

Оценка возможности снижения выбросов парниковых газов от отходов, размещаемых на полигоне ТКО

Е.В. Верещак, И.О. Тихонова*

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
Российская Федерация, 125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

*Адрес для переписки: ekaterinavereschak@gmail.com

Реферат. Ежегодно в г. Москве образуется около 8 млн тонн твердых коммунальных отходов (ТКО), из которых более 50% составляют биоразлагаемые отходы, являющиеся источником образования парниковых газов при размещении ТКО на полигонах. Проведена оценка выбросов парниковых газов, в частности метана, для различных морфологических составов ТКО с использованием двух методик. Для сравнения приведены расчеты для вариантов сортировки ТКО с различным процентным изъятием вторичных материалов и рассчитаны выбросы метана. Прогнозируемые выбросы метана после сортировки вторичных материалов и при компостировании пищевых отходов заметно снизились, а при уровне сортировке 40-50% выбросы снизились более чем в 2 раза, что доказывает необходимость изъятия большего количества вторичных материалов, в частности бумаги и картона, во время сортировки.

На сегодняшний день в РФ стране существует 2 сценария движения потоков ТКО: либо несортированные ТКО размещают на полигоне, либо исходные ТКО направляются на мусоросортировочные комплексы для извлечения вторичных материалов, а остальные фракции размещаются на полигоне. Предложен сценарий, где биоразлагаемые пищевые отходы собирают в отдельный контейнер, а остальные компоненты ТКО в качестве смешанных отходов направляют на мусоросортировочные комплексы, и только «хвосты» сортировки размещают на полигоне.

Ключевые слова. Биоразлагаемые отходы, парниковые газы, сортировка отходов, размещение отходов.

Assessment of the possibility of reducing greenhouse gas emission from waste disposed at the MSW landfill

E.V. Vereshchak, I.O. Tikhonova*

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Dmitry Mendeleev University
of Chemical Technology of Russia,
9, Miusskaya Square, 125047, Moscow, Russian Federation

*Correspondence address: ekaterinavereschak@gmail.com

Abstract. In Moscow, about 8 million tons of MSW are generated per year, more than 50% of the total amount are biodegradable waste, which are source of

greenhouse gases when MSW is placed in landfills. Greenhouse gas (methane) emissions have been assessed using two methods for different morphological compositions of MSW. Calculations are also given for MSW sorting options with different percentage withdrawal of secondary materials and methane emissions are calculated too. Projected methane emissions from sorting of recycled materials and food waste composting have been markedly reduced. At a sorting level of 40%-50% emissions decreased by more than 2 times, which proves the need to remove more secondary materials (in particular paper and cardboard) during sorting.

Today in the Russian Federation there are 2 scenarios for the waste stream: unsorted MSW are placed in a landfill, or MSW are sent to waste sorting complexes, non-utilizable fractions are placed in a landfill. It is proposed to collect biodegradable food waste in a separate container, the rest of the MSW is sent to waste sorting complexes separately.

Keywords. Biodegradable waste, greenhouse gases, waste sorting, waste disposal.

Введение

На территории Москвы за 2020 год образовалось более 8 млн тонн твердых коммунальных отходов (ТКО), из них более 4.5 млн тонн приходится на потенциально разлагаемые отходы (Доклад ..., 2021). По данным Счетной палаты уровень переработки отходов в настоящее время не превышает 7%, а более 90% направляется на полигоны и свалки (Счетная палата, 2020). При размещении данных отходов на полигонах происходит выделение больших количеств парниковых газов – метана и диоксида углерода, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, в том числе и на климатические изменения.

Целью исследования было проведение оценки выбросов метана при различных сценариях размещения органических отходов на полигонах ТКО.

Материалы и методы

Информация о морфологическом составе ТКО получена из ряда источников (Систер и др., 2001; ИТС-15-2021; Постановление ..., 2016; АГС КОМПЛЕКС, 2020) и представлена в табл. 1.

Расчет выбросов метана выполнен по двум методикам: «Руководящие принципы МГЭИК» (МГЭИК, 2006) и «Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации», утв. распоряжением Минприроды РФ от 16.04.2015 г. № 15-р (Методические рекомендации ..., 2015). Обе эти методики учитывают в расчете долю потенциально разлагаемого органического вещества в общем количестве органического вещества, причем в состав потенциально разлагаемого органического вещества включают бумагу, тканевые материалы, садовые и парковые отходы, пищевые и древесные отходы.

Таблица 1. Морфологический состав ТКО, по массе %
Table 1. Morphological composition of MSW, by weight %

Компонент	Систер и др., 2001	ИТС 15-2021	Постановление ..., 2016	Отчет АГС КОМПЛЕКС, 2020
Пищевые отходы	40.0	33.5	34.0	31.0
Бумага, картон	33.0	39.0	19.0	25.0
Древесина	2.0	1.5	6.0	3.0
Металлы (черные, цветные)	4.0	4.5	4.0	5.0
Текстиль	4.0	4.0	3.0	5.0
Кости	1.0	1.0	0.0	1.0
Стекло	3.0	2.5	12.0	6.0
Кожа, резина	1.0	0.5	0.0	3.0
Камни	1.0	0.5	0.0	1.0
Полимерные материалы	4.0	5.5	14.0	7.0
Прочее	2.0	1.5	2.0	8.0
Отсев	5.0	6.0	6.0	-

Расчет выбросов метана был выполнен для условия, что 100% количества отходов (условно 100 000 т год⁻¹) будет размещено на полигоне (без предварительной сортировки). Для возможности осуществить сравнительный анализ полученные данные были переведены к тыс. тСО₂-экв год⁻¹ с коэффициентом пересчета выбросов метана – 21 (Росгидромет, приказ от 23.03.2001 № 40).

Результаты

Данные расчетов выбросов метана, полученные по двум Методикам, с учетом морфологического состава ТКО (без сортировки), приведены в табл. 2.

Таблица 2. Выбросы метана при различных морфологических составах ТКО, тыс. т СО₂-ЭКВ год⁻¹

Table 2. Methane emissions at various morphological compositions of MSW, thousand tons of CO₂-equivalent year⁻¹

Методика расчета	Систер и др., 2001	ИТС 15-2021	Постановление ..., 2016	Отчет АГС КОМПЛЕКС, 2020
Руководящие принципы МГЭИК, 2006	120	127	88	98
Методические рекомендации ..., 2015	119	126	90	96

Из табл. 2 видно, что в Методиках заложены сходные алгоритмы расчета выбросов метана: полученные данные выбросов близки по значениям. Дальнейшие прогнозные расчеты были проведены согласно Методике: «Руководящие принципы МГЭИК» (МГЭИК, 2006) на основе морфологического состава ИТС 15-2021.

Распоряжением Правительства РФ № 1589-р установлен Перечень видов отходов, захоронение которых запрещается, т.к. в их состав входят полезные компоненты (Распоряжение ..., 2017). А с 01.01.2019 запрещено размещение на полигонах отходов бумаги и изделий из бумаги, утративших потребительские свойства, которые являются потенциально разлагаемыми органическими отходами.

Далее в расчетах из состава ТКО были удалены виды отходов, входящие в вышеуказанный перечень, предполагая наличие обязательной сортировки (процентное содержание изымаемых вторичных материалов принимались на основании распределения авторов):

1. 0% сортировки – ТКО размещаются на полигоне без сортировки;
2. 20% сортировки – изымается 9.5% - бумаги и картона, 2.5% - стекла, 4.5% - черных и цветных металлов, 3.5% - полимерных материалов;
3. 30% сортировки – изымается 17.5% - бумаги и картона, 2.5% - стекла, 4.5% - черных и цветных металлов, 5.5% - полимерных материалов;
4. 40% сортировки – изымается 27.5% - бумаги и картона, 2.5% - стекла, 4.5% - черных и цветных металлов, 5.5% - полимерных материалов;
5. 50% сортировки – изымается 37.5% - бумаги и картона, 2.5% - стекла, 4.5% - черных и цветных металлов, 5.5% - полимерных материалов.

Содержание компонентов в отходах после сортировки приведено в табл. 3.

Таблица 3. Морфологический состав ТКО после сортировки, % масс

Table 3. Morphological composition of MSW after sorting, by weight %

Компонент	% извлечения утилизируемых фракций (сортировки)				
	0	20	30	40	50
Пищевые отходы	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5
Бумага, картон	39.0	29.5	21.5	11.5	1.5
Древесина	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Металлы (черные, цветные)	4.5	0	0	0	0
Текстиль	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Кости	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Стекло	2.5	0	0	0	0
Кожа, резина	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Камни	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Полимерные материалы	5.5	2.0	0	0	0
Прочее	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Отсев	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Согласно выбранной Методике и пересчитанному содержанию компонентов ТКО был выполнен расчет выбросов метана с условием, что оставшиеся компоненты после сортировки разместили на полигоне. Полученные данные в пересчете на тыс. т CO₂-экв год⁻¹ приведены на рис. 1.

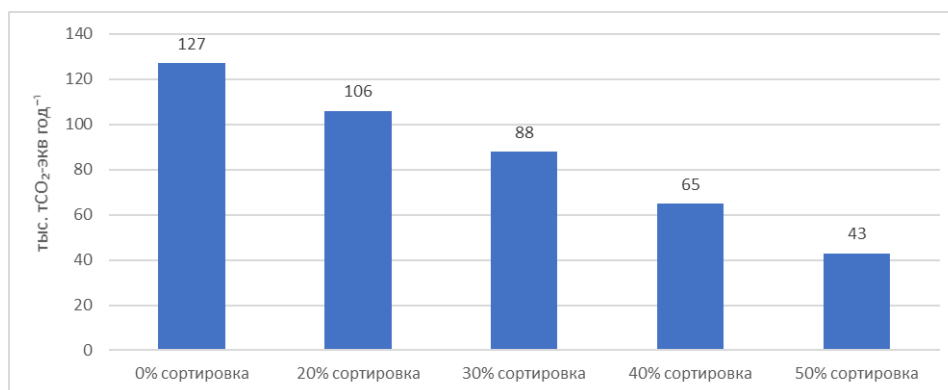


Рисунок 1. Выбросы метана при различной доле сортировке, тыс. т CO₂-экв год⁻¹ (расчет выполнен по «Руководящие принципы МГЭИК», 2006)

Figure 1. Methane emissions at various sorting, thousand tons of CO₂-equivalent year⁻¹ (calculated according to the IPCC, 2006)

Из рис. 1 видно, что со снижением в составе ТКО потенциально разлагаемых компонентов – бумаги и картона – существенно снижаются выбросы метана.

Следует отметить, что в составе ТКО не только бумага и картон являются компонентами, которые разлагаются с выделением метана, но и пищевые отходы тоже входят в данную категорию. Нами был выполнен расчет выбросов метана с уже рассчитанными данными при сортировке, но с предположением наличия отдельного сбора пищевых отходов с дальнейшей биотехнологической обработкой. Наиболее известным и эффективным методом является компостирование с получением товарного продукта – технического грунта, который можно использовать, например, для дорожного строительства. В табл. 4 представлены технологии компостирования органических отходов, которые получили положительное заключение от государственной экологической экспертизы и успешно реализуются (сайт Росприроднадзор <https://rpn.gov.ru/activity/services/28159/>).

Таблица 4. Возможные технологии компостирования

Table 4. Possible composting technologies

Наименование технологии	Компания
Технология обработки, обезвреживания и утилизации органических отходов методом компостирования в климатической камере	ООО «ВИВА ТРАНС»
Получение технического грунта «Компостид» методом обработки и полевого компостирования отходов, размещенных на полигонах и свалках ТКО	ООО «Юринформ»
Технология компостирования органической фракции твердых коммунальных отходов	ООО «АгроКомпост»
Технология комплексной обработки и утилизации органических отходов методом тоннельного компостирования	ООО «НПО «Экоматика»

Полученные данные после сортировки и компостирования пищевых отходов в пересчете на тыс. тСО₂-экв год⁻¹ приведены на рис. 2.

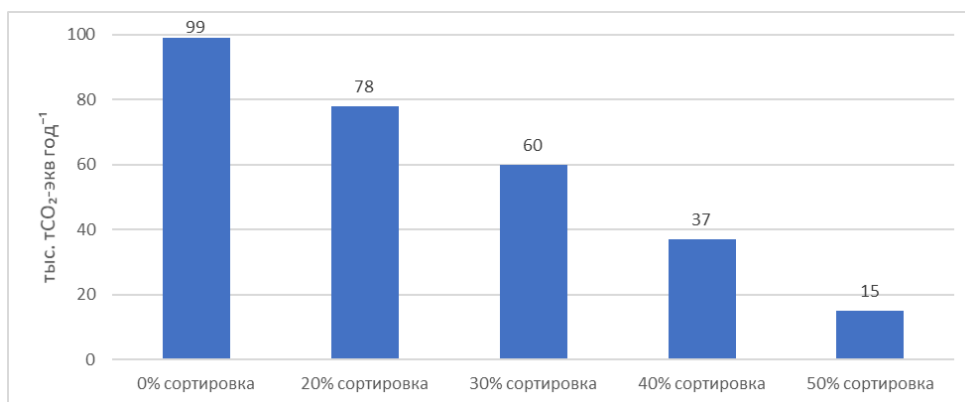


Рисунок 2. Выбросы метана после сортировки и при компостировании пищевых отходов, тыс. т СО₂-экв год⁻¹ (расчет выполнен по Руководящие принципы МГЭИК, 2006)

Figure 2. Methane emissions after sorting and composting of food waste, thousand tons of CO₂-equivalent year⁻¹ (calculated according to the IPCC, 2006)

Из рис. 2 видно, насколько значимое снижение выбросов метана прогнозируется при отсутствии размещения пищевых отходов (а также отходов бумаги и картона) на полигоне ТКО.

Рассмотрим несколько сценариев движения потоков ТКО:

1 сценарий (см. рис. 3а) – ТКО от населения собирается в один контейнер и в виде смешанных отходов размещается на полигоне, в результате чего образуется выброс 127 тыс. тонн СО₂-экв год⁻¹.

2 сценарий (см. рис. 3б) – ТКО от население собирается в один контейнер и в виде смешанных отходов направляются на мусоросортировочный комплекс, где при сортировке отбирают 20% целевых компонентов – вторичных материалов, а остальные компоненты ТКО размещаются на полигоне, в результате чего образуется 106 тыс. тонн СО₂-экв год⁻¹.

3 сценарий (см. рис. 3в) – предполагается установка дополнительного контейнера для сбора пищевых отходов, которые вывозятся на компостирование с получением технического грунта. Остальные компоненты в виде смешанных отходов поступают на мусоросортировочный комплекс, где при сортировке отбирают 20% вторичных материалов. В итоге на размещение на полигон направляются только «хвосты» сортировки, в результате чего образуется 78 тыс. тонн СО₂-экв год⁻¹.

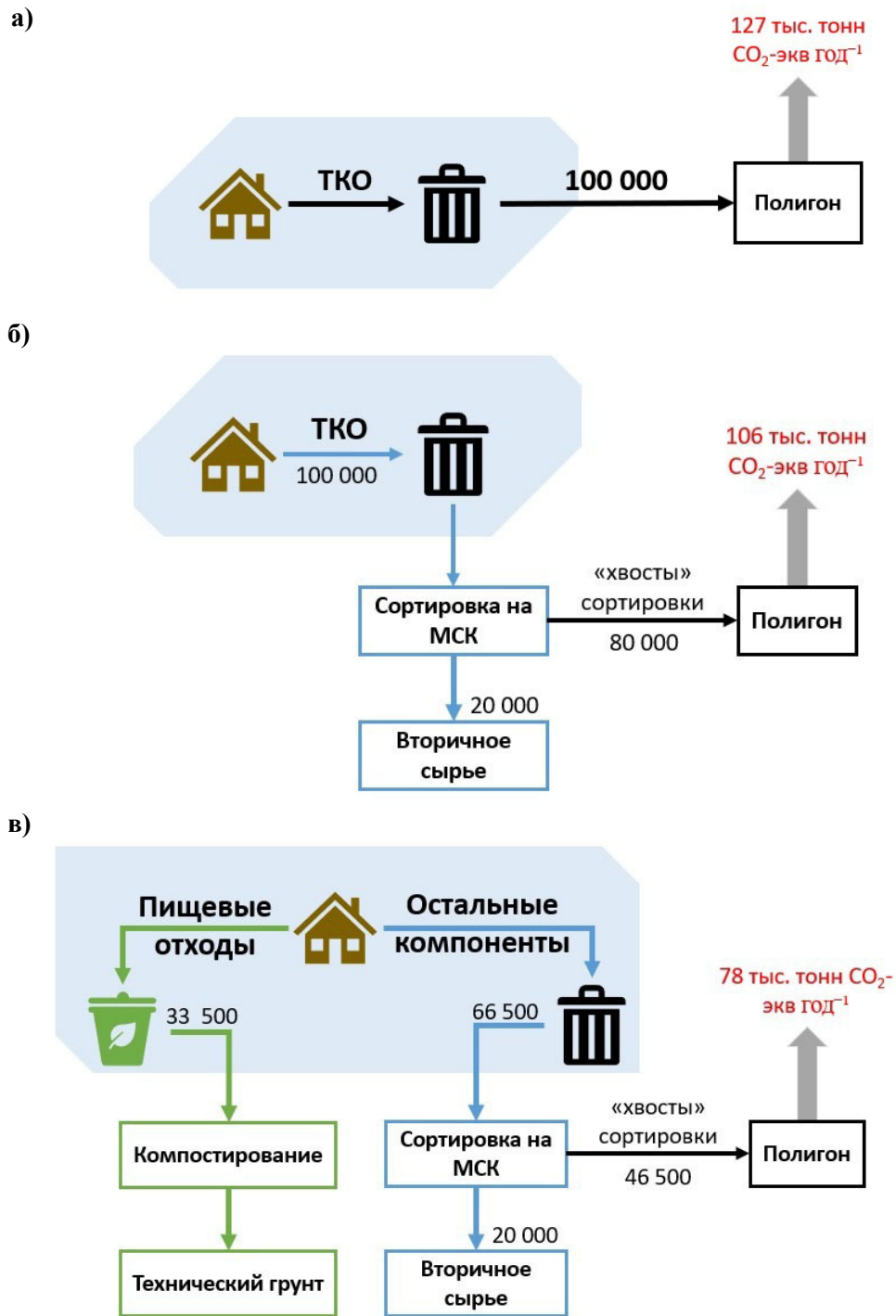


Рисунок 3. Движения потоков ТКО, т год⁻¹ ТКО
а) 1 сценарий, б) 2 сценарий, в) 3 сценарий

Figure 3. Flow movements of MSW, tons year⁻¹ of MSW
а) 1 scenario, б) 2 scenario, в) 3 scenario

Заключение

Выбросы парниковых газов (метана) от органических биоразлагаемых отходов – бумаги, картона и пищевых отходов – составляют основную часть от общих выбросов парниковых газов на объектах размещения отходов.

Для сокращения данных выбросов, а также для снижения объема отходов, размещаемых на полигоне, необходимо направлять ТКО на мусоросортировочные комплексы для изъятия вторичных материалов. Согласно проведенным расчетам, наблюдается заметное уменьшение прогнозируемых выбросов метана после сортировки вторичных материалов и при компостировании пищевых отходов. При уровне сортировки 40-50% ожидается уменьшение выбросов более чем в 2 раза, что доказывает необходимость изъятия большего количества вторичных материалов, в частности бумаги и картона, во время сортировки.

Список литературы

АГС КОМПЛЕКС (2020) *Морфология мусора. Примерный состав ТБО в Москве и области*. Электронный ресурс. URL: <https://www.musorunet.ru/> (дата обращения 12.01.2022).

Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2020 году (2021) Москва, 330 с.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям 15-2021 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов) (2021). Электронный ресурс. URL: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html> (дата обращения 12.01.2022).

МГЭИК (2006) *Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК*. Подготовлено Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Под ред. Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т. и Танабе К., т. 5. Отходы, ИГЕС, Япония.

Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (2015) Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 № 15-р.

Постановление Правительства Московской области от 22.12.2016 № 984/47 «*Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Московской области*».

Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р «*Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается*».

Росгидромет, приказ от 23.03.2001 № 40. *Об утверждении Порядка централизованного учета документов о выбросах и стоках парниковых газов и результатов климатических проектов, снижающих антропогенные выбросы*

или увеличивающих стоки парниковых газов субъектами хозяйственной деятельности, осуществляющими свою деятельность на территории Российской Федерации.

Сайт Росприроднадзор. Государственная услуга по организации и проведению государственной экологической экспертизы федерального уровня. – Электронный ресурс. – URL: <https://rpn.gov.ru/> (дата обращения 12.01.2022).

Систер и др. (2001) *Справочник «Твердые бытовые отходы: Сбор, транспортировка и обезвреживание»*, М., АКХ им. К.Д. Памфилова, 54 с.

Счетная палата (2020) *Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ выполнения мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность Российской Федерации, в части ликвидации объектов накопленного вреда и формирования комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами»*, 39 с.

References

AGS KOMPLEKS (2020) *Morfologiya musora. Primernyj sostav TBO v Moskve i oblasti* [Morphology of garbage. The approximate composition of MSW in Moscow and the region]. Available at: <https://www.musorunet.ru/> (accessed 12.01.2022).

Doklad o sostoyanii okruzhayushchej sredy v gorode Moskve v 2020 godu [Report on the state of the environment in the city of Moscow in 2020] (2021) Moscow, Russia, 330 p.

Informacionno-tehnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam 15-2021. Utilizaciya i obezvrezhivanie othodov (krome termicheskikh sposobov) [Information and technical handbook on best available technologies 15-2021. Disposal and disposal of waste (except for thermal methods)] (2021) Available at: URL: <http://burondt.ru/index/its-ndt.html> (accessed 12.01.2022).

MGEIK (2006) *Rukovodyashchie principy nacional'nyh inventarizacij parnikovyh gazov MGEIK. Podgotovleno Programmoj MGEIK po nacional'nyh kadastram parnikovyh gazov* [Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the IPCC program for national greenhouse gases]. In Iggleston H.S., Buendia L., Miva K., Ngara T. i Tanabe K. (ed.), vol. 5, Othody, IGES, Yapan.

Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu dobrovol'noj inventarizacii ob"ema vybrosov parnikovyh gazov v sub"ektah Rossijskoj Federacii [Methodical recommendations for voluntary inventory of greenhouse gas emissions in the constituent entities of the Russian Federation] (2015) Rasporyazhenie Minprirody Rossii ot 16.04.2015 no. 15-r. Moscow, Russia.

Postanovlenie Pravitel'stva Moskovskoj oblasti ot 22.12.2016 no. 984/47 “*Ob utverzhdenii territorial'noj skhemy obrashcheniya s othodami Moskovskoj oblasti*” [Decree of the Government of the Moscow Region dated December 22, 2016 No.

984/47 "On approval of the territorial scheme of the waste of the Moscow region"], Moscow, Russia.

Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 25.07.2017 no. 1589-r "*Ob utverzhdenii perechnya vidov othodov proizvodstva i potrebleniya, v sostav kotorykh vkhodyat poleznye komponenty, zahoroneniye kotorykh zapreshchaetsya*" [Order of the Government of the Russian Federation of July 25, 2017 No. 1589-r "On approval of a list of types of production and consumption waste, which includes useful components, the burial of which is prohibited"], Moscow, Russia.

Rosgidromet, prikaz ot 23.03.2001 no. 40. *Ob utverzhdenii Poryadka centralizovannogo ucheta dokumentov o vybrosah i stokah parnikovyykh gazov i rezul'tatov klimaticheskikh proektov, snizhayushchih antropogennyye vybrosy ili uvelichivayushchih stoki parnikovyykh gazov sub"ektami hozyajstvennoy deyatel'nosti, osushchestvlyayushchimi svoyu deyatel'nost' na territorii Rossijskoj Federacii* [Roshydromet, order of 23.03.2001 No. 40. On approval of the procedure for centralized accounting of documents on emissions and docks of greenhouse gases and the results of climate projects that reduce anthropogenic emissions or increasing greenhouse gas strokes in business activities operating in the territory of the Russian Federation], Moscow, Russia.

Sajt Rosprirodnadzor. Gosudarstvennaya ushuga po organizacii i provedeniyu gosudarstvennoy ekologicheskoy ekspertizy federal'nogo urovnya [Site Rosprirodnadzor. Government service for the organization and conduct of the state environmental impact assessment of the federal level]. Available at: URL: <https://rpn.gov.ru/> (accessed 12.01.2022).

Sister i dr., (2001) *Spravochnik «Tverdye bytovye othody: Sbor, transportirovka i obezvrezhivanie»* [Handbook "Solid household waste: collection, transportation and neutralization"], AKH im. K.D. Pamfilova, Moscow, Russia, 54p.

Schetnaya palata (2020) *Otchet o rezul'tatah ekspertno-analiticheskogo meropriyatiya «Analiz vypolneniya meropriyatij, obespechivayushchih ekologicheskuyu bezopasnost' Rossijskoj Federacii, v chasti likvidacii ob"ektov nakoplennoy vreda i formirovaniya kompleksnoj sistemy obrashcheniya s tverdymi kommunal'nymi othodami»* [Report on the results of the expert and analytical event "Analysis of the implementation of measures to ensure the environmental safety of the Russian Federation, in terms of eliminating the accumulated harm facilities and the formation of a comprehensive system of solid communal waste management system"], Moscow, Russia, 39p.

Статья поступила в редакцию (Received): 22.02.2022;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 01.03.2022 г.;

Принята к публикации (Accepted): 10.04.2022.

Для цитирования / For citation

Верещак, Е.В., Тихонова, И.О. (2022) Оценка возможности снижения выбросов парниковых газов от отходов, размещаемых на полигоне ТКО, *Эко-*

логический мониторинг и моделирование экосистем, т. XXXIII, № 1-2, с. 38-48, DOI: 10.21513/0207-2564-2022-1-2-38-48.

Vereshchak, E.V., Tikhonova I.O. (2022) Assessment of the possibility of reducing greenhouse gas emission from waste disposed at the MSW landfill, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, т. XXXIII, № 1-2, с. 38-48, DOI: 10.21513/0207-2564-2022-1-2-38-48.