

# БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ С ТКО.

## ОПЫТ ГЕРМАНИИ.

### ЧАСТЬ 1

В 2018–2022 гг. в России реализуется проект «Климатически нейтральное обращение с отходами в Российской Федерации» – по поручению Федерального министерства окружающей среды, охраны природы, ядерной безопасности и защиты прав потребителей Германии (BMUV) в партнерстве с Минприроды России. В статье, подготовленной на основе полученных в проекте данных, рассмотрены принципы формирования экологически безопасного и углеродно-нейтрального обращения с ТКО, в том числе на региональном уровне.

*И. Л. Говор, научный сотрудник отдела мониторинга выбросов парниковых газов в энергетике и промышленности Института глобального климата и экологии им. академика Ю. А. Израэля,  
М. Л. Гитарский, начальник отдела ФГБУ «Российское энергетическое агентство» (РЭА) Министерства энергетики России,*

*И. О. Тихонова, канд. техн. наук, доц. каф. промышленной экологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,*

*И. А. Короленко, заместитель руководителя проекта «Климатически нейтральное обращение с отходами в Российской Федерации»,  
Немецкое общество по международному сотрудничеству (GIZ GmbH)*



## ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации, население которой превышает 146 млн человек, ежегодно образуются миллиарды тонн промышленных и бытовых отходов. Так, в 2019 г. их масса составила 7,7 млрд т, причем на ТКО приходилось не менее 63,9 млн т (данные только о вывозе ТКО с территорий городских населенных пунктов) [1, 2].

Сфера обращения с отходами выделена в отдельную отрасль экономики страны, а многообразие форм и состава ТКО превратило их в одну из серьезных социально-экологических проблем, для решения которых отрасль была включена в перечень приоритетных национальных проектов социально-экономического развития Российской Федерации. Руководством страны поставлены задачи разработки комплексной системы эффективной утилизации и вторичного использования отходов, а также ликвидации накопленного в местах их захоронения экологического ущерба [3–6].

Между тем негативные последствия образования отходов и последующего обращения с ними связаны с воздействием не только на окружающую среду, но и на климат. Все способы обращения с отходами – утилизация (механико-биологическая обработка, вторичная переработка), обезвреживание (сжигание), а также захоронение – сопровождаются образованием и поступлением в атмосферу парниковых газов: диоксида углерода (далее –  $\text{CO}_2$ ), метана (далее –  $\text{CH}_4$ ) и оксидов азота (далее –  $\text{NO}_x$ ). Выбросы  $\text{CO}_2$  в основном происходят при биохимическом и термическом окислении содержащих углерод компонентов отходов, в том числе при сжигании в целях получения из них тепла и энергии. Газы  $\text{CH}_4$  и  $\text{NO}_x$  преимущественно образуются в результате биологического разложения органики при ее переработке и захоронении, а также при неполном сгорании. Интенсивность образования и количество выбросов

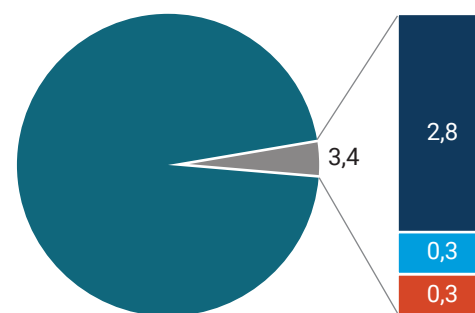
зависят от массы органических компонентов отходов и содержания в них углерода, а также технологий переработки, применяемых в отрасли [7]. Образующиеся в России ТКО представляют собой смесь материалов, в составе которой преобладают бумага (43,5 %) и пищевые отходы (29,5 %). Также в ТКО содержатся текстиль (4 %), пластик (5 %), дерево (1,5 %), металл, камни, стекло и другие компоненты [2, 8].

Кроме самих объектов обращения с отходами (полигонов, установок для сжигания и компостирования и др.), источником так называемых энергетических выбросов парниковых газов может быть и используемая для работы этих объектов энергия.

В 2019 г. выбросы парниковых газов от отрасли обращения с отходами\* превысили 72 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. и достигли 3,4 % совокупных выбросов с территории страны, а рост выбросов относительно уровня 1990 г. был наивысшим по сравнению с другими отраслями экономики – 119 % [2].

Вклад выбросов и их распределение по отдельным способам обращения с отходами приведены на **рисунке ▶ стр. 32**. Как следует из рисунка, ТКО являются основным источником парниковых газов: в 2019 г. их выбросы составили 66,2 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. и в основном состояли из  $\text{CH}_4$ , выделяющегося с полигонов захоронения ТКО [2].

С присоединением к Парижскому соглашению в 2019 г. перед Россией встала задача перехода на углеродно-нейтральное экономическое развитие, подкрепленная указом президента о сокращении выбросов парниковых газов к 2030 г. до уровня 70 % относительно 1990 г. В 2021 г. перед российской экономикой поставлена более амбициозная цель – сократить накопленную с 2021 по 2050 г. чистую эмиссию парниковых газов до значений, сравнимых с показателями Европейского союза [9–11]. Поскольку отрасль обращения с отходами является самым интенсивно растущим источником парниковых



- Выбросы парниковых газов в России, всего
- Выбросы  $\text{CH}_4$  от захоронения ТКО на полигонах
- Выбросы  $\text{CH}_4$  от захоронения ТКО на небольших объектах
- Выбросы  $\text{CH}_4$  от захоронения промышленных отходов

**Вклад отрасли обращения с отходами в совокупный выброс парниковых газов с территории Российской Федерации в 2019 г., % [2]. Вклад энергетических выбросов парниковых газов от сжигания ТКО и их компостирования незначителен**

газов, ограничение и затем снижение выбросов в этой отрасли следует рассматривать в качестве одного из приоритетных векторов низкоуглеродного развития российской экономики. При этом особое внимание необходимо уделить ТКО, учитывая их долю в общем профиле выбросов отрасли. Таким образом, проблема сокращения выбросов парниковых газов от ТКО согласуется с задачами ликвидации накопленного экологического вреда, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду в результате антропогенной деятельности. Очевидно, что решать их следует одновременно и комплексно, основываясь на практике, технологиях и опыте российских и зарубежных специалистов.

**ОТРАСЛЬ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ – САМЫЙ ИНТЕНСИВНО РАСТУЩИЙ ИСТОЧНИК ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ.**

\* В документе [2] в сектор «Отходы» включены выбросы парниковых газов от обращения как с отходами, так и с осадками сточных вод. Выбросы от использованной при этом электроэнергии и топлива не учтены. Суммарные выбросы в 2019 г. превысили 100 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. и достигли 4,7 % совокупных выбросов с территории страны.

ТКО образуются на территории страны повсеместно. Соответственно, экологически безопасная и одновременно углеродно-нейтральная стратегия обращения с ТКО должна охватывать все субъекты РФ и формироваться с учетом природно-климатической специфики и экономического функционала регионов. С 2018 по 2022 г. в России реализуется проект «Климатически нейтральное обращение с отходами в Российской Федерации». Данный проект осуществляется по поручению Федерального министерства окружающей среды, охраны природы, ядерной безопасности и защиты прав потребителей Германии (BMUV) в партнерстве с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации\*\*. Оператором проекта выступает Немецкое общество по международному сотрудничеству (GIZ GmbH). В рамках проекта проанализирована роль отрасли обращения с отходами в климатической политике России и изучен опыт Германии в области разработки мер по ограничению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и климат. В настоящей статье, подготовленной по результатам реализации проекта, рассмотрены принципы формирования экологически безопасного и одновременно углеродно-нейтрального обращения с ТКО, в том числе на региональном уровне.

## ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОГО ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА ОБРАЩЕНИЯ С ТКО

Основные способы предотвращения негативного воздействия ТКО на здоровье человека, окружающую среду и климат известны и включают: повторное использование содержащихся в отходах материалов и уменьшение их органической массы, сокращение объемов захоронения на полигонах, замену захоронения технологиями углубленной переработки или пиролиза (сжигания) с получением тепла и электроэнергии и, наконец, вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве мате-



риалов и энергетических ресурсов [8]. Системный подход, обеспечивающий одновременную реализацию всех перечисленных мер, получил название экономики замкнутого цикла. Ее внедрение в Германии было начато в середине 1980-х гг. и сейчас реализуется на территории всей страны [12–14].

Экономика замкнутого цикла позволила практически полностью исключить захоронение на полигонах необработанных отходов, в том числе той их части, которая является источником парниковых газов. Благодаря внедрению экономики замкнутого цикла выбросы парниковых газов в сфере обращения с отходами в Германии в основном связаны со старыми и в большинстве своем законсервированными полигонами, тогда как от новых образующихся отходов их величина минимальна [15, 16]. При полном учете методом баланса выбросов она может быть и отрицательной.

В ноябре 2017 г. Президент Российской Федерации обязал реформировать отрасль обращения с ТКО с акцентом на вторичное использование отходов. Данное поручение также вошло в Послание Федеральному Собранию в 2021 г. [6, 17]. В результате в российском законодательстве заложено комплексное развитие системы обращения с отходами, включая

создание условий для переработки отходов, возврат вторичного сырья в хозяйственный оборот [18], а также снижение объемов захоронения отходов. Реформирование отрасли обращения с отходами в России согласно принципам экономики замкнутого цикла предусмотрено приоритетным национальным проектом «Экология» и документами стратегического планирования [3, 4, 6, 19, 20]. Отдельные составные элементы экономики замкнутого цикла включают в себя: предотвращение образования отходов, отдельный их сбор, принцип расширенной ответственности производителя, использование наилучших доступных технологий и др. Многие из перечисленных элементов уже присутствуют в той или иной степени в российском законодательстве либо находятся на стадии разработки.

Снижение выбросов парниковых газов в отрасли обращения с отходами достигается среди прочего следующими методами [8, 21–23]:

- **уменьшение массы органических отходов и органических компонентов ТКО.** Наиболее эффективным при этом является разделение отходов у источников образования (в домохозяйствах), что активно внедряется и в Российской Федерации. Однако стоит отметить, что в России органика не выделяется в отдельно собирае-

\*\* С научно-практическими и учебными материалами проекта можно ознакомиться на его официальном сайте: <http://www.otxod.com>.



мый поток, а отправляется в бак вместе со смешанными отходами;

- **использование вторичного сырья**, так как выбросы парниковых газов от вторичной переработки материалов зачастую значительно ниже, чем от первичного производства соответствующих продуктов (например, при производстве металлов). Потенциал снижения выбросов также зависит от выхода продукта и места размещения отделенных остатков сортировки и обработки [16];

- **преобразование выделяющегося на полигонах ТКО  $\text{CH}_4$  в составе биогаза в  $\text{CO}_2$  путем сжигания**. Известно, что  $\text{CO}_2$  обладает меньшим парниковым эффектом. В России подобные проекты уже реализуются в Московской области. Несмотря на проблемы с качеством биогаза, исследования показали, что в биогазе, образующемся на крупных полигонах ТКО, может содержаться до 50 %  $\text{CH}_4$  и, следовательно, его можно использовать в энергетических установках [2, 8]. Так, на крупнейшем полигоне «Тимохово» запланировано строительство биогазового комплекса анаэробно-сбраживания с биотенками (ферментаторами) для переработки органических отходов общей мощностью 200 тыс. т/год и участком электрогенерации из пяти блочных ТЭС мощностью по 2 МВт каждая;

- **захоронение инертной массы, получаемой вследствие энергетиче-**

**ской и биологической обработки отходов**. Как было сказано, с 2005 г. в Германии запрещено захоронение необработанных отходов. Отходы, не подлежащие вторичной переработке, и остатки сортировки отправляются на механико-биологическую обработку либо на энергетическую утилизацию. Оставшиеся золу и шлаки направляют на захоронение в виде стабилизированной инертной массы.

Как правило, работа мусоросжигательных заводов во многих странах мира не находит широкого одобрения и зачастую подвергается критике как со стороны общества, так и со стороны экспертов. Помимо проблемы с загрязнением воздуха, отмечается нерациональное использование ресурсов и отрицательный баланс выбросов парниковых газов. Немецкие исследователи отмечают, что хотя наличие прямых выбросов парниковых газов из-за связанного в отходах ископаемого углерода компенсируется положительными эффектами от производства энергии из отходов (см. ниже), суммарный баланс выбросов от него значительно больше, чем при вторичной переработке.

При использовании технологий компостирования выбросы парниковых газов практически отсутствуют. При анаэробном сбраживании (ферментации) образуемый биогаз может сжигаться в том числе в качестве топлива и использоваться в сельском хозяйстве. Существует мнение, что анаэ-

робное сбраживание обеспечивает более значимый вклад в защиту климата за счет производства энергии, нежели компостирование, при котором низкий уровень выбросов парниковых газов достигается только путем точного следования технологиям [24]. Несмотря на плюсы таких технологий, на данном этапе они не нашли должного применения в России [20].

**Утилизация биогаза, а также сжигание органических отходов** позволяют добиться дополнительного сокращения выбросов парниковых газов, поскольку здесь идет речь о применении углеродно-нейтрального биотоплива, замещающего ископаемое. Положительный эффект тем больше, чем выше доля замещения ископаемого топлива в комбинированной системе традиционного производства энергии страны или региона. В России использование отходов в качестве топлива отнесено к возобновляемым источникам энергии и поддерживается государством. Однако следует учитывать, что при курсе на декарбонизацию производства энергии и защиту климата данный потенциал экономии выбросов, вероятно, потеряет свою актуальность.

Помимо описанных задач экономики замкнутого цикла, технологии дегазации полигонов ТКО, включающие сбор и сжигание биогаза, содержащего метан, применяют для минимизации негативных экологических эффектов, в том числе накопленного

С учетом экономии за счет вторичного использования отходов или получения энергии из отходов (метод экологического баланса) в Германии в 2006 г. выбросы сократились на 18 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. Уменьшению нагрузки способствовало вторичное использование отходов бумаги, стекла и пластмасс и замена первичного производства таких ресурсов. С введением запрета на захоронение необработанных отходов выбросы отрасли дополнительно снизились на 38 млн т  $\text{CO}_2$ -экв. Таким образом, суммарное сокращение выбросов в 2006 г. по сравнению с исходным 1990 г. достигло 56 млн т  $\text{CO}_2$ -экв., что соответствует 24 % общего снижения, достигнутого в Германии. В Национальном кадастре, который отражает только прямые неэнергетические выбросы парниковых газов от отрасли обращения с отходами, ее вклад потенциального снижения составляет, как правило, от 2 до 5 % всей национальной экономики [15].

ущерба [3, 18]. Снижение накопленного вреда и сокращение выбросов парниковых газов также достигается путем рекультивации закрытых полигонов.

Несмотря на описанные мероприятия и технологии, в России выбросы парниковых газов от отрасли обращения с отходами все еще растут, а применение низкоуглеродных технологий в этом секторе в целях ресурсосбережения и снижения негативного климатического воздействия крайне ограничено и практически не используется. Очевидно, что сложившаяся ситуация не отвечает целям и задачам климатической политики России.

Несмотря на заложенные нормативно-правовым регулированием элементы экономики замкнутого цикла и реформирование отрасли, основным способом обращения с отходами все еще остается размещение на полигонах. Комплексная переработка отходов либо сжигание с получением энергии или биогаза носят ограниченный характер. Между тем текущее реформирование российской отрасли обращения с отходами представляет уникальную возможность определения оптимальных способов утилизации ТКО, которые будут сочетать снижение негативного воздействия на окружающую среду и на климат.

С введением в 2016 г. института регоператоров по обращению с ТКО организационно-финансовая структура системы обращения с отходами претерпела значительные изменения. Теперь работа в этом секторе в субъектах РФ ведется регоператорами на основе специально разработанных региональных программ и терсхем обращения с отходами, в том числе с ТКО (далее – региональная программа и терсхема). При этом объекты, находящиеся в ведении этих организаций, являются источниками парниковых газов и оказывают негативное экологическое воздействие, а применяемые на них технологии и порядок их использования определяются региональными программами и терсхемами. В круг задач, которые решаются в рамках региональных программ, также входит ми-



## К сведению

Прямых требований по снижению выбросов парниковых газов при обращении с ТКО в стратегически важных документах пока нет.

нимизация накопленного экологического вреда, снижение загрязнения окружающей среды, сокращение образования отходов и их вовлечение в хозяйственный оборот [25]. В дальнейшем такие региональные программы и терсхемы лягут в основу документов стратегического планирования федерального уровня в сфере обращения с отходами.

При этом в документах, определяющих как задачи и состав терсхем, так и порядок обращения с ТКО, не содержатся прямые требования и меры по снижению выбросов парниковых газов [8]. Однако в будущем в рамках климатической политики России и принятой в ноябре текущего года Стратегии долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года возможно изменение этой ситуации.

Для централизованного формирования комплексной системы обращения с ТКО и управления ею в 2019 г. была создана публично-правовая компания «Российский экологический оператор» (далее – ППК РЭО) [5]. В числе целей ППК РЭО указаны и такие, как предотвращение вредного воздействия ТКО на здоровье человека и окружающую среду, вовлечение ТКО в хозяйственный оборот. Обсуждается принятие нового закона о функциях и полномочиях ППК РЭО (<https://regulation.gov.ru/projects#npa=119679>). Предполагается, что после его принятия ППК РЭО сможет полноценно участвовать в государственной политике не только по охране окружающей среды, но и в области противодействия изменениям климата.

Тем не менее окончательный выбор мероприятий и технологий об-

ращения с отходами лежит на регионах и специалистах, ответственных за разработку соответствующих терсхем. При этом в разрабатываемых терсхемах должны быть учтены природно-климатические условия и региональная специфика образования отходов и обращения с ними, что определяет характер и степень воздействия ТКО на окружающую среду и климат.

Таким образом, региональные системы управления ТКО являются средством внедрения эффективных низкоуглеродных и экологически безопасных инструментов. А подходы к формированию на региональном уровне безопасных с точки зрения воздействия на окружающую среду и климат систем обращения с ТКО рассмотрим в следующем номере журнала «ТБО». ♻️

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К СТАТЬЕ ПРИВЕДЕН НА САЙТЕ ЖУРНАЛА.

