

Индустрия переработки твердых коммунальных отходов на пути к «зеленому» росту¹

Е.М. КЛЮЧНИКОВА, кандидат экономических наук
E-mail: e.klyuchnikova@ksc.ru

Институт проблем промышленной экологии Севера,
Кольский научный центр РАН, Апатиты

А.Н. ОРЛОВ, PhD. E-mail: anton.orlov@cicero.oslo.no

Центр международных исследований климата CICERO, Осло, Норвегия

А.М. КОРПОО, PhD. E-mail: akorppoo@fni.no

Отдел полярной и российской политики,

Институт Фритьофа Нансена, Люсакер, Норвегия

Аннотация. В статье анализируется национальная (Российская Федерация) и региональная (Мурманская область) политика в сфере обращения с отходами с позиции концепции «зеленого роста» и дается экологическая и экономическая оценка её будущих эффектов. Исследование выполнено на примере Мурманской области, Арктическом регионе с развитой инфраструктурой по переработке отходов. В регионе уже действуют мусоросжигательный завод и мусоросортировочный комплекс. Экстраполяция полученных для Мурманской области результатов на уровень Российской Федерации позволила сделать вывод о том, что в случае утилизации ТКО, размещенных на свалках в 2020 г., Россия могла бы сократить выбросы парниковых газов (в CO₂ – эквиваленте) на величину, сопоставимую с объемом выбросов такой страны, как Алжир. Установлено, что основным препятствием на пути к полной переработке ТКО в Мурманской области является отсутствие прибыльных рынков для сбыта вторичного сырья. При этом высокие затраты в создание новой системы обращения с отходами, направленной на увеличение доли переработки ТКО, привели к росту коммунальных платежей. Для снижения эксплуатационных расходов и повышения рентабельности создаваемой системы рекомендовано осуществлять сортировку отходов непосредственно у источника их образования.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; переработка отходов; парниковые газы; зеленый рост; Россия; Мурманская область

Введение

В современных условиях сохранение и восстановление окружающей среды при одновременном обеспечении экономического роста критически важны для повышения социальной устойчивости. Концепция «зеленого роста» говорит о том, что экологически

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Исследовательского совета Норвегии (RCN), проект № 288249 «Зеленый рост в Российской Арктике».

чистое развитие может более успешно продуцировать экономический рост, чем традиционное [Jacobs, 2013], или быть «новым двигателем роста»². В рамках данной концепции считается, что затраты на предотвращение экологических ущербов не снижают темпы экономического роста и даже не замедляют их, поскольку экономические потери от ущерба будут выше затрат на их предотвращение [Jacobs, 2013; Hallegatt et al., 2012].

Переработка отходов как вид деятельности максимально подходит для реализации данной концепции. Согласно существующим исследованиям [Ключникова, Корппоо, 2021], национальное и региональное законодательства в Российской Федерации в сфере обращения с отходами в целом способствуют созданию условий для «зеленого роста». Однако реально существующая система обращения с отходами еще далека от достижения основной цели национальной политики³ по максимально полному вовлечению отходов в хозяйственный оборот. Так, в 2020 г. только 24% от общего количества накопленных твердых коммунальных отходов (ТКО) было утилизировано (использовано в качестве вторичного сырья или энергетических ресурсов) (рис. 1). Основная часть ТКО складывается на полигонах, незначительная доля сжигается: например, в 2018 г. было сожжено около 2,2% ТКО⁴.

Захоронение и сжигание отходов связаны с выбросами парниковых газов (ПГ), загрязнением воздуха и грунтовых вод [Iravanian, Ravari, 2020; IPPC, 2013; Ferronato, Torretta, 2019]. Загрязнение воздуха в результате сжигания отходов может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья, повышая риск заболеваемости и смертности [Mataloni et al., 2016; Tait et al., 2020; Mattiello et al., 2013; Vinti et al., 2021]. Неприятный запах и визуальное загрязнение также входят в число негативных эффектов полигонов ТКО.

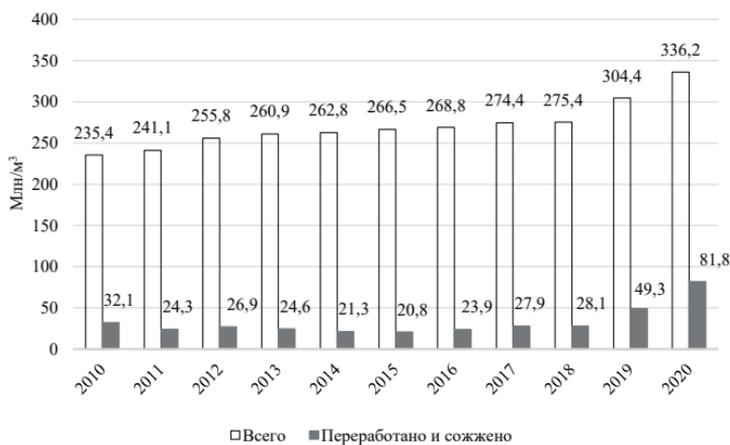
При этом переработка отходов не только исключает негативное воздействие сжигания и захоронения ТКО на окружающую

² UNEP, 2011, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers. URL: www.unep.org/greeneconomy

³ Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ; Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ.

⁴ Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» [Эл. ресурс]. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2018/obrashchenie-s-otkhodami-proizvodstva-i-potrebleniya/tverdye-kommunalnye-otkhody/> (дата обращения: 14.03.2022).

среду и здоровье людей, но и сокращает потребление природных ресурсов, воды, энергии, что ведет к более устойчивому развитию.



Источник. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году».

Рис. 1. Твердые коммунальные отходы в России в 2010–2020 гг., млн м³

На протяжении длительного времени национальная и региональная политика России в сфере обращения с отходами носила непоследовательный характер [Ключникова, Маслобоев, 2013]. Еще недавно практически все ТКО в России размещались на полигонах, несмотря на принятые в 2014 г. поправки⁵ к Федеральному закону «Об отходах производства и потребления», которые установили ответственность производителей в отношении промышленных отходов, запретили захоронение отходов, содержащих утилизируемые компоненты, и обязали регионы заключать долгосрочные (не менее чем на десять лет) договоры

⁵ Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» от 29.12.2014. № 458-ФЗ.

о сборе, транспортировке и переработке отходов через единого регионального оператора на конкурсной основе⁶.

Однако в последние два-три года произошли положительные сдвиги и были предприняты инициативы, направленные на более ответственное отношение к проблеме отходов. Так, комплексная стратегия обращения с твердыми бытовыми отходами⁷ ставит задачи по созданию инфраструктуры их обезвреживания и безопасного размещения (п. 11), а также по обеспечению экономического стимулирования раздельного сбора ТКО (п. 19) и поощрению активного участия населения в раздельном сборе и утилизации (переработке) ТКО (п. 21). Экономика замкнутого цикла, обеспечиваемая системами управления отходами, стала частью дискуссии о «зеленой» экономике в России [Иванова, Левченко, 2017]. Из других инициатив можно назвать мусоросортировочный комплекс АО «Ситиматик», введенный в эксплуатацию в 2019 г. в Мурманской области.

Улучшение управления отходами в Мурманской области и во всей стране может быть связано с определенными возможностями для бизнеса, что принесет не только существенные экологические выгоды, но и определенные сложности. Лучшее понимание экономических и экологических последствий переработки отходов может помочь в дальнейшем стимулировании разработки в России эффективной стратегии обращения с отходами и соответствующего плана действий.

Целью данного исследования является количественная оценка экономических и экологических преимуществ переработки ТКО в Мурманской области. Наш анализ основан на интервью с региональным оператором, муниципальных статистических данных, методика оценки базируется на Руководящих принципах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) для национальных кадастров парниковых газов. Результаты исследования экстраполированы на национальный

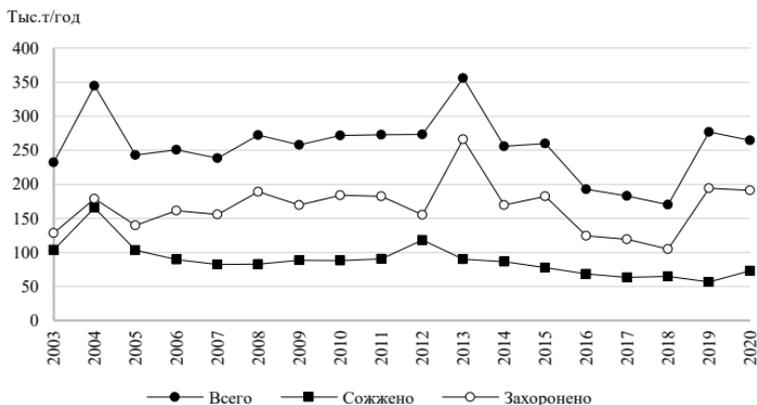
⁶ CMS. Russia introduces waste producer responsibility. CMS Law-Now, 26 January 2015. [Internet]. 2015. Available at: <https://cms.law/en/rus/publication/russia-introduces-waste-producer-responsibility>

⁷ Приказ Минприроды России от 14.08.2013 № 298 «Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации».

уровень, чтобы продемонстрировать потенциальное экономическое и экологическое воздействие.

Материалы и методы

Однотипные данные о ТКО в Мурманской области имеются только за 2003–2020 гг. В среднем за этот период в регионе образовывалось около 256 000 т/год (рис. 2). Из них около 65% было размещено на свалках, а остальная часть (35%) утилизирована (сожжена). В отличие от многих других регионов, в Мурманской области еще с советских времен действует мусоросжигательный завод. Наибольшую долю в общем количестве ТКО по весу составляют бумага и органические отходы [Ключникова, 2008].



Источник. Правительство Мурманской области. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2003–2020 году [Эл. ресурс]. URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/> (дата обращения: 14.03.2022).

Рис. 2. Динамика количества твердых коммунальных отходов в Мурманской области в 2003–2020 гг., тыс. т/год

В 2019 г. запущен в эксплуатацию мусоросортировочный комплекс (МСК), построенный в рамках концессионного соглашения в поселке Междуречье в непосредственной близости к Мурманску и другим крупным населенным пунктам севера Мурманской области. Региональный оператор АО «Ситиматик», которому принадлежит МСК, является частной компанией и занимается сбором и переработкой ТКО по всему региону. В 2019 г. было переработано около 26 тыс. т, а в 2020 г. – 25 тыс. т ТКО. Однако начиная с 2023 г. планируется направлять на вторичное

использование около 106 тыс. т и на энергетическую утилизацию 120 тыс. т ТКО⁸.

Выбросы парниковых газов

Мы рассчитали выбросы от трех видов обработки ТКО: сжигания, размещения на полигонах и переработки. Исходные данные и результаты можно получить у первого автора статьи по запросу.

Выбросы CO₂ от сжигания

Углекислый газ (CO₂), метан (CH₄) и закись азота (N₂O) составляют более 90% выбросов парниковых газов в результате обращения с отходами [Turner et al., 2015]. Объем и состав выбросов зависят, среди прочего, от типа отходов и выбранной стратегии обращения; например, захоронение отходов приводит к выбросу метана, а сжигание – к выбросу CO₂, CH₄, и N₂O со значительным преобладанием CO₂.

Выбросы CO₂ от сжигания мы оценивали, опираясь на методику Руководящих принципов МГЭИК для национальных кадастров парниковых газов 2006 г.⁹ Коэффициенты выбросов основаны на содержании углерода в отходах ископаемого происхождения, которые в нашем исследовании приняты по умолчанию, так как для Мурманской области не рассчитывались.

В нашем исследовании мы не рассчитывали выбросы N₂O и CH₄, потому что их объемы относительно невелики. Более того, коэффициенты выбросов N₂O и CH₄ отличаются высокой неопределенностью, так как зависят не только от типа отходов, но и от типа установки для сжигания (однако следует отметить, что N₂O и CH₄ оказывают значительно большее радиационное воздействие по сравнению с CO₂ [Etminan et al., 2016]).

Выбросы CO₂ от сжигания оценены для трех категорий отходов: бумага, текстиль и пластик. В Мурманской области бумага, пластик и текстиль из Мурманска и Североморска сжигаются, а из южных муниципалитетов вывозятся на полигоны. Чтобы распределить общее количество бумаги,

⁸ Правительство Мурманской области. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2003–2020 году [Эл. ресурс]. URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/> (дата обращения: 14.03.2022).

⁹ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2: Waste Generation, Composition and Management Data. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Vol.5/V5_2_Ch2_Waste_Data.pdf

пластика и текстиля между сжигаемыми и захораниваемыми отходами, мы использовали данные о численности населения муниципалитетов.

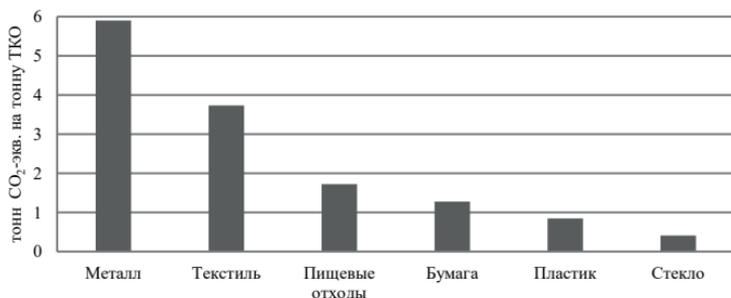
Выбросы CH_4 с полигонов

Полигоны ТКО являются крупным источником выбросов CH_4 [Korimi et al., 2017]. Чтобы оценить объемы выбросов CH_4 с полигонов, мы использовали модель МГЭИК для трех категорий отходов: пищевых продуктов, бумаги и текстиля (объем двух последних скорректирован на основе данных о численности населения в муниципалитетах). Отметим, что пластик, стекло и металл в Мурманской области также размещались на полигонах. Однако они разлагаются очень медленно, поэтому мы рассматривали только три категории отходов, которые считаются основными источниками выбросов CH_4 . Разложение органических компонентов в них также может происходить достаточно медленно, поэтому для расчета выбросов CH_4 из захороненных отходов рекомендуется использовать временной интервал не менее 50 лет. В нашем анализе выбросы CH_4 с полигонов рассчитаны за 80 лет, поскольку этот период принят по умолчанию в модели МГЭИК. Для параметризации модели применительно к ТКО также использованы значения по умолчанию. Чтобы сделать показатели выбросов CH_4 сравнимыми с другими видами выбросов в годовом исчислении, мы разделили на 17 накопленные выбросы CH_4 с полигонов за период 2003–2020 гг. в расчете на 80 лет и перевели полученный объем в эквивалент двуокиси углерода (CO_2 -eq), применив коэффициент 25.

Выбросы ПГ от переработки

Коэффициенты для прямых выбросов парниковых газов в процессе переработки и косвенных выбросов (обычно они отрицательные) в результате предотвращения первичного производства материалов (здесь и далее они объединены под общим термином – коэффициенты выбросов для переработки) взяты из упомянутой работы [Turner et al., 2015]. Их значения особенно высоки для металлов и текстиля (рис. 3).

Данные коэффициенты использованы для расчета потенциальной экономии выбросов за счет переработки сжигаемых и захораниваемых ТКО в шести категориях отходов: стекло, бумага, металлы, текстиль, пластик и продукты питания.



Источник. Использованы данные рис. S2 [Turner et al., 2015].

Рис. 3. Коэффициенты выбросов парниковых газов, т CO₂-эquiv. на тонну ТКО

Результаты внедрения переработки

Создание рабочих мест

По данным регионального оператора, на новом мусоросортировочном комплексе занято 280 человек, которые занимаются сортировкой и первичной переработкой ТКО. Причем они не вытесняют работников действующих муниципальных полигонов, так как, во-первых, на полигонах занято относительно небольшое число людей, и после запуска МСК в 2019 г. они сохранят свои места до проведения полной рекультивации старых полигонов; во-вторых, на юге области будет построен второй МСК, где планируется создать 60 новых рабочих мест, чтобы обеспечить работой бывших сотрудников полигонов. Всего в новом секторе переработки и сортировки отходов будет создано 340 рабочих мест (для справки: общая численность населения Мурманской области в 2019 г. составила примерно 748 000 человек)¹⁰.

Накопленные отходы будут утилизированы в процессе рекультивации полигонов. Согласно интервью с региональным оператором, прямого конфликта интересов между мусоросжигающей и мусороперерабатывающей компаниями нет, поскольку направление ТКО на сжигание и переработку регулируется административно. Если провести экстраполяцию, то, учитывая

¹⁰ Территориальный орган государственной статистики по Мурманской области. Население Мурманской области [Эл. ресурс]. URL: <https://murmanskstat.gks.ru/folder/72764> (дата обращения: 14.03.2022).

среднегодовой объем размещенных на полигонах Мурманской области ТКО в период 2003–2020 гг. (166,5 тыс. т), для переработки 1 млн т отходов потребуется создать 2042 новых рабочих места (340 / 166 500).

Сжигание более трудоемко, чем захоронение. В Мурманской области количество занятых на мусоросжигательных заводах составляет около 170 человек. Это означает, что если предприятие по сжиганию отходов закроется, и МСК придется взять на себя переработку ранее сжигавшихся ТКО, будет создано не менее 170 новых рабочих мест (340–170). С учетом среднегодового количества ТКО, образовавшегося в период 2003–2020 гг. (256 000 т), переработка примерно 1 506 т отходов создаст одно рабочее место (256 000 / 170), а для переработки 1 млн т отходов потребуется создать 664 новых рабочих места (170 / 256 000).

Обращаем внимание, что переработка ТКО, которые в настоящее время сжигаются, может потребовать дополнительной рабочей силы на МПЗ, что будет означать дополнительные рабочие места (т.е. эффект для занятости от переработки отходов может быть еще сильнее). Это гипотетические расчеты, поскольку правительство Мурманской области не планирует закрытие мусоросжигательного завода, наоборот, завод будет модернизирован в 2022 г.¹¹ Таким образом, потенциально может быть создано до 340 новых рабочих мест. Положительный эффект от создания рабочих мест согласуется с некоторыми предыдущими исследованиями, которые показали, что переработка отходов может повысить занятость, потому что процессы переработки отходов более трудоемки, чем захоронение¹².

В 2020 г. общий объем захороненных ТКО в России составил около 50 млн т. Если принять в качестве экстраполяционного коэффициента эффект в плане занятости от переработки захороненных ТКО в Мурманской области, то переработка отходов в масштабах России может привести к созданию 102 100 (50 x 2042) новых рабочих мест. Этот эффект для рынка труда,

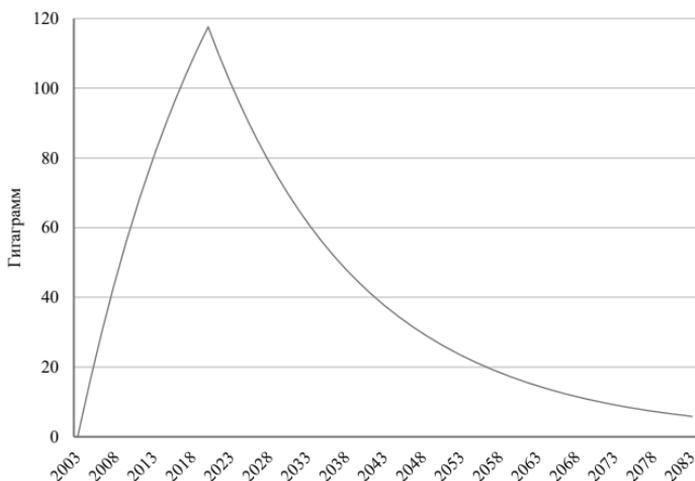
¹¹ URL: <https://gov-murman.ru/info/news/414934/> (дата обращения: 22.03.2022).

¹² EEA. Earnings, jobs and innovation: the role of recycling in a green economy – European Environment Agency [Internet]. 2011 [cited 2021. Feb. 19]. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/earnings-jobs-and-innovation-the>; EPA. 2020 Recycling Economic Information (REI) Report. [Internet]. 2020. Available at: <https://www.epa.gov/smm/recycling-economic-information-rei-report-and-methodology>

несмотря на его относительную скромность, вполне можно рассматривать как параллельную выгоду от совершенствования системы обращения с отходами в России.

Выбросы парниковых газов

Основным положительным моментом все же является сокращение выбросов парниковых газов. Согласно нашим результатам, переработка ранее захороненных ТКО может привести к среднегодовому сокращению выбросов ПГ на 515 гигаграмм (Гг) CO_2 -эквивалента (таблица). Почти 40% сокращения выбросов связано с ликвидацией выбросов CH_4 с полигонов, а оставшаяся часть – с сокращением первичного производства материалов (рис. 3). Примерно по 48–49% от общего количества выбросов CH_4 с полигонов даст разложение продуктов питания и бумаги, тогда как доля выбросов CH_4 от разложения текстиля очень мала (около 3%) (рис. 3). По нашим расчетам, выбросы CH_4 от захороненных ТКО в 2013–2020 гг. будут расти до 2022 г., а затем непрерывно снижаться (рис. 4).



Источник. Использованы данные рис. S3 [Turner et al., 2015].

Рис. 4. Результаты расчета выбросов CH_4 на полигонах в 2003–2083 гг., Гг

Среднегодовые выбросы ПГ и экономия выбросов от различных видов обращения с ТКО в Мурманской области, CO₂-эquiv.

№	Тип	Выбросы, Гг	Тонн на тонну ТКО	Тонн на душу населения
1	Полигоны	201	1,21	0,25
2	Переработка захороненных ТКО	-314	-1,89	-0,39
3	Общая экономия выбросов от переработки захороненных ТКО	-515	-3,09	-0,64
4	Сжигание	32	0,36	0,04
5	Переработка сжигаемых ТКО	-149	-1,69	-0,19
6	Общая экономия выбросов от переработки сжигаемых ТКО	-182	-2,05	-0,23
7	Совокупная экономия выбросов	-697	-2,72	-0,87

Примечание. Отрицательные выбросы от вторичной переработки в основном связаны с сокращением первичного производства материалов.

Общая экономия выбросов (строка 7) есть сумма модулей количества выбросов от полигонов (строка 3) (они будут ликвидированы, и выбросы прекратятся) и сокращения выбросов первичного производства материалов (строка 6) (они сократятся при переработке вторичных ресурсов).

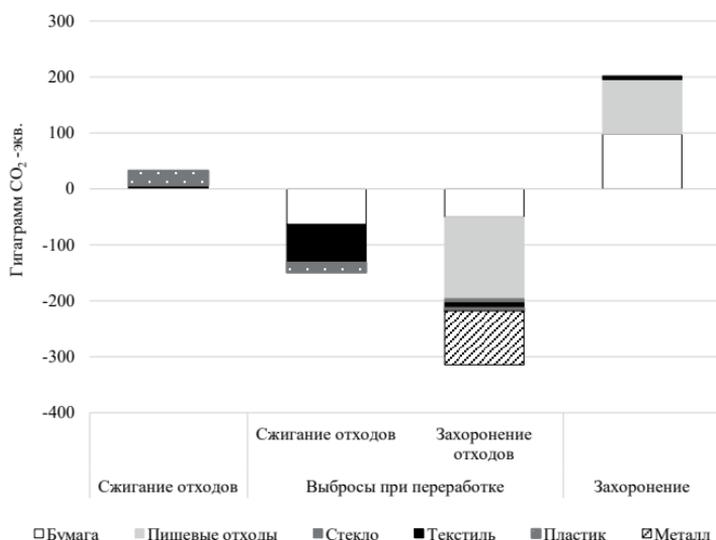


Рис. 5. Среднегодовые выбросы ПГ и экономия выбросов от различных видов обращения с ТКО и типы отходов в Мурманской области, Гг в CO₂-эquiv.

Если предположить, что ныне сжигаемые ТКО также будут перерабатываться, сокращение выбросов достигнет 697 Гг CO_2 -эквивалента в год. В этом случае наибольшая экономия получается за счет отказа от первичного производства материалов (примерно 82% от общего сокращения выбросов от сжигания) (таблица и рис. 5), а оставшаяся доля связана со снижением объема сжигаемых ТКО. Из всех сжигаемых отходов наибольшее количество выбросов парниковых газов приходится на пластик (81%), за которым следует текстиль (17%). Что касается косвенных выбросов от переработки сжигаемых отходов, наибольшую экономию выбросов из-за отказа от первичного производства материалов дает переработка текстиля (46%) и бумаги (43%), за которыми следует пластик (12%) (рис. 5).

В относительном выражении это означает, что переработка одной тонны ТКО в Мурманской области позволит за год сократить выбросы парниковых газов примерно на 2,7 т в CO_2 -эквиваленте, что в среднем составляет 0,87 т на душу населения, и сравнимо с общими объемами выбросов некоторых стран. Например, в Индии выбросы парниковых газов в 2015 г. составили 1,8 т в CO_2 -эквиваленте на душу населения. В 2017 г. общее количество парниковых газов в CO_2 -эквиваленте на душу населения в России составляло примерно 11 т [Climate Watch, 2020].

Казалось бы, вклад ТКО в общие выбросы ПГ в России (4,4%)¹³ невелик по сравнению с другими источниками (прежде всего электроэнергетикой и транспортом). Но в национальном масштабе переработка отходов может привести к значительному сокращению выбросов, учитывая количество ежегодно образующихся ТКО; например, в 2020 г. в нашей стране было захоронено около 50 млн т отходов¹⁴. При использовании коэффициента выбросов для ТКО, захораниваемых на полигонах в Мурманской области (1,21 т на тонну ТКО), переработка 100% этого объема позволила бы сократить выбросы метана

¹³ URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/521/521091011093dc8b5ecec74cdd8552680.pdf> и URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_октябрь_web.pdf

¹⁴ Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» [Эл. ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/880/Госдоклад-2020.pdf> (дата обращения: 14.03.2022).

в CO_2 -эквиваленте примерно на 60,5 млн т/год, а если учесть экономию выбросов на отказе от первичного производства, общее сокращение выбросов составило бы примерно 154,5 млн т выбросов ПГ в CO_2 -эквиваленте (50 млн \times 3,09 т на тонну ТКО). Для сравнения: совокупные выбросы парниковых газов в Алжире, одной из крупнейших экономик Африки, составили в 2018 г. около 152 млн т в CO_2 -эквиваленте [Climate Watch, 2020]; общие выбросы ПГ без учета изменений в землепользовании и лесном хозяйстве Норвегии и Швеции насчитывали в 2018 г. примерно 47 и 46 млн т CO_2 -экв. соответственно [Climate Watch, 2020]. Обращаем внимание, что выбросы сократятся сильнее при переработке сжигаемых ТКО.

Инвестиции в построение системы обращения с отходами в Мурманской области составили около 1,9 млрд руб. за 2013–2019 гг.¹⁵ Учитывая предположение, что новый МСК будет эксплуатироваться в течение 20 лет, расчеты показали, что за счет сокращения выбросов парниковых газов приблизительно на 515 тыс. т в CO_2 -эквиваленте каждый год, новый МСК будет экономически обоснован при цене на углерод в 5 долл. за тонну. Отметим, что данные расчеты носят только иллюстративный характер, поскольку сектор обращения с отходами исключен из системы торговли квотами на выбросы. Однако минимальная социальная стоимость углерода (ССУ), рассчитанная на основе динамической интегрированной модели климата и экономики (DICE), составляет уже 15 международных долларов (данные исследования [Пахнин, 2020]). Показатель ССУ широко используется в экономике изменения климата и является мерой ожидаемых ущербов окружающей среде и здоровью населения от выбрасываемых в атмосферу парниковых газов. Таким образом, с точки зрения сокращения социальных и экологических ущербов строительство МСК, тем более экономически оправдано.

Сложности на пути развития переработки

При масштабном внедрении переработки ТКО существуют сложности, которые необходимо учитывать.

¹⁵ Правительство Мурманской области. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2003–2020 году [Эл. ресурс]. URL: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/> (дата обращения: 14.03.2022).

Во-первых, строительство нового МСК в Мурманской области повлекло за собой определенное увеличение коммунальных платежей. Так, в Мурманске переработка ТКО привела почти к семикратному увеличению платы за услугу вывоза мусора (для двухкомнатной квартиры с двумя прописанными с 44 руб. в 2018 г. до 280 руб. в 2022 г.), что неприятно, но не особенно проблематично даже для малообеспеченных слоев населения¹⁶. И хотя считается, что переработка отходов должна приводить к некоторому снижению стоимости товаров, поскольку предполагает вторичное использование ресурсов [De Feo, Polito, 2015; Hoogmartens et al., 2016], сама по себе переработка является более дорогостоящей процедурой по сравнению с захоронением, особенно если за последнее взимается небольшая плата. В Мурманской области повышение коммунальных платежей потребовалось для погашения инвестиционных затрат (1,9 млрд руб. за 2013–2019 гг.) и покрытия эксплуатационных расходов.

Во-вторых, внедрение переработки ТКО на уровне страны потребует масштабных инвестиций в строительство инфраструктуры по сбору, сортировке и переработке мусора, а недостаток финансирования может замедлить расширение переработки отходов.

Здесь следует иметь в виду, что отдельный сбор отходов у источника будет способствовать и уменьшению необходимых финансовых вложений. Об этом говорится в исследовании, проведенном Гринпис России в Санкт-Петербурге [Бабанин, 2008]: отдельный сбор ТКО на месте их образования может вдвое снизить стоимость переработки, а количество выбракованных отходов может снизиться в три раза по сравнению с сортировкой на МСК. И недавние новеллы законодательства об отходах это учитывают. Например, 18 февраля 2022 г. на рассмотрение Государственной думы внесен законопроект¹⁷, регулирующий

¹⁶ Короткая Ю. Платить или нет? Сколько и кому? // Газета «Дважды Два». Апатиты. 2019. 17 янв. № 3. URL: <http://gazeta2x2.ru/?p=82180> (дата обращения: 14.03.2022).

¹⁷ Проект Федерального закона № 74417–8 «О внесении изменений в Федеральный закон „Об отходах производства и потребления“ и Федеральный закон „Об охране окружающей среды“ в части регулирования обращения с вторичными ресурсами», URL: <https://journal.ecostandardgroup.ru/upload/iblock/2c2/Projekt-o-vtorichnykh-resursakh.pdf>

обращение со вторичными ресурсами. Законопроектом предлагается установить обязательное раздельное накопление отходов, что позволит использовать их в качестве вторичных ресурсов, вовлекая в хозяйственный оборот.

Между тем в Мурманской области, где региональное законодательство предписывает организовать раздельный сбор отходов с 1 января 2020г.¹⁸, только незначительная часть площадок оборудованы специальными контейнерами для раздельного сбора отходов, большая их часть сортируется на МСК.

В связи с тем, что пищевые отходы наряду с бумагой дают 48–48% выбросов парниковых газов с полигонов ТКО, раздельный сбор и переработку можно и нужно начать именно с них. Переработка органических отходов заключается в их компостировании для получения биогумуса и биогаза. Особенно актуально это для арктических регионов, испытывающих дефицит плодородных грунтов для озеленения населенных пунктов и проведения работ по восстановлению нарушенных земель. Изучение опыта норвежского предприятия Линдум (Lindum¹⁹) по переработке отходов позволяет сделать вывод, что раздельный сбор и последующее компостирование органических отходов с улавливанием образующегося биогаза позволят не только сократить выбросы парниковых газов, но и вернуть в почву фосфор, получить экономические выгоды от продажи плодородных грунтов и создать дополнительные высококвалифицированные рабочие места. Что будет демонстрировать зеленый рост в сфере обращения с отходами.

В-третьих, готовность населения разделять ТКО может быть относительно низкой. Например, согласно опросу, приведенному в Нижнем Новгороде, только 33–36% населения города готовы сортировать твердые отходы [Аладышкина и др., 2019].

В-четвертых, по данным интервью, региональному оператору сложно найти прибыльные рынки сбыта вторсырья, что может затруднить дальнейшее масштабирование переработки отходов.

¹⁸ Порядок сбора твердых коммунальных отходов (в том числе их раздельного сбора) на территории Мурманской области, утвержденного Постановлением Правительства Мурманской области от 25 августа 2017 г. № 423-ПП, URL: <https://murmansk-gov.ru/doc/41888>

¹⁹ URL: <https://lindum.no/om-lindum/>

Требуется существенный поток вторичных материалов, прежде чем кто-либо станет инвестировать в них в качестве сырья. Помочь сбалансировать спрос и предложение могло бы правительство, стимулируя новые возможности для бизнеса, в рамках специальных программ господдержки.

Отметим, что указанные вызовы являются общими и актуальными для всех регионов России, но в разной степени: например, готовность населения сортировать ТКО может различаться в зависимости от региона и меняться со временем. Некоторым регионам может быть сложнее найти прибыльные рынки для вторичного сырья из-за высоких транспортных расходов. Повышение коммунальных платежей за утилизацию отходов будет более проблематичным для регионов с большой численностью малообеспеченного населения. Очевидно, в подобных случаях может потребоваться дополнительная финансовая поддержка со стороны государства. Кроме того, нужно иметь в виду, что согласно поправкам, внесенным в закон «Об охране окружающей среды» в декабре 2019 г.,²⁰ сжигание в России считается «формой переработки», поэтому ожидается, что доля сжигаемых ТКО будет увеличиваться, особенно в отдаленных регионах.

Заключение

Захоронение и сжигание ТКО приводят к выбросам парниковых газов, локальному загрязнению воздуха и грунтовых вод. В настоящее время в России перерабатывается относительно небольшая доля от общего количества накопленных ТКО (в 2020 г. было переработано и сожжено примерно 24%). Тем не менее в федеральном и региональном законодательстве наблюдаются положительные тенденции по улучшению институциональной среды обращения с отходами. Мы предприняли количественную оценку некоторых экономических и экологических последствий переработки ТКО в Мурманской области, где недавно был построен новый МСК. Выявлено, что в целом переработка ТКО принесла положительный эффект от создания новых рабочих мест в регионе. Значительным является и эффект от сокращения выбросов; например, утилизация захораниваемых ТКО

²⁰ Постановление ГД ФС РФ от 18.12.2019 № 7529–7 ГД «О Федеральном законе “О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” (проект № 568200–7)», Система КонсультантПлюс.

в Мурманской области может ежегодно экономить около 515 Гг выбросов ПГ в CO_2 -экв., что составляет 3,1 т на тонну ТКО. Простая экстраполяция этих расчетов на национальный уровень показывает, что годовая экономия выбросов от переработки захороненных ТКО в России может быть сопоставима с общим годовым выбросом парниковых газов такой страной, как Алжир.

Также мы выделяем некоторые проблемы, связанные с обращением ТКО в Мурманской области. Коммунальные платежи выросли, и региональный оператор столкнулся с трудностями в поиске выгодных рынков сбыта вторсырья. Переработка ТКО у источника могла бы смягчить остроту этих двух проблем за счет снижения эксплуатационных расходов, но пока отдельный сбор мусора недостаточно активно продвигается в регионе. В национальном масштабе отсутствие инвестиций и потенциально низкая готовность населения сортировать отходы могут также осложнить расширение системы переработки отходов. Изучение региональных различий является интересным направлением для будущих исследований. Большой научно-практический интерес представляет также оценка сокращения выбросов парниковых газов при введении отдельного сбора и переработки у источника различных видов отходов, выявляющая вклад сферы переработки отходов в зеленый рост.

Кроме того, стоит отметить, что представленный анализ имеет несколько ограничений. Сжигание и захоронение ТКО могут привести к загрязнению воздуха и грунтовых вод, что негативно сказывается на здоровье местных жителей. Поскольку мы данный фактор не рассматривали, преимущества переработки ТКО в нашем анализе несколько недооцениваются. Оценка воздействия на выбросы ПГ неточна, поскольку коэффициенты выбросов не являются специфическими для Мурманской области. В связи с этим экстраполированные последствия переработки ТКО в национальном масштабе также, вероятно, подвержены значительным погрешностям. Более того, данное исследование посвящено исключительно ТКО в Мурманской области, где общее количество накопленных ТКО относительно невелико по сравнению с отходами профилирующей для региона горнодобывающей промышленности. Переработка же промышленных отходов может привести к значительному увеличению числа рабочих мест и сокращению

выбросов. Тем не менее результаты настоящего исследования убедительно демонстрируют, что переработка твердых коммунальных отходов является отраслью, которая обеспечивает «зеленый» рост.

Литература

Аладышкина А. С., Лакишина В. В., Леонова Л. А. Исследование готовности жителей Нижнего Новгорода к раздельному сбору твердых коммунальных отходов. В сб.: Стратегии и инструменты экологически устойчивого развития экономики. РОЭЭ-2019. Материалы 15-й Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики 2–5 июля 2019 года г. Ставрополь, г. Кисловодск, Россия, 2019. С. 178–191.

Бабанин И. Мусорная революция: Как решить проблему бытовых отходов с минимальными затратами. Greepace, 2008 [Эл. ресурс]. URL: <http://ecorportus.ru/node/460> (дата обращения: 14.03.2022).

Иванова Н. И., Левченко Л. В. «Зеленая» экономика: сущность, принципы и перспективы // Вестник Омского ун-та. Сер. «Экономика». 2017. № 2 (58). С. 19–28.

Ключникова Е. М. Эколого-экономические проблемы устойчивого развития и их решение на уровне муниципальных образований // Проблемы современной экономики. 2008. № 2 (26). С. 326–328. Приложение к статье. [Эл. ресурс]. URL: <http://www.municipal-sd.ru/sites/default/files/2.1.add-kluchnikova.pdf> (дата обращения: 14.03.2022).

Ключникова Е. М., Корппо А. М. Реализация концепции «зеленого роста» в российской Арктике (на примере Мурманской области) // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11. № 4. С. 493–503. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-493-503

Ключникова Е. М., Маслобоев В. А. Эколого-экономический анализ региональной политики в сфере обращения с отходами (на примере Мурманской области) // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2013. Т. 16. № 2. С. 233–241.

Пахнин М. А. Экономика изменения климата: Нобелевская премия 2018 г. Уильяма Нордхауса // Экономическая теория. Т. 16. № 1. 2020. С. 5–22. DOI 10.31085/1814-4802-2019-15-2-3-17

Climate Watch. CAIT data. GHG Emissions. Washington, DC: World Resources Institute. Available at: climatewatchdata.org/ghg-emissions [Internet]. 2020. Available at: climatewatchdata.org/ghg-emissions

De Feo G, Polito A. R. Using economic benefits for recycling in a separate collection centre managed as a “reverse supermarket”: A sociological survey. *Waste Manag.* 2015 Apr 1;38:12–21.

Eminan M., Myhre G., Highwood E. J., Shine K. P. Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophys Res Lett.* 2016;43(24):12,614–12,623.

Ferronato N., Torretta V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Mar;16(6):1060.

Jacobs M. ‘Green Growth’ // *Handbook of Global Climate and Environmental Policy* / R. Falkner (ed.). Oxford: Wiley Blackwell, 2013. P. 197–214.

Hallegatte S., Heal G., Fay M., Treguer D. From growth to green growth – a framework, NBER: Working Paper 17841 / National Bureau of Economic Investigation. [S. 1.], 2012. URL: <http://www.nber.org/papers/w17841>

Hoogmartens R, Eyckmans J, Van Passel S. Landfill taxes and Enhanced Waste Management: Combining valuable practices with respect to future waste streams. *Waste Manag.* 2016. Sep 1;55. P. 345–354.

IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535. P. 2013.

Iraivanian A Ravari S.O. Types of Contamination in Landfills and Effects on The Environment: A Review Study. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2020 Dec;614:012083.

Kormi T., Bel Hadj Ali N., Abichou T., Green R. Estimation of landfill methane emissions using stochastic search methods. *Atmospheric Pollut Res.* 2017 Jul 1;8(4). P. 597–605.

Mataloni F., Badaloni C., Golini M.N., Bolognani A., Bucci S., Sozzi R., et al. Morbidity and mortality of people who live close to municipal waste landfills: a multisite cohort study. *Int J Epidemiol.* 2016 Jun;45(3). P. 806–815.

Mattiello A., Chiodini P., Bianco E., Forgiione N., Flammia I., Gallo C., et al. Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. *Int J Public Health.* 2013 Oct;58(5). P. 725–735.

Tait P.W., Brew J., Che A., Costanzo A., Danyluk A., Davis M., et al. The health impacts of waste incineration: a systematic review. *Aust N Z J Public Health.* 2020;44(1). P. 40–48.

Turner D.A., Williams I.D., Kemp S. Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resour Conserv Recycl.* 2015. Dec 1;105. P.186–197.

Vinti G., Bauza V., Clasen T., Medlicott K., Tudor T., Zurbrügg C., et al. Municipal Solid Waste Management and Adverse Health Outcomes: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Jan;18(8):4331.

Статья поступила 12.04.2022

Статья принята к публикации 18.04.2022

Для цитирования: *Ключникова Е.М., Орлов А.Н., Корпнов А.М.* Индустрия переработки твердых коммунальных отходов на пути к «зеленому» росту // ЭКО. 2022. № 8. С. 67–88. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-8-67-88

Summary

Klyuchnikova, E.M., Cand. Sci. (Econ.). E-mail: e.klyuchnikova@ksc.ru
Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity,

Orlov, A.N., PhD. E-mail: anton.orlov@cicero.oslo.no

CICERO Center for International Climate Research, Oslo, Norway,

Korppoo, A.M., PhD. E-mail: akorppoo@fni.no

Polar and Russian Politics Department, The Fridtjof Nansen Institute, Lysaker, Norway

Solid Municipal Waste Recycling Industry on the Track to Green Growth

Abstract. The paper analyzes the national (Russian Federation) and regional (Murmansk region) policy in the sphere of waste management from the position of the concept of “green growth” and gives the ecological and economic assessment of its future effects. The research is carried out on the example of the Murmansk region, the Arctic region with the developed infrastructure on waste processing. A waste incineration plant and a waste sorting complex are already operating in the region. Extrapolation of the results obtained for the Murmansk Region to the level of the Russian Federation as a whole made it possible to conclude that in case of utilization of MSW disposed at landfills in 2020, Russia could reduce greenhouse gas emissions (in CO₂ – equivalent) by an amount comparable to the emissions of a country like Algeria. The study found that the main obstacle to the complete recycling of MSW in the Murmansk Oblast is the lack of profitable markets for secondary raw materials. At the same time, high investment and operating costs in the creation of a new system of waste management aimed at increasing the share of MSW recycling have led to an increase in utility payments. To reduce operating costs and increase the profitability of the created system it is recommended to sort waste directly at the source of its formation.

Keywords: *municipal solid waste; waste processing; greenhouse gases; green growth; Russia; Murmansk Region*

References

Aladyshkina, A.S., Lakshina, V.V., Leonova, L.A. (2019). Study if willingness of Nizhny Novgorod sitizens to separate collection of solid municipal waste. In *Strategies and Tools for Ecologically Sustainable Economic Development*. Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference of the Russian Society for Ecological Economics Stavropol – Kislovodsk, Russia July 2–5. Pp. 178–191. (In Russ.).

Babanin, I. (2008). Waste Revolution: How to solve the problem of municipal waste at least cost. *Greepeace*. [Internet]. Available at: <http://ecoportus.ru/node/460> (In Russ.).

Climate Watch. CAIT data. GHG Emissions. (2020). Washington, DC: World Resources Institute. Available at: climatewatchdata.org/ghg-emissions [Internet]. Available at: climatewatchdata.org/ghg-emissions

De Feo, G, Polito, A.R. (2015). Using economic benefits for recycling in a separate collection centre managed as a “reverse supermarket”: A sociological survey. *Waste Manag.* Apr 1;38:12–21.

Etminan, M., Myhre, G, Highwood, E.J, Shine, K.P. (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophys Res Lett.*;43(24):12,614–12,623.

Ferronato, N., Torretta, V. (2019). Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *Int J Environ Res Public Health*. Mar;16(6):1060.

Hallegatte, S., Heal, G., Fay, M., Treguer, D. (2012). From growth to green growth – a framework, NBER: Working Paper 17841 / National Bureau of Economic Investigation. [S. l.]. Available at: <http://www.nber.org/papers/w17841>

Hoogmartens, R., Eyckmans, J., Van Passel, S. (2016). Landfill taxes and Enhanced Waste Management: Combining valuable practices with respect to future waste streams. *Waste Manag.* Sep 1;55:345–54.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (2013). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

Irvanian, A., Ravari, S.O. (2020). Types of Contamination in Landfills and Effects on The Environment: A Review Study. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. Dec;614:012083.

Ivanova, N.I., Levchenko, L.V. (2017). “Green” economy: the essence, principles and prospects. *Herald of Omsk University. Series “Economics”*. No. 2 (58). Pp. 19–28. (In Russ.).

Jacobs, M. (2013). ‘Green Growth’. *Handbook of Global Climate and Environmental Policy* / R. Falkner (ed.). Oxford: Wiley Blackwell, Pp. 197–214.

Klyuchnikova, E.M. (2008). Ecological and economic situation of sustainable development and policy measures of municipalities. *Eurasian International scientific-analytical edition*. No. 2 (26). Pp. 326–328. 2.1 Attachment to the article. [Internet]. 2013. Available at: <http://www.municipal-sd.ru/sites/default/files/2.1.add-kluchnikova.pdf> (In Russ.).

Klyuchnikova, E.M., Korppoo, A. (2021). Implementation of the “green growth” concept in the Russian Arctic (on the example of the Murmansk region). *Arctic: Ecology and Economy*. Vol. 11. No. 4. Pp. 493–503. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-493-503 (In Russ.).

Klyuchnikova, E.M., Masloboev, V.A. (2013). Ecological and economic analysis of regional policy in the field of waste management (on the example of the Murmansk region) *Vestnik of MGTU. Scientific journal of Murmansk State Technical University*. T. 16. No. 2. Pp. 233–241. (In Russ.).

Kormi, T, Bel Hadj Ali N., Abichou, T., Green, R. (2017). Estimation of landfill methane emissions using stochastic search methods. *Atmospheric Pollut Res*. Jul 1;8(4):597–605.

Mataloni, F., Badaloni, C., Golini, M.N., Bolignano, A., Bucci, S., Sozzi, R., et al. (2016). Morbidity and mortality of people who live close to municipal waste landfills: a multisite cohort study. *Int J Epidemiol*. Jun;45(3):806–15.

Mattiello, A., Chiodini, P., Bianco, E., Forgione, N., Flammia, I., Gallo, C., et al. (2013). Health effects associated with the disposal of solid waste in landfills and incinerators in populations living in surrounding areas: a systematic review. *Int J Public Health*. Oct;58(5):725–35.

Pakhnin, M.A. (2020), Economic of climate change: William Nordhaus's 2018 Nobel Memorial Prize. *Economic theory*. Т.16, No. 1. Pp. 5–22. DOI 10.31085/1814–4802–2019–15–2–3–17

Tait, P.W., Brew, J., Che, A., Costanzo, A., Danyluk, A, Davis, M., et al. (2020). The health impacts of waste incineration: a systematic review. *Aust N Z J Public Health*. 44(1):40–8.

Turner, D.A., Williams, I.D., Kemp, S. (2015). Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resour Conserv Recycl*. Dec 1;105:186–97.

Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbrugg, C. et al. (2021). Municipal Solid Waste Management and Adverse Health Outcomes: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Jan;18(8):4331.

For citation: Klyuchnikova, E.M., Orlov, A.N., Korpoo, A.M. (2022). Solid Municipal Waste Recycling Industry en Route to Green Growth. *ECO*. No. 8. Pp. 67–88. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-8-67-88