

УДК: 338:502.15
JEL Q53

Н.С. Рогачев

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН,
Новосибирск, Россия

**Методика учета региональных особенностей России при разработке мер
по снижению выбросов парниковых газов от сферы обращения
с твердыми коммунальными отходами**

Аннотация. В статье предлагается методика регионализации оценок выбросов парниковых газов от твердых коммунальных отходов (ТКО) в России. Приводится информация по вкладу ТКО в общий объем выбросов и динамика таких выбросов за последние 30 лет. Детально описывается порядок расчета удельной оценки выбросов метана от захоронения ТКО. Описываются ключевые факторы межрегиональной дифференциации относительно выбро-

сов парниковых газов от твердых коммунальных отходов, к которым относятся ежегодный объем захоронения ТКО, количество накопленных на полигонах отходов и среднедушевое образование ТКО в регионах России. По каждому из факторов приводятся численные оценки выбросов по стране с выделением регионов-лидеров и аутсайдеров. Показано, что по выбросам от захоронения отходов в 2021 году лидерами стали Краснодарский край, Московская, Ленинградская и Свердловская области. Ежегодные выбросы парниковых газов от накопленных на свалках и полигонах за последние 30 лет ТКО оказались наибольшими в Москве, Московской области, Краснодарском крае, Санкт-Петербурге и Свердловской области. Среднедушевые выбросы от ТКО оказались наиболее значительными в Ленинградской, Московской, Магаданской и Амурской областях.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, захоронение, выбросы парниковых газов, регионализация, методика, дифференциация.

N.S. Rogachev

Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (Novosibirsk, Russia)

**Methodology for taking into account the regional characteristics of Russia
when developing measures to reduce greenhouse gas emissions
from the municipal solid waste management system**

Abstract. The article proposes a methodology for regionalization of estimates of greenhouse gas emissions from municipal solid waste (MSW) in Russia. Information is provided on the contribution of MSW to the total volume of emissions and the dynamics of such emissions over the past 30 years. The procedure for calculating the specific estimate of methane emissions from MSW disposal is described in detail. The key factors of interregional differentiation in terms of greenhouse gas emissions from municipal solid waste are described, which include the annual volume of MSW disposal, the amount of waste accumulated at landfills, and the average per capita generation of MSW in the regions of Russia. For each of the factors, numerical estimates of emissions for the country are given, with the identification of leading regions and outsiders. It is shown that in terms of emissions from waste disposal in 2021, the Krasnodar Territory, Moscow, Leningrad and Sverdlovsk Regions became the leaders. Annual greenhouse gas emissions from MSW accumulated in landfills over the past 30 years have been the largest in Moscow, the Moscow Region, the Krasnodar Territory, St. Petersburg and the Sverdlovsk Region. Per capita emissions from MSW turned out to be the most significant in the Leningrad, Moscow, Magadan and Amur regions.

Keywords: municipal solid waste, disposal, greenhouse gas emissions, regionalization, methodology, differentiation.

Введение. Вопросы снижения антропогенного негативного воздействия на окружающую среду становятся с каждым годом все более острыми и актуальными в силу поступательного увеличения этого влияния на экосистемы по всему миру. Проблематика снижения выбросов парниковых газов (ПГ), декарбонизация мировой экономики и ее переход на «зеленую» модель функционирования стали одними из главных пунктов глобальной экологической повестки. В первую очередь современные исследования, что объяснимо, фокусируются на отраслях экономики, ответственных за большую долю выбросов ПГ. К таким отраслям относятся добывающая, обрабатывающая промышленность, топливно-энергетический комплекс. При этом целесообразным также видится исследование вопросов снижения выбросов парниковых газов от деятельности по обращению с твердыми коммунальными отходами, так как данный процесс является относительно простым и экономически эффективным относительно других секторов экономики [Wünsch, Tsybina, 2022]. В настоящей работе изложена методика оценки влияния сферы обращения с ТКО России на выбросы ПГ с учетом регионального аспекта.

Вклад сферы обращения с ТКО в общий объем выбросов парниковых газов по России. Выбросы ПГ, за которые ответственна система обращения с ТКО, в основном связаны с выделением метана в результате разложения органических отходов на свалках и полигонах [Wuensch, Kosina, 2019]. Мировая система по обращению с ТКО ежегодно продуцирует около 1,6 гигатонн (Гт) эквивалента углекислого газа, что составляет примерно 4% от общемировых выбросов парниковых газов [Fischedick et al., 2014], [Papageorgiou et al., 2009], [Vergara, Tchobanoglous, 2012].

В России за период 1990–2019 гг. наблюдается существенное сокращение общего количества выбросов парниковых газов на 32,9% [Национальный..., 2021]. В 1990 г. Выбросы ПГ составили 3,2 Гт, а в 2019 г. – 2,1 Гт без учета сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). Однако, выбросы от деятельности по обращению с твердыми отходами демонстрируют противоположную динамику, увеличившись более чем в два раза с 33,2 мегатонн (Мт) в 1990 г. до 72,9 Мт в 2019 г. При этом важно отметить, что около 90% выбросов от этого источника составили именно выбросы от ТКО. Причиной столь высокого роста выбросов является ежегодно увеличивающееся количество ТКО, накапливаемых на полигонах страны. При этом срок разложения органического вещества ТКО на свалках и полигонах составляет 30–40 лет [Национальный..., 2021], что делает невозможным замещение старых отходов новыми с точки зрения объемов выбросов ПГ.

Первостепенной является задача получения оценки удельных ежегодных выбросов метана от 1 единицы массы захораниваемых ТКО, например, тонны. Для этого на первом этапе был подготовлен временной ряд по ежегодному образованию ТКО в РФ за период 1991–2021 гг. Данные за 2021 г. были взяты из отчета Росприроднадзора [Информация..., 2021], за 1999–2020 гг. – из официальных публикаций и баз данных Росстата [ЕМИСС..., 2020], [Охрана..., 2001], [Охрана..., 2008]. Статистическая информация об образовании ТКО в период 1991–1998 гг. отсутствует, поэтому получение данных для этого временного интервала было проведено с помощью калибровки. Для оценки использовались сведения о численности населения страны [Численность..., 2022] и среднедушевом образовании ТКО в год. Так, в 1999, 2000 и 2001 годах этот показатель составил 0,98, 1,03 и 1,02 м³. Для расчетов за 1991–1998 гг. было принято решение использовать значение 0,95 м³, что видится оптимальным с точки зрения тяжелой экономической ситуации в стране в данный период, которая является сдерживающим фактором для образования отходов. Таким образом, ежегодные объемы образования ТКО за период 1991–1998 гг. были рассчитаны следующим образом:

$$V_i = 0,95 * P_i \quad (1)$$

Где:

V_i – объем образования ТКО в РФ в году i , м³;

P_i – численность населения России в году i , тыс. человек.

Важно отметить, что исходные данные по образованию ТКО во всех вышеперечисленных источниках представлены в кубических метрах. Для их преобразования в данные по массе было использовано значение плотности ТКО, равное 160 кг/м³, которое было определено после анализа действующих нормативов накопления в регионах-лидерах РФ по объемам образования ТКО [Постановление..., 2017] [Постановление..., 2016] [Постановление..., 2018] [Приказ..., 2020] [Распоряжение..., 2019] [Распоряжение..., 2017] [Распоряжение..., 2020].

$$Q_i = \frac{(160 * V_i)}{1000} \quad (2)$$

где Q_i – общее образование ТКО в РФ в году i , тыс. тонн.

На следующем этапе сформированный ряд данных по массе ежегодного образования ТКО в России был сопоставлен со сведениями по выбросам метана от захоронения ТКО на свалках и полигонах [Национальный..., 2021]. В итоге для каждого рассмотренного года был вычислен показатель удельных выбросов ПГ на 1 тонну захораниваемых ТКО:

$$Em_{pti} = \left(\frac{Em_i}{Q_i} \right) * 100, \quad (3)$$

где Em_{pti} – удельные выбросы метана в году i от захоронения 1 тонны ТКО, кг CO₂ эквивалента; Em_i – общие выбросы метана в году i от захоронения ТКО в РФ, тыс. тонн.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные удельные выбросы ПГ на 1 тонну захораниваемых ТКО

Год	Образование ТКО в РФ, тыс. тонн	Выбросы от захоронения ТКО в РФ, тыс. тонн	Выбросы на 1 тонну захоронения ТКО, кг.
1995	22 553.1	1 270.0	56.3
2000	24 245.1	1 426.0	58.8
2005	29 820.3	1 618.0	54.3
2010	37 665.8	1 941.0	51.5
2011	38 582.6	2 017.0	52.3
2012	40 926.9	2 094.0	51.2
2013	41 743.7	2 179.0	52.2
2014	42 046.7	2 295.0	54.6
2015	42 647.5	2 373.0	55.6
2016	43 001.2	2 448.0	56.9
2017	43 907.6	2 521.0	57.4
2018	44 069.4	2 585.0	58.7
2019	48 703.3	2 646.0	54.3
		Среднее	54.9

Источник: рассчитано автором по данным [ЕМИСС..., 2020], [Охрана..., 2001], [Охрана..., 2008].

Предполагается, что ежегодный прирост выбросов ПГ от ТКО обусловлен годовым образованием и захоронением отходов на полигонах. Поэтому более точные оценки можно было бы получить при использовании объемов захоронения, а не образования ТКО, однако данная статистика стала доступна лишь с 2020 года после вступления в силу Приказа Росстата от 09.10.2020 № 627. Однако, почти 90% образующихся в РФ ТКО отправляются на захоронение [Информация..., 2021], поэтому возникающая статистическая погрешность оказывается незначительной.

Можно заметить, что удельные выбросы метана на 1 тонну ТКО оказались достаточно стабильными на протяжении всего периода 1995–2019 гг., варьируясь от 51,2 кг до 58,8 кг, что может сигнализировать об относительно постоянной доле биологических отходов в общей массе ТКО. Принципиально подобная величина удельных выбросов говорит о том, что около 5–6% от массы размещенных на полигонах и свалках твердых коммунальных отходов оказываются в атмосфере в виде выбросов парниковых газов, что усиливает негативное влияние образующихся ТКО на окружающую среду. Среднее же значение удельных выбросов за рассматриваемый период составило 54,9 кг CO₂ эквивалента на 1 тонну захоронения ТКО, именно эта оценка будет использована в дальнейшем для исследования межрегиональных различий относительно выбросов парниковых газов от ТКО.

Межрегиональные различия в объеме выбросов парниковых газов от ТКО. Первым наиболее естественным фактором межрегиональной дифференциации относительно выбросов ПГ от ТКО является ежегодный объем захоронения отходов, который, в свою очередь, напрямую зависит от общего объема их образования и уровня развития в регионе альтернативных методов обращения с ТКО. оценка по выбросам ПГ от захоронения ТКО была рассчитана следующим образом:

$$Em_{ki} = \frac{54,9 \cdot L_{ki}}{1000}, \quad (4)$$

Где Em_{ki} – выбросы от захоронения ТКО в субъекте k в году i , тыс. тонн CO_2 экв.; L_{ki} – масса направленных на захоронение ТКО в субъекте k в году i , тыс. тонн.

По данным Росприроднадзора, в 2021 году на всей территории РФ были захоронены 44,8 млн тонн отходов, что дает суммарную оценку выбросов по стране от этого источника в 2,46 млн тонн CO_2 эквивалента. Данные по отдельным субъектам России представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка выбросов ПГ от захоронения ТКО в 2021 г.
по отдельным регионам РФ

№	Субъект РФ	Образование ТКО в 2021 г., тыс. тонн	Направлено ТКО на захоронение в 2021 г., тыс. тонн	Выбросы от захоронения ТКО в 2021 г., тыс. тонн CO_2 эквивалента
1	Краснодарский край	1 828.6	7 259.8	398.6
2	Московская область	5 304.5	3 620.4	198.8
3	Ленинградская область	2 007.4	1 605.7	88.2
4	Свердловская область	1 459.5	1 436.2	78.8
5	Республика Татарстан (Татарстан)	1 545.0	1 412.8	77.6
6	Ростовская область	1 533.5	1 270.2	69.7
7	Самарская область	1 295.8	1 237.2	67.9
8	Город федерального значения Москва	5 193.5	1 186.3	65.1
...	...	...	...	...
66	Город Федерального значения Санкт-Петербург	336.3	177.7	9.8
	...	...	...	...
81	Еврейская автономная область	72.0	36.7	2.0
82	Республика Северная Осетия-Алания	193.1	30.2	1.7
83	Республика Ингушетия	33.9	26.5	1.5
84	Чукотский автономный округ	26.1	14.1	0.8
85	Ненецкий автономный округ	12.2	0.0	0.0
	Российская Федерация	50 502.6	44 790,6	2 459,0

Источник: рассчитано автором на основании [Информация..., 2021].

Среди субъектов РФ наибольшими стали выбросы в Краснодарском крае (398,6 тыс. тонн CO_2 эквивалента). Во многом этот факт объясняется большим количеством накопленных к началу 2021 г. неразмещенных ТКО (6,7 млн тонн при 1,8 млн тонн новых отходов). Следом по выбросам от захоронения с двукратным отставанием идет Московская область (198,8 тыс. тонн CO_2 эквивалента). Важно отметить, что существенный вклад в этот показатель сделали отходы, фактически образованные на территории Москвы, но вывезенные на территорию области для размещения. Этот факт подтверждает занятое столицей лишь 8-е место по стране по объему захоронения ТКО, при том, что по образованию отходов Москва стала лидером в 2021 г. (5,2 млн. тонн). Также среди субъектов с наибольшими выбросами метана от захоронения ТКО оказались Ленинградская (88,2 тыс. тонн CO_2 экв.) и Свердловская (78,8) области, Республика Татарстан (77,6). Неожиданной видится позиция Санкт-Петербурга в данном рейтинге. Судя по всему, имеющиеся данные Росприроднадзора по

данному субъекту являются некорректными, так как существенно заниженной выглядит оценка по образованию ТКО, которое оказалось более чем в 15 раз ниже, чем в Москве, при разнице в численности населения лишь в два раза. Наименьшие выбросы парниковых газов от захоронения ТКО отмечаются в Ненецком и Чукотском АО, а также в республиках Ингушетия, Северная Осетия-Алания и Еврейской АО, оценка выбросов по которым не превышает 2 тыс. тонн CO₂ эквивалента.

Помимо ежегодного образования отходов существенным источником выбросов ПГ являются накопленные в местах размещения ТКО, ведь, как уже было упомянуто выше, разложение органических отходов занимает 30–40 лет, поэтому размещенные отходы еще долгое время будут являться источником негативного воздействия на окружающую среду региона в виде выбросов парниковых газов в атмосферу. Оценка выбросов метана от накопленных на полигонах и свалках рассчитывается следующим образом:

$$Em_{ski} = (54,9 * L_{ski})/1000 \quad (5)$$

Где:

Em_{ski} – выбросы от накопленных на полигонах и свалках ТКО в субъекте k в году i , тыс. тонн CO₂ экв.;

L_{ski} – масса накопленных на полигонах и свалках ТКО в субъекте k в году i за последние 30 лет, тыс. тонн.

Данные за период 1991–2020 гг. ТКО по отдельным регионам РФ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Выбросы от накопленных в местах размещения ТКО по отдельным субъектам РФ

№	Субъект РФ	Накоплено ТКО за период 1991-2020гг., тыс. тонн	Ежегодные выбросы от накопленных за 1991-2020 гг. ТКО, тыс. тонн CO ₂ -эквивалента
1	Город федерального значения Москва	102 973.1	5 653.2
2	Московская область	70 589.8	3 875.4
3	Краснодарский край	37 625.1	2 065.6
4	Город Федерального значения Санкт-Петербург	32 535.4	1 786.2
5	Свердловская область	32 164.6	1 765.8
...	...	...	...
84	Республика Алтай	435.5	23.9
85	Ненецкий автономный округ	381.9	21.0
	<i>Российская федерация</i>	<i>979 352.3</i>	<i>53 766.4</i>

Источник: рассчитано автором по данным [ЕМИСС..., 2020], [Охрана..., 2001], [Охрана..., 2008].

Так, ежегодные выбросы от накопленных на полигонах и свалках ТКО за период 1991–2020 гг. в Москве оценены в 5,7 млн тонн CO₂ эквивалента, что является наибольшим значением по стране. Следом идет Московская область (3,9 млн), Краснодарский край (2,1 млн), Санкт-Петербург и Свердловская область (по 1,8 млн). Минимальными оказались оценки выбросов в Республике Алтай и Ненецком АО.

Следующим важным фактором, определяющим разницу между регионами страны в контексте выбросов метана от деятельности по обращению с ТКО, является ежегодное образование ТКО на одного жителя субъекта, которое может значительно разниться. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднедушевое образование ТКО и оценка выбросов ПГ в 2021 г.
в отдельных субъектах РФ

№	Субъект РФ	Образование ТКО в 2021г., тыс. тонн	Численность населения 2021, чел.	Образование ТКО в 2021 г. на душу населения, кг	Выбросы от захоронения ТКО в 2021 г. на душу населения при предположении о 100% захоронении, кг CO ₂ экв.
1	Ленинградская область	2 007.4	1 892 711	1 060.6	58.2
2	Московская область	5 304.5	7 708 499	688.1	37.8
3	Магаданская область	93.1	139 034	669.7	36.8
4	Амурская область	468.6	781 846	599.3	32.9
5	Новгородская область	335.6	592 415	566.5	31.1
6	Пензенская область	696.4	1 290 898	539.5	29.6
7	...	...	...	...	...
8	Республика Бурятия	126.4	985 431	128.3	7.0
9	Республика Ингушетия	33.9	515 564	65.8	3.6
	<i>Российская Федерация</i>	<i>50 502.6</i>	<i>146 171 015</i>	<i>345.5</i>	<i>18.9</i>

Источник: рассчитано автором на основании [Информация..., 2021].

Так, абсолютным лидером в 2021 году стала Ленинградская область со значением 1060,6 кг на душу населения, что соответствует ежегодным выбросам в размере 58,2 кг CO₂ экв. при предположении о 100% захоронении всех отходов. Следом с отставанием в 1,5 раза идут Московская (37,8 кг CO₂-экв.) и Магаданская (36,8 кг) области. Высокой также оказалась оценка выбросов ПГ на душу населения в Амурской (32,9 кг), Новгородской (31,1) и Пензенской (29,6) областях. При этом наименьшим значение показателя стало в Республике Бурятия (7 кг) и Ингушетии (3,6 кг). Таким образом, разница в среднедушевом образовании ТКО, а значит и объеме выбросов ПГ, достигает десяти и более раз при сравнении различных регионов страны. Частично межрегиональная дифференциация может объясняться природно-климатическими условиями проживания населения, уровнем дохода и другими факторами, однако столь существенный разрыв в значениях позволяет говорить и о недостаточном качестве статистических данных и их слабой согласованности между регионами страны. Таким образом, различное удельное образование ТКО на душу населения также является существенным фактором межрегиональной дифференциации относительно объемов выбросов ПГ от ТКО.

Закключение. Вопросы оценки и снижения выбросов парниковых газов от процессов обращения с твердыми коммунальными отходами остаются малоисследованными в современной литературе, что во много связано с относительно небольшой долей данного источника в общем объеме выбросов. Однако, проблематика обращения с ТКО становится все более актуальной с каждым годом в силу роста объемов образования отходов, переполненности существующих полигонов для их размещения, повышения негативного воздействия на окружающую среду и роста социальной напряженности. Этот процесс также влияет и на объемы выбросов парниковых газов от захоронения ТКО, которые за последние 30 лет увеличились более чем в два раза. В этих условиях становится важной и целесообразной выработка комплексных мер по снижению количества таких выбросов за счет перехода на более современные и «зеленые» методы обращения с отходами. Однако, проработка таких механизмов невозможна без учета регионального аспекта и факторов межрегиональной дифференциации

среди субъектов страны. К основным таким факторам относятся объемы ежегодного захоронения ТКО, количество накопленных на свалках и полигонах отходов, среднедушевое образование ТКО, степень развития альтернативных методов обращения. Эти условия напрямую влияют на оценку текущих объемов выбросов региона и позволяют выработать стратегию реформирования отрасли с учетом специфики субъекта РФ.

ЛИТЕРАТУРА

ЕМИСС (2020). Единая межведомственная информационно – статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/36702> (дата обращения 07.11.2022).

Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления (2021). URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения 07.11.2022).

Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2019 гг. (2021). URL: <https://unfccc.int/documents/273477> (дата обращения 02.11.2022).

Охрана окружающей среды в России. Основные показатели работы спецтранспорта по уборке территорий городских поселений по регионам Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики (2001). URL: https://gks.ru/bgd/regl/b01_54/IssWWW.exe/Stg/d010/i011210r.htm (дата обращения 05.11.2022).

Охрана окружающей среды в России. Основные показатели работы спецтранспорта по уборке территорий городских поселений по регионам Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики (2008). URL: https://gks.ru/bgd/regl/b08_54/IssWWW.exe/Stg/11-09.htm (дата обращения 05.11.2022).

Постановление Губернатора Краснодарского края от 17 марта 2017 года N 175 Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов в Краснодарском крае (с изменениями на 19 августа 2019 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/411731346> (дата обращения 06.11.2022).

Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 12 декабря 2016 года № 922 Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов в Республике Татарстан (с изменениями на 26 ноября 2018 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/429093568> (дата обращения 06.11.2022).

Постановление Министерства ЖКХ Ростовской области от 8 февраля 2018 года № 2 Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Ростовской области (с изменениями на 26 ноября 2021 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/553171970> (дата обращения 06.11.2022).

Приказ Правительства Ленинградской области от 29 апреля 2020 года № 2 Об установлении нормативов накопления твердых коммунальных отходов (с изменениями на 28 апреля 2021 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/564827996> (дата обращения 06.11.2022).

Распоряжение Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы № 01-01-14-513/19 от 27.11.2019 «Об утверждении нормативов накопления ТКО». URL: <https://www.mos.ru/dgkh/documents/deistvuiushchie-normativnye-pravovye-akty/view/233590220/> (дата обращения 06.11.2022).

Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 14.04.2017 № 30-р Об установлении нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Санкт-Петербурга. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/energ_kom/documents/npa/7118/ (дата обращения 06.11.2022).

Распоряжение от 20.08.2020 № 301-РВ «Об утверждении коэффициента плотности твердых коммунальных отходов на территории Московской области». URL: <https://mgkh.mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/rasporyazheniya/rasporyazhenie-ot-20-08-2020-301-rv-ob-utverzheni> (дата обращения 06.11.2022).

Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 года (с изменениями на 14 июля 2022 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901711591> (дата обращения 07.11.2022).

Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года. Федеральная служба государственной статистики (2022). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/mun_obr2021.rar (дата обращения 04.11.2022).

Fischedick M, Roy J, Abdel-Aziz A, Acquaye A, Allwood J, Ceron J-P, Geng Y, Kheshgi H, Lanza A, Perczyk D, Price L, Santalla E, Sheinbaum C, Tanaka K. Industry. Climate change 2014: Mitigation of climate change // Contribution of working group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

Papageorgiou A, Barton JR, Karagiannidis A. Assessment of the greenhouse effect impact of technologies used for energy recovery from municipal waste: a case for England // Journal of Environmental Management. 2009. Vol 90(10), pp. 2999–3012.

Vergara SE, Tchobanoglous G. Municipal solid waste and the environment: a global perspective // Annual Review of Environment and Resources. 2012. Vol 37, pp. 277–309.

Wuensch C, Kocina R. Global development of greenhouse gas emissions in the waste management sector // Detritus. 2019. Vol 7, pp. 104–108.

Wünsch C., Tsybina A. Municipal solid waste management in Russia: potentials of climate change mitigation // International Journal of Environmental Science and Technology. 2022. Vol 19, pp. 27–42.

Сведения об авторах:

Рогачев Никита Сергеевич, младший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск, Россия.

Rogachev Nikita S., junior researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS, Novosibirsk, Russia.