

Арктика и Антарктика

Правильная ссылка на статью:

Забелина А.В. — Исследование процессов метанообразования при размещении отходов на полигонах ТКО на северных территориях // Арктика и Антарктика. – 2024. – № 1. DOI: 10.7256/2453-8922.2024.1.69462 EDN: DMFOAF URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=69462](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69462)

## Исследование процессов метанообразования при размещении отходов на полигонах ТКО на северных территориях

Забелина Александра Викторовна

преподаватель практики, кафедра инженерной защиты окружающей среды, Университет ИТМО

197101, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кронверкский пр-т, 49

✉ zabelina-eco@mail.ru



[Статья из рубрики "Природные ресурсы Арктики и Антарктики"](#)

### DOI:

10.7256/2453-8922.2024.1.69462

### EDN:

DMFOAF

### Дата направления статьи в редакцию:

26-12-2023

### Дата публикации:

02-01-2024

**Аннотация:** Метан является одним из наиболее значимых парниковых газов. В отличие от углекислого газа, метан — короткоживущий парниковый газ с временем жизни около 10 лет, однако из-за значительно более высокой парниковой активности (по оценкам ученых, она, как минимум, в 25 больше, чем у углекислого газа), его влияние на суммарный разогрев очень значительно. Наибольшее влияние процессы глобального потепления оказывают на биосферу и экосистему арктических территорий. Таяние вечной мерзлоты может привести к изменениям в почвенном составе и геологических процессах. Поэтому образование метана в условиях арктических и субарктических территорий является достаточно актуальным вопросом. Целью данной работы является изучение количества выделяемого метана на полигонах твердых коммунальных отходов.

В статье рассматриваются результаты исследования процессов метанообразования на полигонах, близких к постэксплуатационному периоду. Данные в работе получены путем применения технологии шурфования массива коммунальных отходов. В статье рассматривались полигоны субарктической и арктической зоны. В работе приведены усредненные данные по полученным результатам выделения метана на различных полигонах. Получено, что объемная доля метана в составе свалочного газа из массива отходов, размещенных за последние два года, может достигать 61 %. Однако в утвержденной методике по расчетам выбросов от полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) учет выбросов за последние два года носит рекомендательный характер, что создает предпосылки для корректировки методики по результатам инструментальных измерений. Полученные результаты позволяют более точно оценить углеродные единицы, получаемые при внедрении на полигонах ТКО наилучших доступных технологий, что особенно важно в рамках реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.

### **Ключевые слова:**

полигон ТКО, выбросы, твердые коммунальные отходы, метан, шурфование, изменение климата, субарктическая зона, свалочные газы, методика измерений, Арктика

### **1. Введение**

Одной из зон в Российской Федерации, для которых актуальная проблема корректного учета метана и других выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в составе свалочного газа, является Арктическая зона. Несмотря на низкую плотность населения потребность в высокоэффективных объектах по обращению с ТКО здесь достаточно актуальна. Климатические особенности региона расположения, геоэкологические особенности строения полигонов ТКО, технологии, применяемые при размещении ТКО с учетом наилучших доступных технологий (НДТ) в совокупности должны учитываться при расчете образования и нормировании выбросов.

Согласно данным сводной отчетности 2-ТП (отходы), формируемой Федеральной службой по надзору в сфере природопользования, по состоянию на конец 2022 года размещение отходов производства и потребления, в целом, остается основным видом обращения с твердыми коммунальными отходами (Далее – ТКО) [\[1-4\]](#).

В настоящее время нормирование и расчет выбросов от полигонов ТКО проводится по утвержденной в 2004 г. «Методике расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов» [\[5-8\]](#). В ней расчет выбросов свалочного газа ведется по количеству размещаемых отходов с нарастающим итогом за каждый календарный год. Выбросы рассчитываются исходя из содержания органической составляющей, жироподобных, углеводородных и белковых веществ в органике, а также с учетом средней влажности отходов.

Период активного выделения метана не учитывает геохимических и климатических особенностей региона, где расположен полигон; последние два года размещения отходов допускается исключать из рассмотрения в связи с отсутствием стабильного выделения метана в поверхностных слоях тела полигона [\[9-13\]](#).

Кроме того, методика 2004 года не учитывает неоднородности тела полигона, различную плотность отходов в зависимости от глубины их залегания и, соответственно, неравномерности скоплений свалочного газа [\[14-16\]](#).

С целью подтверждения гипотезы о том, что неоднородность строения тела полигона на стадии постэксплуатационного обслуживания и завершения жизненного цикла как объекта размещения отходов, приводит к неоднородности скоплений и выбросов свалочного газа в летний период 2022 года было проведено исследование объемно-плотностных характеристик; в 2023 году выполнено газогеохимическое обследование исследуемых объектов размещения отходов в Ленинградской области и в г. Норильске. Исследуемые полигоны приближаются к периоду рекультивации.

**Цель данного исследования** – проанализировать особенности процессов метанообразования на полигонах ТКО.

## **2. Методика и методы проведения исследований.**

На первом этапе исследований методом RTK (Real Time Kinematic), который заключается в спутниковом позиционировании с высокой степенью точности (до 1 см), в режиме статических определений и перемещений от точки к точке в течение одного сеанса исследования с подключением к сети «Геоспайдер» [\[17\]](#), была выполнена топографическая съемка рельефа и контура тела полигона с сечением рельефа горизонталями через один метр. Полученные данные были выгружены в программу AutoCad.

На втором этапе для исследования объемно-плотностных характеристик полигона ТКО было выполнено бурение шурфов для отбора проб [\[18, 19\]](#). Исследование объемной плотности проводилось только на горизонтальной поверхности полигона, боковые откосы не исследовались в связи с технической невозможностью установки на них бурильной техники. Производился забор проб из тела полигона: с поверхностного слоя отходов и в слоях на глубине до 51 метра. За представительную пробу принималась такая проба, которая при проходе скважины на заданную глубину полностью заполняла объем колонковой трубы, и при подъеме которой не происходила потеря значительной части объема пробы. Для определения объема отобранный пробы выполнялись обмеры колонковой трубы и глубины забоя.

На третьем этапе для исследования состава свалочного газа в поверхностных слоях отработанных карт полигона было выполнено газогеохимическое обследование территории методом поверхностной шпуровой съемки отработанных карт полигона с установкой точек наблюдения. Проводился отбор проб воздуха из шурпов и измерение объемной доли компонентов свалочного газа – CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub>.

На теле полигона выход на точку измерений осуществлялся с помощью GPS-навигатора, производилась оценка условий измерений и препятствующих факторов. Исследование полученной в результате отбора проб газо-воздушной смеси проводилось в каждой точке газоанализатором, воздуховод которого соединялся через силиконовые патрубки с трубой шпуря.

Забивка шпуря осуществлялась на глубину 0,8 метра, что соответствует глубине последнего года размещения отходов. Исследования проводились на площади 5,7 га в 23 точках. Шпур имеет перфорацию на глубине места отбора для свободного притока воздуха в измерительный тракт. Данные, полученные при измерениях, фиксировались в

полевом журнале.

Измерения проводились при метеорологических условиях, соответствующих рабочим параметрам средств измерений. Обследования проведены с помощью приборов ПГА-1, ПГА-300, МАГ-6 П-В, которые имеют руководства по эксплуатации и действующие свидетельства о поверке. Метеорологические условия при проведении измерений соответствовали допустимым.

### 3. Результаты исследования

Результаты исследования объемно-плотностных характеристик тела полигона ТКО представлены в таблице 1.

Глубина слоя размещения отходов от поверхности, м	Плотность свалочных масс, т/м <sup>3</sup>
0-1	0,27
1-5	0,59
5-10	0,88
10-20	0,98
20-30	1,07
30-40	1,15
>40	1,19

Результаты эксперимента по измерению объемно-плотностных характеристик полигона ТКО показали, что плотность в нижних слоях размещения отходов значительно превышает плотность в поверхностных слоях свалочных масс.

Результаты проведенного газогеохимического исследования (рисунок 2) и измерение концентраций отдельных компонентов свалочного газа показали отсутствие определяемых концентраций (ниже предела обнаружения), что позволяет сделать вывод, что отходы, размещенные более 15 лет назад, не участвуют в образовании свалочного газа.

За счет естественных процессов оседания тела полигона под действием силы гравитации, из слоев отходов, размещенных более 15 лет назад свалочный газ переместился в более верхние слои через естественные техногенные разрывы. Осуществление активной дегазации способствовало высвобождению свалочного газа из нижних слоев отходов, представляющих на данный момент стабильное и инертное основание тела полигона.



Рисунок 2. Процесс газогеохимического исследования на объекте размещения твердых коммунальных отходов [\[20\]](#).

В ходе эксперимента также были получены данные о существенных концентрациях метана в верхних слоях отходов, размещенных за последние два года эксплуатации полигона ТКО, которые не учитываются при расчете, нормировании и контроле выбросов от объектов размещения отходов. Результаты газогеохимического обследования с получением данных об объемных долях концентраций метана и диоксида углерода представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты газогеохимических исследований

Номер точки отбора	Метан,	Углерода оксид,
	% (об.д.)	% (об.д.)
1	1,11	0,00
2	0,46	11,02
3	61,00	10,56
4	37,80	10,89
5	36,60	11,21
6	48,30	10,55
7	3,55	10,98
8	33,50	11,68
9	11,20	11,88
10	0,05	0,24
11	35,80	10,05
12	29,80	1,43
13	15,50	10,98
14	14,90	11,51
15	0,00	0,00
16	14,70	11,12
17	34,20	10,85
18	11,50	11,81
19	5,51	11,22
20	8,30	11,55
21	11,50	10,95
22	0,41	7,78
23	57,40	11,68
Среднегодовой показатель на глубине 0,8 м	<b>21,85</b>	<b>9,13</b>

Отходы, которые размещаются на свалке, начинают выделять метан уже через несколько месяцев после их размещения. В первый год выделение метана обычно достигает пика, так как начинается биологическое разложение органических материалов в условиях отсутствия кислорода. В дальнейшем скорость выделения метана снижается, но метан продолжает выделяться многие годы, иногда и десятилетия после закрытия свалки. По результатам натурного исследования было обнаружено наличие метана в отходах первого года размещения в объемной доле от 0 до 61%, углерода диоксида в объемной доле от 0 до 11,88%. Согласно европейским климатическим нормам [\[12-15\]](#), такое выделение метана считается значимым и способно оказать влияние на парниковый эффект. Таким образом данные полигоны ТКО можно рассматривать как значительный источник выбросов парниковых газов.

#### **4. Выводы.**

Как показали результаты объемно-плотностных исследований и газохимического обследования в нижних слоях залегания твердых коммунальных отходов плотность значительно выше, чем в более поздних по времени размещения слоях, количество выделяемого свалочного газа не значительно. В тоже время в верхних слоях в массе отходов на глубинах залегания, соответствующих первому году размещения отходов, происходит активное метанообразование.

Действующая методика расчета выбросов от полигонов ТКО не рассматривает особенности метанообразования на разных стадиях жизненного цикла полигона. Эмиссии от разложения отходов за последние два года размещения не учитываются в расчетах выбросов, что создает предпосылки для корректировки методики по результатам инструментальных измерений.

В целом можно утверждать, что уточнение информации о выбросах свалочного газа на полигонах ТКО на основе инструментальных измерений позволит получать более достоверные результаты при расчете выбросов и определении возможных углеродных единиц при внедрении НДТ. Точный расчет выбросов свалочного газа и их утилизация полностью отвечает цели охраны окружающей среды и рационального природопользования в Арктической зоне.

#### **Библиография**

1. Росприроднадзор. Аналитические данные. Статистическая отчетность: информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления // Росприроднадзор. [Электронный ресурс] URL: <https://rosprirodnadzor.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения 2023-10-19).
2. EAA. Waste recycling in Europe. [Электронный ресурс]. □ Режим доступа : <https://www.eea.europa.eu/ims/waste-recycling-in-europe> (дата обращения: 08.04.2023).
3. McQuibban, Jack. Cities Programme Coordinator at Zero Waste Europe The state of zero waste municipalities report. 2021. [Электронный ресурс]. □ Режим доступа : [https://zerowastecities.eu/wp-content/uploads/2021/12/SZW MR\\_2021-Final.pdf](https://zerowastecities.eu/wp-content/uploads/2021/12/SZW MR_2021-Final.pdf) (дата обращения: 07.04.2023).
4. Laurieri N. et al. A Door-to-Door Waste Collection System Case Study : A Survey on its Sustainability and Effectiveness // Sustainability. 2020. [Электронный ресурс]. □ Режим доступа : <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5520> (дата обращения: 07.04.2023).
5. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. / М.: АКХ им. Памфилова, 2004.
6. Травин И., Шмелев А.Л. RDF-топливо. Зарубежный опыт и перспективы использования в России. [Электронный ресурс]. // Режим доступа: [https://7greenline.ru/novosti/news\\_post/rdf-toplivo-zarubezhnyy-optyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-rossii](https://7greenline.ru/novosti/news_post/rdf-toplivo-zarubezhnyy-optyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-rossii) (дата обращения: 06.04.2023).
7. Валинеева А. А., Степанова Т. А. RDF как альтернативный источник энергии // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». № 3. 2020. [Электронный ресурс]. □ Режим доступа :

- ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6377 (дата обращения: 06.04.2023)
8. Calabò P.S., Komilis D. A standardized inspection methodology to evaluate municipal solid waste collection performance. // J. Environ. Manag. 2019. #246. 184–191.
  9. Xue B., Chen X.P., Geng Y., Guo X.J., Lu C.P., Zhang Z.L., Lu C.Y. Survey of officials' awareness on circular economy development in China: Based on municipal and county level. // Resour. Conserv. Recycl. 2010. №54. 1296–1302.
  10. Seyring N., Dollhofer M., Weißenbacher J., Herczeg M., David M. Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU. // Waste Manag. Res. 2015. №34. 947–956.
  11. Yadav V., Karmakar S. Sustainable collection and transportation of municipal solid waste in urban centers. // Sustain. Cities Soc. 2020, №53. 101937.
  12. Rodrigues S., Martinho G., Pires A. Waste collection systems. Part A: A taxonomy. // J. Clean. Prod. 2016. №113. 374–387.
  13. Yaman C. Investigation of greenhouse gas emissions and energy recovery potential from municipal solid waste management practices. // Environ. Dev. 2020. №33. 100484.
  14. Das S., Bhattacharyya B.K. Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. // Waste Manag. 2015. №43. 9–18.
  15. Stoeva K., Alriksson S. Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. // Waste Manag. 2017. №68. 732–741.
  16. Casazza M., Huisings D., Ulgiati S., Severino V., Liu G., Lega M. Product service system-based municipal solid waste circular management platform in campania region (Italy): A preliminary analysis. // Procedia CIRP. 2019. №83. 224–229.
  17. Paes M.X., de Medeiros G.A., Mancini S.D., Bortoleto A.P., Puppim de Oliveira J.A., Kulay L.A. Municipal solid waste management: Integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment. // J. Clean. Prod. 2020. №254. 119848.
  18. Геоспайдер. Уникальная спутниковая сеть дифференциальных геодезических станций «Геоспайдер» [Электронный ресурс] URL: <http://geospider.ru/> (дата обращения 2023-10-19).
  19. Берг-проект. Отчет о выполненных работах по определению объемно-плотностных характеристик полигона твердых бытовых и строительных отходов в д. / М. Замостье Гатчинского района Ленинградской области. СПб.: ООО «Берг-проект». 2022.
  20. ТехноТерра. 109-23-ЭИ. Отчет по результатам экологических исследований. / СПб.: ООО «ТехноТерра». 2023

## Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, особенности изучения и исследование процессов метанообразования при размещении отходов на полигонах ТКО на северных территориях.

Методология исследования исходя из анализа статьи можно сделать вывод о использовании несколько методик: на 1 этапе исследований методом RTK (Real Time Kinematic), который заключается в спутниковом позиционировании с высокой степенью точности, в режиме статических определений и перемещений от точки к точке в течение

одного сеанса исследования с подключением к сети «Геоспайдер», была выполнена топографическая съемка рельефа и контура тела полигона с сечением рельефа горизонталями через один метр; на 2 этапе для исследования объемно-плотностных характеристик полигона ТКО было выполнено бурение шурфов для отбора проб; на 3 этапе для исследования состава свалочного газа в поверхностных слоях отработанных карт полигона было выполнено газогеохимическое обследование территории методом поверхностной шпуровой съемки отработанных карт полигона с установкой точек наблюдения и отбор проб воздуха из шурфов и измерение объемной доли компонентов свалочного газа – CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub>. Измерения проводились при метеорологических условиях, соответствующих рабочим параметрам средств измерений.

Актуальность затронутой темы мониторинге безусловна, учет метана и других выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в составе свалочного газа, является Арктическая зона - одной из зон в Российской Федерации, для которых несмотря на низкую плотность населения потребность в высокоэффективных объектах по обращению с ТКО здесь достаточно актуальна. При этом климатические особенности региона, геоэкологические особенности строения полигонов ТКО, технологии, применяемые при размещении ТКО с учетом наилучших доступных технологий в совокупности должны учитываться при расчете образования и нормировании выбросов.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований получены результаты объемно-плотностных исследований и газохимического обследования в нижних слоях залегания твердых коммунальных отходов плотность значительно выше, чем в более поздних по времени размещения слоях, количество выделяемого свалочного газа не значительно, одновременно в верхних слоях в массе отходов на глубинах залегания, соответствующих первому году размещения отходов, происходит активное метанообразование.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный.

Однако есть ряд пожеланий, в частности, автору статьи следовало бы, по нашему мнению, необходимо в названии статьи аббревиатуры, в частности ТКО - твердые коммунальные отходы. Статья снабжена богатым иллюстративным материалом, отражающим процесс определения эффективности методов выделения газов. Таблицы и фотографии иллюстративны. Автор статьи верно отмечает то, что необходимо уточнение информации о выбросах свалочного газа на полигонах ТКО на основе инструментальных измерений позволит получать более достоверные результаты при расчете выбросов и определении возможных углеродных единиц при внедрении наилучших доступных технологий.

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, содержит ссылки на нормативно-правовые акты.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволяющие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.