УДК 579.63

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭМИССИИ МЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОМ БИОРАЗЛОЖЕНИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В БИОРЕАКТОРЕ

[1]Жакипбекова А.Ш., [2]Мусина Г.Ш., [1,2]Джамалова Г.А.

[1]Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: asema_94_lv@mail.ru;

[2]ТОО «НДЦ AEG», Алматы

Изучены процессы эмиссии метана при анаэробной переработке отходов в лабораторной установке. Объектом исследования послужило ТБО, собранное «навалом». После сортировки, состав ТБО, использованный для биоразложения в установках, включал следующие компоненты: органические пищевые отходы 75%, другие органические (древесные остатки в виде опилок, макулатура в виде остатков бумаги, газет, журналов, книг; остатки упаковочного картона) отходы (15%), уличный смет (10%). В качестве добавки для интенсификации анаэробного биоразложения ТБО в установках использовался подстилочный навоз, т.к. он обогащен питательными веществами, которые необходимы для анаэробного разложения и получения обогащенного метаном биогаза. Процесс анаэробного биоразложения отходов протекал в условиях биореактора 54 дня. Протокол переработки отходов занял 54 дня, внешне поддерживаемая температура находилась в интервале от 24 до 37 °С. При переработке 59% (2,478 кг) субстрата трансформированы в продукты биоразложения – фильтрат и биогаз и 41% был представлен дигестатом. Общая выработка метана составило 14,175 л.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, подстилочный навоз, метаногенез, биогаз

STUDY OF THE PROCESS OF METHANE EMISSION IN ANAEROBIC BIODIVERSITY OF SOLID WASTE WASTE IN THE BIOREAPORATOR

[1]Zhakypbekova A., [2]Mussina U., [1,2]Jamalova G.

[1]Kazakh National Technical University named after K.I. Satpaev, Almaty, e-mail: asema_94_lv@mail.ru;

[2]LLP «SDC AEG», Almaty city

The processes of methane emission during anaerobic waste treatment in a laboratory installation have been studied. The object of the study was SW collected in bulk. After sorting, the composition of solid waste used for biodegradation in plants included the following components: organic food waste 75%, other organic (wood residues in the form of sawdust, waste paper, newspapers, magazines, books, remnants of packaging cardboard) waste (15%), street estimates (10%). As an additive for the intensification of anaerobic biodegradation of SW in plants, litter was used, it is enriched with nutrients that are necessary for anaerobic decomposition and the production of methane-enriched biogas. The process of anaerobic biodegradation of waste took place under bioreactor conditions for 54 days. The protocol of waste processing took 54 days, the externally maintained temperature was in the range from 24 to 37 °C. When processing 59% (2,478 kg) of the substrate were transformed into biodegradation products – filtrate and biogas and 41% was represented by digestate. The total methane production was 14.175 liters.

Keywords: solid municipal waste, litter, methanogenesis, biogas

Биогаз, горючая смесь (в основном CH_4, CO_2) – продукт анаэробного микробиологического разложения органических соединений.

Состав биогаза находится в прямой зависимости от химического состава разлагающегося органического вещества: при доминировании углеводов (простые сахара: глюкоза; высокомолекулярные полимеры: целлюлоза и гемицеллюлоза) содержание метана снижается, при доминировании жиров, наоборот, повышается.

Состав биогаза понятие гибкое и не стабильное, т.к. зависит от множества факторов (рис. 1) [1].

Ниже приводится основная статистика по антропогенной эмиссии биогаза и метана:

1) антропогенный вклад в глобальную эмиссию метана (до 20%):

– 0,09 – 0,8 [2],

– 1,5–73 млн. т/год [3],

2) из 1 т ТБО образуется до 180 м^3 сырого биогаза, из 1 кг навоза крупного рогатого скота образуется 0,250–0,340 м^3 биогаза [4];

3) из сухой массы 1 кг отходов образуется CH_4 (0,34 ÷68) · 10^{-3} м^3 [5],

4) при анаэробном биоразложении [6]:

– 1 г жира образует 1250 мл биогаза (68% CH_4 и 32% – CO_2),

– 1 г углевода – 790 мл биогаза (68% и 32%),

– 1 г белка – 704 мл биогаза (71% и 29%);

5) образование метана из жиров (до 70%), углеводов (до 62,5%) и белков (до 48%);

6) основные физические свойства биогаза:

– плотность $1{,}07 \cdot 10^{-4}$ кг/м^3, вязкость: биогаза $1{,}15 \cdot 10^{-5}$, метана – $1{,}04 \cdot 10^{-5}$ Н·с/м^2,

– теплота сгорания – 1800 – 25100 кДж/м^3 [7].

Рис. 1. Факторы, влияющие на эмиссию антропогенного биогаза [1]

Поэтому антропогенный биогаз, вследствие наличия в своем составе CH_4, CO и H_2S имеет как локальный (пожары, взрывы, угнетение биоты; распространение неприятного запаха), так и глобальный (парниковый эффект, уменьшение озонового слоя) фактор воздействия на окружающую среду (рис. 2).

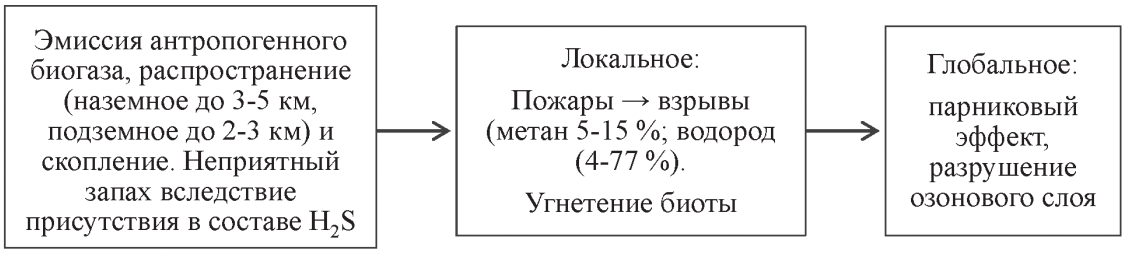

Рис. 2. Последствия (основные) для окружающей среды от аккумулятивного влияния антропогенного биогаза [1, 7]

Объект и методика исследования. Объектом исследования послужило ТБО, собранное «навалом». После сортировки, состав ТБО, использованный для биоразложения в установках, включал следующие компоненты: органические пищевые отходы 75 %, другие органические (древесные остатки в виде опилок, макулатура в виде остатков бумаги, газет, журналов, книг; остатки упаковочного картона) отходы (15 %), уличный смет (10 %).

Весомым аргументом в пользу использования подстилочного навоза крупного рогатого скота (органический гомогенный материал, состоящий из фекалии, урины, подстилочного материала, остатки корма, технической воды) в качестве добавки для интенсификации анаэробного биоразложения ТБО в установках явился тот факт, что навоз, также, как и компост, обогащен питательными веществами, которые необходимы для анаэробного разложения и получения обогащенного метаном биогаза [8].

Результаты и обсуждение. Протокол процесса переработки ТБО изложен в таблице, производство биогаза при анаэробном методе переработки ТБО показано на рис. 3.

Процесс анаэробного биоразложения отходов протекал в условиях биореактора 54 дня.

Протокол процесса переработки ТБО

День	t, °C	Процесс переработки ТБО			Продукты переработки ТБО	
		Физическое состояние	Цвет	Структура	Фильтрат	Биогаз
1-й	24	Загружено 4,2 кг	Темно-коричневое	Плотная, влажность 72 %	Не обнаружено	Не обнаружено
7-й	26	Масса осела на 3–5 %	Темно-коричневое	За потение стенок и крышки емкости	Незначительно, со 2-го дня переработки	С 3-го дня переработки
14-й	29	Масса осела на 9 %	Темно-коричневое	Оседание массы отходов происходит неравномерно. Масса начала рыхлеть	На крышке емкости скопление воды в виде капель	В биогазе стойко фиксируется наличие метана
21-й	35	Оседание массы: 20 %	Темно-коричневое		На крышке емкости капельки воды присутствовали	В биогазе стойко фиксируется наличие метана
28-й	35	Оседание массы: 33 %	Темно-коричневое	Рыхление и снижение влажности	На крышке емкости капельки воды присутствовали.	В биогазе стойко фиксируется наличие метана
35-й	37	Оседание массы: 39 %	Темно-коричневое	Рыхление и снижение влажности	На крышке емкости капельки воды исчезли	В биогазе стойко выделяется метан
40-й	31	Оседание массы: 44 %	Темно-коричневое	Масса рыхлая	На крышке емкости капельки воды отсутствовали	В биогазе выделяется метан
47-й	30	Оседание массы: 50 %	Темно-коричневое	Масса рыхлая	На крышке емкости капельки воды отсутствовали	В биогазе выделяется метан
54-й	30	Оседание массы: 59 %	Темно-коричневое	Масса рыхлая	На крышке емкости капельки воды отсутствовали.	В биогазе выделяется метан

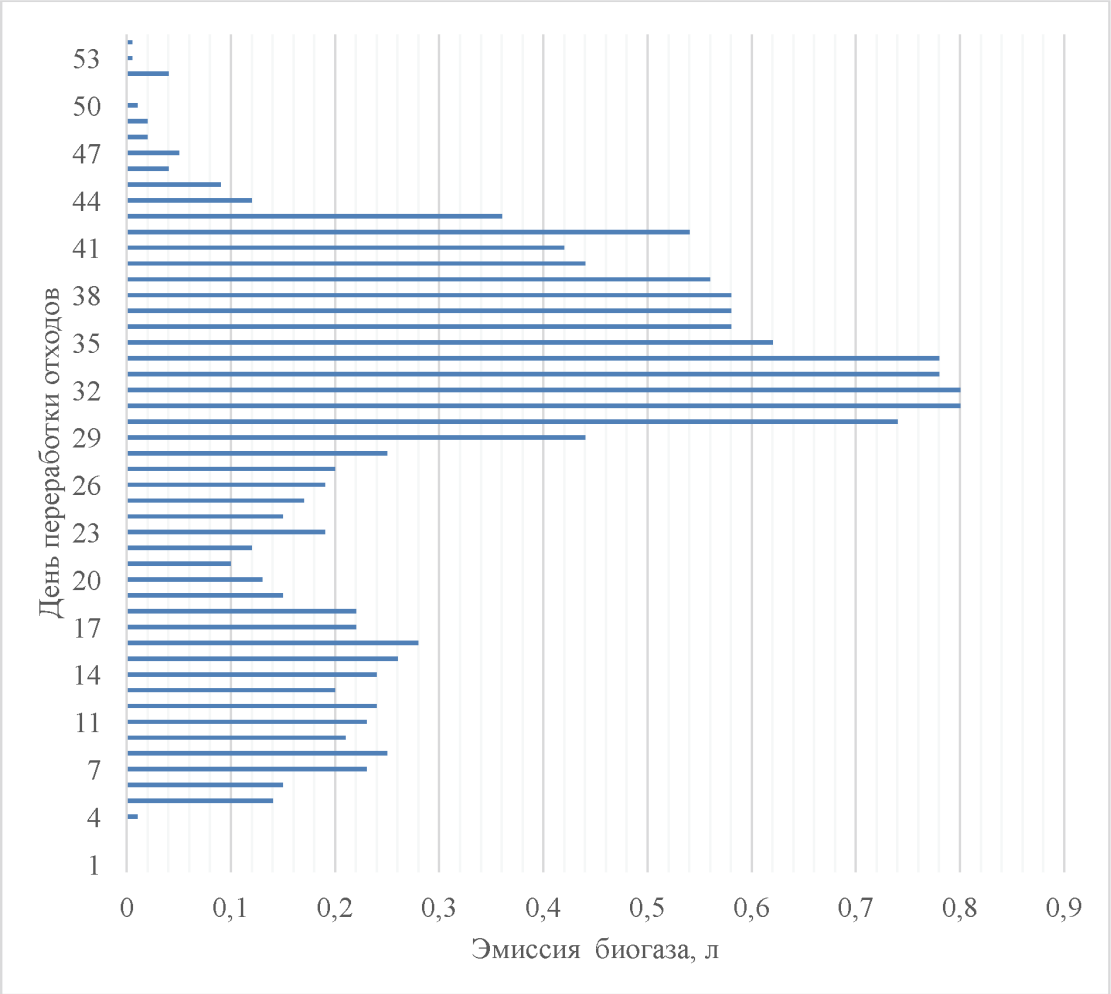

Рис. 3. Протокол производства метана

Как видно из рис. 3, при анаэробном методе переработки органических твердых бытовых отходов, в зависимости от температурного режима, регулируемого извне, различали три периода:

– с 1–го по 16-й день биоразложения температурный режим составил 24–29°С;

– с 17-го по 37-й день – 35–37°С;

– с 38-го по 54-й день – 30°С.

Как видим, верхний уровень мезофильного режима благоприятно влияет на процесс анаэробного биоразложения органических отходов и, следовательно, на производство биогаза.

Если принимать во внимание температурный режим переработки отходов, то было произведено:

– при температурном режиме 24–29°С – 2,67 л метана;

– при температурном режиме 30–35°С – 6,43 л метана;

– при температурном режиме 30°С – 5,075 л метана.

Общая выработка биогаза при разложении органических твердых бытовых отходов составило 14,175 л.

Заключение. Из 4,2 кг субстрата переработано 59 %, т.е. 2,478 кг и 41 %, т.е. 1,722 кг

остается как дигестат, которое может быть использовано для производства нетрадиционного органического удобрения. Общая выработка метана составило 14,175 л.

Список литературы

1. Джамалова Г.А. Эмиссия токсичного и взрывоопасного биогаза полигонами твердых коммунальных отходов // Известия СПбГТИ(ТУ). – № 22 (48). – С.92–95.

2. Гурвич В.И., Лифшиц А.Б. Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) – самостоятельная отрасль мировой индустрии. http: // www.ecoline.ru, 2001. – 11 с.

3. Лебедев В.С., Горбатюк О.В., Иванов Д.В. и др. Биогеохимические процессы образования и окисления биогаза на свалках бытовых отходов // Журнал экологической химии. – 1993. – № 4. – С. 323–334.

4. Meadows M., Gregory R., Fishfind C., Gronow J. Characterizing methane emissions from different types of landfill sites // Enviromental impact, aftercare and redemption of landfills. Vol. IV / VII International waste management and landfill symposium. Sardinia, 1999. Sardinia, V. 4. P. 25–32.

5. Лебедев В.С., Ножевникова А.Н. Объекты захоронения городских бытовых отходов как источник атмосферного метана // Экологическая химия. – 1995. – № 4. – С. 49–60.

6. Крупский К.Н., Андреев Е.Н., Ютина А.С. Использование биогаза в качестве источника энергии: обзорная информация. – М.: ЦБНТИ Минжилкомхоз РСФСР, 1988. – 38 с.

7. Вайсман Я.И., Вайсман О.Я., Максимова С.В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. – Пермь, 2003. – 231 с.

8. Джамалова Г.А. Анализ изменчивости качественного состава биогаза, производимого биореактором при интенсификации анаэробного разложения твердых бытовых отходов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21119 (дата обращения: 23.02.2018).