70	45	200	105
	3	55	40	190	170
	среднее значение	58	55	212	143
3 день	1	30	20	15	25
	2	40	20	10	40
	3	35	30	35	40
	среднее значение	35	23	20	35
4 день	1	20	25	10	10
	2	10	20	15	15
	3	15	30	5	5
	среднее значение	15	25	10	10
5 день	1	0	0	0	0
	2	5	0	0	0
	3	0	5	0	0
	среднее значение	2	2	0	0

Таблица 2 – Суммарный выход биогаза (мл) в течение 5 дней

Условия процесса (время обработки, с)	1 емкость	2 емкость	3 емкость	Среднее значение
7200	235	235	250	240
3600	330	330	310	323
1800	490	510	510	503
Без обработки	460	470	475	468

Обсуждение. В рамках исследования проведено несколько экспериментов, результаты которых подтверждают влияние переменного электрического поля на механизм анаэробного брожения отходов, содержащих органические вещества, с выделением метана. В результате чего было подтверждено, что воздействие переменного электрического поля оказывает негативное влияние на эмиссию CH_4 .

Эксперимент показал, что после обработки воды методом ПЧМП снижается выход биогаза с увеличением времени обработки.

Из исследования влияния переменных электрических полей на процесс анаэробного брожения пищевых отходов следует, что переменные электрические поля влияют на снижение выхода биогаза за счет обработки воды ПЧМП.

Выводы. Подтверждена экспериментально рабочая гипотеза об угнетающем влиянии электрофизически обработанной водой с повышенным P_{osm} на жизнедеятельность бактерий метаногенов.

Доказана техническая возможность минимизации эмиссии CH_4 из свалочного тела полигона ТКО при

его орошении обработанной водой ПЧМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Биогаз полигонов твердых коммунальных отходов как энергетический ресурс / Соловьянов А.А. // Экологический вестник России. – 2018. – № 12. – С. 27-34.
2. Мариненко, Е. Е., Комина, Г. П. (2013). Снижение эмиссии парниковых газов в системах биоконверсии многокомпонентных органических отходов с получением биогаза. // В Юбилейный выпуск статей и публикаций к 55-летию кафедры Теплогазоснабжения и охраны воздушного бассейна. СПб.: СПбГАСУ. – С. 99-104.
3. Зональное определение эмиссий биогаза на полигоне ТБО для оценки геоэкологического состояния и обоснования управления процессами разложения отходов при рекультивации / Масликов В.И., Чусов А.Н., Молодцов Д.В., Рыжакова М.Г. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 1-1 (147). – С. 260-265.
4. Моделирование процессов стабилизации твердых коммунальных отходов в массиве полигона Мозжегорова Ю.В., Слюсарь Н.Н. Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24. – № 12. – С. 16-22.
5. Расчет выбросов биогазов от полигонов твердых бытовых отходов / Афонин К.В., Жилина Т.С., Загорская А.А. // В сборнике: Новые технологии - нефтегазовому региону. Материалы всероссийской научно-практической конференции. – 2011. – С. 10-11.
6. Анализ методов утилизации биогаза с полигонов ТКО Кононович В.М., Лысухо Н.А. В сборнике: Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века. Материалы 19-й международной научной конференции. – 2019. – С. 47-50.
7. Methane emission from a landfill and the methane oxidising capacity of its covering soil Boeckx P., Van Cleemput O., Villaralvo I. Soil Biology and Biochemistry. – 1996. – Т. 28. – № 10-11. – С. 1397-1405.
8. Preliminary evaluation of method to monitor landfills resilience against methane emission Chusna N.A., Maryono M. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2. Сер. "2nd International Conference on Energy, Environmental and Information System, ICENIS 2017" 2018. – С. 05006.
9. ГОСТ 5542-2014 Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.
10. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика // Biogas in Theorie und Praxis. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
11. Горбатьюк О.В., Минько О.И., Лифшиц А.Б. Ферментеры геологического масштаба // Природа, 1989. – № 9. – С. 71-79
12. The state of municipal solid waste management system in ST. Petersburg / Voronkova O.V. // Reports Scientific Society. – 2021. – № 2 (26). – С. 8-11.
13. Изучение состава опасных твердых коммунальных отходов (на примере хит) / Зиленина В.Г., Уланова О.В. // В сборнике: Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов. Материалы первого международного экологического форума в Рязани. – 2017. – С. 43-49.
14. Перспективы получения биогаза из твердых бытовых отходов саратовской области / Шаркова И.С. // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. материалы VII очной Международной научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. – 2018. – С. 335-339.
15. Распоряжение Правительство Санкт-Петербурга Комитет по благоустройству Санкт-Петербурга от 13 июля 2020 года N 193-р «Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления».

Статья поступила в редакцию 22.03.2022

Статья принята к публикации 20.06.2022