

Охрана окружающей среды и заповедное дело. 2025. Том 6. № 3. С. 61–71.
Environment protection and nature reserve management. 2025. Vol. 6. Ls. 3. P. 61–71.

Обзорная статья
УДК 658.567.1:628.477

РАЦИОНАЛЬНОЕ ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Дмитрий Христофорович Михайлиди¹,
Николай Геннадьевич Фалалеев²**

^{1,2}Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», г. Мытищи, Российская Федерация

¹ d.mikhailidi@eipc.center, <https://orcid.org/0009-0005-6491-0710>

² n.falaleev@eipc.center, <https://orcid.org/0009-0009-1946-7501>

Аннотация. Проведен анализ нормативных документов в области размещения отходов и последующей ликвидации объектов размещения. Рассмотрено взаимодействие областей применения информационных справочников по наилучшим доступным технологиям в сфере обращения с отходами. Проанализированы проблемы, возникающие при актуализации справочников «Размещение отходов производства и потребления» и «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде», которые проявились при подготовке и получении комплексных экологических разрешений. На примере размещения твердых коммунальных отходов на полигонах подтверждены выводы о нецелесообразности определения технологических показателей в виде концентрации загрязняющих веществ в сопредельных средах или удельных значений, характеризующих потоки таких веществ для определенных технологических операций. Предложены решения в области рационального обращения с отходами и актуализации соответствующих информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, информационно-технический справочник, маркерное вещество, технологический показатель, размещение отходов, объекты накопленного вреда окружающей среде

Для цитирования: Михайлиди Д.Х., Фалалеев Н.Г. Рациональное обращение с отходами производства и потребления через призму наилучших доступных технологий // Охрана окружающей среды и заповедное дело. 2025. Том 6. № 3. С. 61–71.

Review article

SOLUTIONS FOR INDUSTRIAL AND MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT THROUGH THE PRISM OF THE BEST AVAILABLE TECHNIQUES

Dmitriy Kh. Mikhailidi¹, Nikolay G. Falaleev²

^{1,2}Research Institute “Environmental Industrial Policy Center”, Mytishchi, Russian Federation

¹ d.mikhailidi@eipc.center, <https://orcid.org/0009-0005-6491-0710>

² n.falaleev@eipc.center, <https://orcid.org/0009-0009-1946-7501>

Abstract. Analysis has been carried on regulatory documents for waste management in the areas of its disposal and subsequent reduction of long-term harmful landfills. The interrelatedness was considered in application of reference documents on the Best Available Techniques for waste management. Issues are analyzed during updating of «Disposal of industrial and municipal waste» and «Elimination of accumulated environmental damage objects» as well as during the preparation and adoption of integrated environmental permits. The example of municipal solid waste disposal confirms non-feasible definition of environmental performance indicators like concentrations of pollutants in adjacent environment or specific values characterizing the flow of such substances for certain technological operations. Solutions are proposed for waste management and updating of appropriate reference documents on the Best Available Techniques.

Keywords: best available techniques, national guide document, marker substance, environmental performance indicator, waste disposal, accumulated damage

For citation: Mikhailidi D. K., Falaleev N. G. Solutions for industrial and municipal waste management through the prism of the best available techniques // Environment protection and nature reserve management. 2025. Vol.6. Ls.3. P. 61–71.

Введение

В Российской Федерации утверждены государственные программы различного уровня, нацеленные на улучшение окружающей среды для современного общества. Поставленные задачи и показатели результативности сосредоточены вокруг основополагающего принципа экономики замкнутого цикла – максимальной степени извлечения вторичных ресурсов из отходов производства и потребления и использование максимально возможной доли вторичного сырья при производстве продукции. Минприроды России при участии Бюро наилучших доступных технологий (далее – НДТ) была разработана серия информационно-технических справочников НДТ (далее – ИТС), которые обеспечивают природопользователей информацией об оправдавших себя и перспективных практиках обращения с отходами, позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду. К ним относятся следующие [1, 2, 3, 4, 5]:

- «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» (ИТС 9);
- «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)» (ИТС 15);
- «Размещение отходов производства и потребления» (ИТС 17);
- «Обращение с отходами I и II классов опасности» (ИТС 52);
- «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде» (ИТС 53).

Оригинальная структура обсуждаемых ИТС отражает как российский опыт, так и европейские подходы, в ИТС описаны наилучшие практики утилизации, современные методы обезвреживания, хранения и ликвидации объектов негативного воздействия (см. рис. 1) [6]. Если образующийся отход представляет повышенную опасность (I и II класс), то первоначальное обращение с ним необходимо проводить с использованием технологий, описанных в ИТС 52 [7].

В процессе обработки неопасных отходов возможен сырьевой (нетермическая утилизация, ИТС 15) или энергетический (термическая утилизация, ИТС 9)

полезный жизненный цикл продукта. Часть отходов, не имеющая перспектив, полезной (или вторичной) утилизации, должна быть захоронена [8]. Часть, содержащая в себе вторичные ресурсы в ожидании накопления партии, экономически оправданной к перемещению, должна храниться в соответствии с ИТС 17. Образованный в результате захоронения твердых и жидких отходов за период деятельности предприятия объект накопленного вреда окружающей среде ликвидируется в соответствии с ИТС 53, область применения которого затрагивает контур обработки отходов. Во-первых, со временем появляются рентабельные, экономически целесообразные технологии и оборудование для максимизации извлечения вторичных ресурсов из отходов, в том числе, размещенных десятки лет назад, а, во-вторых, существует потребность в восстановлении природно-антропогенных сред обитания [9].



Рисунок 1. Архитектура взаимодействия «отходных» ИТС в России
Figure 1. Interrelatedness between waste management Reference Documents in Russia

Источник: рисунок составлен авторами.

В 2024 году завершилась плановая актуализация ИТС 17, а в 2025 году началась плановая актуализация ИТС 53.

Цель данной статьи состоит в анализе применимости данных ИТС для технологического нормирования эмиссий загрязняющих веществ в процессе обращения с отходами, а также разработке рекомендаций для их последующей актуализации.

Основная часть

Характерная для Российской Федерации структура отходов производства и потребления представлена на рисунке (см. рис. 2). Обращает на себя внимание преобладание малоопасных однородных отходов горнодобычи. Отходы обрабатывающих производств могут требовать первоначального обезвреживания, но, как правило, их состав также однороден. Твердые коммунальные отходы (далее – ТКО) составляют менее 1% в общей массе, однако их состав весьма разнообразен, эти отходы содержат большое количество ценных компонентов. Так, массовое содержание некоторых редкоземельных элементов в электронном ломе превышает их концентрации в обогащенной руде.



Рисунок 2. Вклад добычи, производства и потребления в образование отходов, в процентах
Figure 2. Contribution of mining, production and consumption to waste generation, in percent

Источник: [10].

Комплексный анализ областей применения «отходной» серии ИТС позволяет понять общую парадигму обращения с отходами, и именно ее должен придерживаться сознательный природопользователь XXI века. При этом, хозяйствующим субъектам, многие из которых относятся к I категории негативного воздействия на окружающую среду (далее – НВОС), необходимо получить комплексное экологическое разрешение (далее – КЭР), регламентирующее допустимые уровни НВОС на ближайшие 7 лет и показатели экологической эффективности предприятия в целом. Возникает необходимость установления измеримых показателей для технологического нормирования НВОС.

ИТС разрабатывались в отдельных Технических рабочих группах, объединяющих представителей промышленности, науки, государственных органов, общественных организаций, при этом многие взаимосвязи стали очевидны только тогда, когда началось массовое оформление КЭР. Полигоны имеют свои особенности, не позволяющие объективно сравнивать их технологические показатели в одной системе отсчета с показателями НДТ, установленными в ИТС. В результате при превышении показателей объект НВОС не соответствует НДТ и расходы природопользователя возрастают, поскольку дополнительно требуется разработка и внедрение программы повышения экологической эффективности, с результатом снижения воздействия до уровня НДТ, установленного, опять же, без учета особенностей полигона. Поэтому объективность технологического нормирования становится определяющей для темпов развития отрасли по обработке отходов.

ИТС 17-2024 распространяется на технологии (технологические процессы, методы, способы, оборудование и средства) размещения (хранения и захоронения) отходов на специальных объектах. Речь идет о твердых и жидких субстратах и породах, образующихся при добыче и/или обогащении полезных ископаемых, отходов производства продукции, энергии, рассматриваются ключевые аспекты обустройства и применения различных видов хранилищ и систем захоронения. ИТС 17 содержит описание 19 технологических и организационных подходов

определенных как НДТ; установлено 1 (одно) маркерное вещество для атмосферного воздуха и 6 технологических показателей его выбросов для различных климатических условий размещения коммунальных отходов.

ИТС НДТ 53-2022 распространяется на деятельность по ликвидации или консервации накопленного вреда окружающей среде применительно к объектам, включенным в соответствующий государственный реестр. Речь идет как о природных, так и об антропогенных объектах, где предыдущая деятельность создала источник, дальнейшее существование которого несовместимо с формированием благоприятной окружающей среды. ИТС 53 содержит описание методов обработки, обезвреживания, утилизации, размещения отходов, частично описанных в других «отходных» ИТС, с учетом рисков, возникающих при длительном хранении загрязняющих веществ, при этом 7 технологических и организационных подходов определены в качестве НДТ. Маркерные вещества и количественные технологические показатели не определены ввиду сложности их установления. ИТС не применим для нормирования текущей хозяйственной деятельности, а предназначен для уже закрытых производств.

Анализ ИТС 17-2024

ИТС 17-2024 – третья итерация национального документа стандартизации в сфере размещения отходов производства и потребления. К сожалению, не все процессы, ежедневно применяющиеся на полигонах, удалось рассмотреть для отдельного включения в список НДТ, хотя они упомянуты в рамках других комплексных технологий. В числе не обозначенных следует выделить:

- визуальный контроль отходов при их поступлении на полигон для определения соответствия сопроводительным документам (паспортам);
- радиационный контроль отходов;
- выборочный анализ компонентного состава отходов;
- взвешивание отходов; дезинфекция колес на выезде транспорта с территории полигона ТКО;
- мойка колес на выезде транспорта с объекта размещения отходов производства;
- проведение мониторинга воздействия полигона на атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды.

Это подтверждает необходимость модификации подходов к разработке ИТС с использованием большего количества источников информации и расширением экспертного охвата.

Целесообразно разделить НДТ 2.15 «Устройство системы дегазации на объекте захоронения твердых коммунальных отходов» для объектов, оснащенных системами пассивной и активной дегазации и отнести к подразделу 5.3 «Наилучшие доступные технологии при закрытии объектов размещения отходов». Дегазация обычно проводится после закрытия полигона размещения отходов, либо отдельной карты в его составе, а технологии дегазации принципиально различаются по способу отвода биогаза [11].

Содержание подразделов 5.4 и 5.5, в которых рассмотрены вопросы производственного экологического контроля на объектах размещения отходов (далее – ОРО) и мониторинга окружающей среды вокруг ОРО ограничено, поскольку владельцы полигонов не раскрыли при анкетировании соответствующую информацию. В соответствии с действующим законодательством, на каждом ОРО разрабатывается техрегламент проведения работ и проводится ежеквартальный мониторинг [12]; результаты направляются в Росприроднадзор, а его специалисты

входят в состав технических рабочих групп по разработке ИТС. Таким образом, для установления технологических показателей необходимо использовать информацию электронной базы Росприроднадзора.

При актуализации ИТС рекомендуется учесть технологии, предложенные к реализации в строительных нормах и правилах, а также расширить перечень технологий, применяемых при рекультивации ОРО – в настоящее время только один процесс определен в качестве НДТ [13].

Технологические показатели выбросов маркерного вещества – метана CH_4 – установлены для захоронения ТКО на объектах, для которых государственной экологической экспертизой подтверждена возможность пассивной дегазации. Обоснование выбора данного критерия для определения объекта технологического нормирования и определения технологического показателя требует уточнения. Биогаз выделяется в процессе анаэробного разложения органики в теле полигона вне зависимости от того, какая дегазация (активная или пассивная) будет применена (или не будет применена совсем) после вывода данного ОРО из эксплуатации. В настоящее время большинство владельцев полигонов не могут достоверно прогнозировать, какая система дегазации будет использована после вывода из эксплуатации отдельных карт или ОРО в целом. Принятие технического решения зависит от многих факторов: площади полигона, массы размещенных отходов, фактического выделения свалочного газа и, как правило, требует дополнительной рекогносцировки [14].

Технологическое нормирование выбросов метана как загрязняющего вещества на основе технологических показателей, выраженных в виде удельных значений – килограмм метана на тонну захороненных отходов – представляется малоэффективным. Образование свалочных газов в теле полигона – процесс длительный и слабо управляемый: количество биогаза эквивалентно количеству захороненных органических отходов [15], и он будет выделяться в окружающую среду на протяжении многих лет после закрытия ОРО. Таким образом, рекомендуется перейти от нормирования следствия (выбросов метана) к нормированию причины – захоронению органических отходов. В исследованиях показано прогнозное снижение выбросов метана при сортировке отходов на полигоне ТКО: сокращение поступления органики на 50 % дает уменьшение выбросов метана в шесть раз (см. рис.3) [16,17].

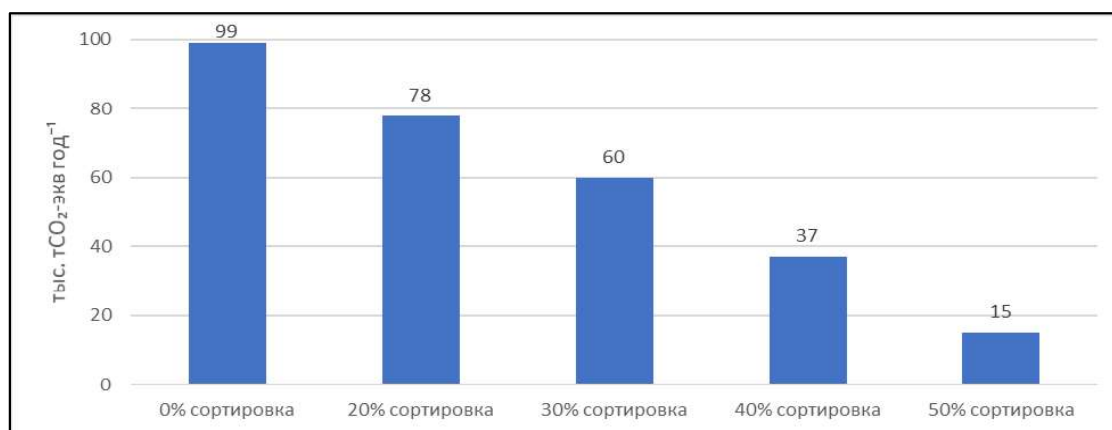


Рисунок 3. Выбросы метана после сортировки и при компостировании пищевых отходов, тыс. т $\text{CO}_2\text{-экв}$ в год

Figure 3. Methane emissions after sorting and composting food waste, thousands of tonnes $\text{CO}_2\text{-eq}$ per year

Источник: [17].

Предлагается изменить подход к регулированию НВОС от деятельности всех видов ОРО: устанавливать норматив размещения органических отходов с постепенным уменьшением их доли до уровня не более 15 % от общей массы (критерий из ИТС 17-2024, при котором достигается приемлемый уровень эмиссии метана).

Дополнительным критерием при регулировании НВОС возможно считать отсутствие превышения предельных допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздухе, поверхностных и подземных водах, по результатам мониторинга за последние семь лет.

При условии достижения обоих критериев, полигону будет выдаваться КЭР; в противном случае будет необходимо разрабатывать программу повышения экологической эффективности. Такой подход сократит затраты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей – эксплуатантов ОРО – на разработку разрешительной документации и упростит процедуру регулирования НВОС в процессе эксплуатации, а также значительно снизит расходы на рекультивацию, поскольку устройство системы дегазации при условии минимизации входящих потоков органических веществ может не потребоваться.

Анализ ИТС НДТ 53-2022.

Объекты накопленного вреда окружающей среде можно ликвидировать двумя способами: либо на месте, либо с вывозом отходов в места специализированной утилизации / обезвреживания / размещения. Большинство технологий, применимые для этого, описаны в ИТС 9, ИТС 15, ИТС 17.

ИТС 53 задумывался в помощь разработчикам проектов по ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде, в первой редакции содержится ограниченное количество методов, признающихся как НДТ, которые частично описаны в ИТС 17.

Существующий алгоритм определения НДТ с установлением технологических показателей выбросов и сбросов для этого ИТС плохо применим, так как многие объекты НВОС уникальны по сути (имеются только в одном экземпляре) и могут требовать особых подходов и технологических решений с учетом специфического набора характеристик [18].

ИТС не распространяется на ликвидацию биологических, медицинских и радиоактивных отходов. Однако в составе несанкционированных свалок мусора чаще всего встречаются все виды отходов (иногда и радиоактивных). Поэтому целесообразно указать, какие технологии следует применять для ликвидации любых смесей разнородных отходов.

При актуализации ИТС предлагается дополнить раздел «Область применения» следующей формулировкой: «ИТС 53 рекомендуется также использовать для работ по ликвидации вреда окружающей среде на территориях военных и других закрытых объектов, беллигеративных ландшафтах. Вреда окружающей среде, возникшего в результате чрезвычайных ситуаций антропогенного и природного происхождения, а также на всех этапах рекультивации указанных объектов». Большая часть новых регионов России представляет ландшафт, измененный военными действиями (беллигеративный), и надо быть готовым к их длительному восстановлению, имея под рукой набор технологических решений. Таяние вечной мерзлоты, наводнения, ураганы причиняют большой вред природе при разрушении антропогенных объектов – целесообразно также распространить область применения ИТС и на ликвидацию последствий различных чрезвычайных ситуаций.

Предлагается уточнить область применения ИТС в формулировке: «Ликвидация объектов накопленного вреда, состоящих частично или полностью из радиоактивных, биологических и медицинских отходов может осуществляться с применением технологий, рассмотренных в настоящем ИТС, с учетом дополнительных требований нормативных правовых актов соответствующих ведомств по надзору».

ИТС 53 отличается от всех других справочников, так как рассматривает технологии по ликвидации последствий НВОС объектов, деятельность на которых уже не ведется, и собственник которых может быть неизвестен (в других ИТС рассмотрены действующие объекты). Подходы к его разработке не вписываются в общепринятый алгоритм анкетирования, выбора маркерных веществ, установления технологических показателей, энергетической и ресурсной эффективности. Данный ИТС следует разрабатывать на основании успешно примененных технологий при ликвидации объектов НВОС и последствий аварий (информация есть в Росприроднадзоре и Минприроды России), а также дополнять технологиями, прошедшими экологическую экспертизу (информация есть в Росприроднадзоре). Чтобы справочник был актуален и полезен, в качестве НДТ должно быть включено как можно больше существующих и перспективных технологий.

Заключение

В результате проведенного исследования сделан вывод о возможности и целесообразности объединения всех пяти ИТС в сфере обращения с отходами в единый справочник для того, чтобы устранить дублирование информации и описать технологии по обращению с отходами и вторичными ресурсами с учетом жизненного цикла продукции и жизненного цикла объекта НВОС.

Исследование подтверждает правильность заключений о формировании единой системы технологических решений по обращению с отходами, а также показывает, что нецелесообразно проводить технологическое нормирование ОРО на основании удельных показателей выбросов загрязняющих веществ.

Техническим рабочим группам по разработке ИТС рекомендуется акцентировать внимание на выборе оптимальных технологических показателей для различных производственных процессов. Как показывает практика получения КЭР, в некоторых случаях уместнее внедрять технологические показатели, подтверждающиеся данными инструментального контроля и выражающиеся в виде показателей энергетической и ресурсной эффективности, а также (на примере отходов) в виде других объективных характеристик технологических процессов.

Источники

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» (ИТС 9-2020). Утвержден Росстандартом 23.12.2020, № 2181. URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1500&etkstructure_id=1872 (дата обращения 2025-04-15).

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)» (ИТС 15-2021). Утвержден Росстандартом 22.12.2021, № 2964. URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1667&etkstructure_id=1872 (дата обращения 2025-04-15).

3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Размещение отходов производства и потребления» (ИТС 17-2024). Утвержден Росстандартом 24.12.2024, № 3070. URL:

https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=2281&etkstructure_id=1872 (дата обращения 2025-04-15).

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обращение с отходами I и II классов опасности» (ИТС 52-2022). Утвержден Росстандартом 22.09.2022, № 2333. URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1785&etkstructure_id=1872 (дата обращения 2025-04-15).

5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде» (ИТС 53-2022). Утвержден Росстандартом 12.12.2022, № 3111. URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1842&etkstructure_id=1872 (дата обращения 2025-04-15).

6. Смирнова Т. С., Голуб О. В. Анализ результатов мониторинга реализации Стратегии развития отходов перерабатывающей промышленности в России // Экономика устойчивого развития. – 2023. – № 2(54). – С. 68-74. DOI 10.37124/20799136_2023_2_54_68.

7. Цховребов Э. С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов. // Вестник МГСУ. – 2018. – №13(11 (122)). – С. 1326-1340.

8. Гранкина В. О., Трошина Е. А. Проблемы захоронения отходов техносферного производства / Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве // Материалы I Международной научной конференции. // Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. – 2023. – С. 170-172.

9. Пичугин Е. А., Шенфельд Б. Е. Здоровье граждан и продолжительность их жизни как критерий при оценке негативного воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на состояние окружающей среды и человека // Экология урбанизированных территорий. – 2021. – №3. – С. 62-70.

10. Сведения об образовании, обработке, утилизации отходов производства и потребления, представленные региональными операторами и операторами, осуществляющими деятельность с твердыми коммунальными отходами по форме 2-ТП (отходы) за 2024 год. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения 2025-04-15).

11. Гонопольский А.М., Широченков А.И., Тимофеева А.А. Сравнительный анализ эффективности схем пассивной и управляемой активной дегазации полигонов ТКО // Экология и промышленность России. – 2024. – №28(12). – С. 28-33. DOI 10.18412/1816-0395-2024-12-28-33.

12. Горшкова Ю. О., Мирошниченко А.П. Организация мониторинга состояния и воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов на пост эксплуатационном этапе / Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: Сборник тезисов докладов участников II Международной научно-практической конференции // Керченский государственный морской технологический университет. – 2021. – С. 576-579.

13. Мякишева А. В., Сомова Т. Н., Ощепкова А. З. Проблемы учета выведенных из эксплуатации объектов размещения отходов / Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды: Сборник материалов школы-семинара памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка // Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2022. – С. 303-307.

14. Zhao H., Themelis N., Bourtsalas A., McGillis W. R. Methane emissions from landfills // Columbia University. – 2019. – No 71. – p. 233.

15. Верещак Е.В., Тихонова И.О. Оценка возможности снижения выбросов парниковых газов от отходов, размещаемых на полигоне ТКО // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. – 2022. – т. XXXIII. – № 1-2. – С. 38-48. DOI 10.21513/0207-2564-2022-1-2-38-48.

16. Wang Y., Fang M., Lou Z. Methane emissions from landfills differentially underestimated worldwide // *Nature Sustainability*. – 2024. – No 7. – pp. 496–507. DOI 10.1038/s41893-024-01307-9.

17. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. Том 5. Отходы. // МГЭИК. – 2006. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol5.html> (дата обращения 2025-04-15).

18. Скобелев Д. О., Волосатова А. А., Гусева Т. В., Панова С. В. Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зеленого финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах-членах Евразийского экономического союза // *Вестник евразийской науки*. – 2024. – №14(2). – С. 36. URL: <https://esj.today/PDF/36ECVN222.pdf> (дата обращения: 23.05.2025).

References

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Utilizacija i obezvrezhivanie othodov termichesкими способами» (ITS 9-2020). – Rosstandart, 2020, No 2181 (in Russ). URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1500&etkstructure_id=1872 (accessed at 2025-04-15).

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Utilizacija i obezvrezhivanie othodov (krome termichesких способов)» (ITS 15-2021). – Rosstandart, 2021, No 2964 (in Russ). URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1667&etkstructure_id=1872 (accessed at 2025-04-15).

3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Razmeshhenie othodov proizvodstva i potreblenija» (ITS 17-2024). – Rosstandart, 2024, No 3070 (in Russ). URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=2281&etkstructure_id=1872 (accessed at 2025-04-15).

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Obrashhenie s othodami I i II klassov opasnosti» (ITS 52-2022). – Rosstandart, 2022, No 2333 (in Russ). URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1785&etkstructure_id=1872 (accessed at 2025-04-15).

5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Likvidacija ob#ektov nakoplenного вреда okružhajushhej srede» (ITS 53-2022). – Rosstandart, 2022, No 3111 (in Russ). URL: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1842&etkstructure_id=1872 (accessed at 2025-04-15).

6. Smirnova T. S., Golub O. V. Analiz rezul'tatov monitoringa realizacii Strategii razviti-ja othodopererabatyvajushhej promyshlennosti v Rossii // *Jekonomika ustojchivogo razviti-ja* (in Russ). – 2023, No 2(54). – pp. 68-74. DOI 10.37124/20799136_2023_2_54_68

7. Chovrebov Je. S. Jekologo-jekonomicheskie aspekty planirovanija razmeshhenija i proektirovanija promyshlennyh ob#ektov po obrabotke, utilizacii, obezvrezhivaniyu othodov (in Russ). // *Vestnik MGSU*. – 2018, No 13 (11 (122)). – pp. 1326-1340.

8. Grankina V. O., Troshina E. A. Problemy zahoronenija othodov tehnosfernogo pro-izvodstva / Problemy tehnosfernoj i jekologicheskoy bezopasnosti v promyshlennosti, stroitel'stve i gorodskom hozjajstve (in Russ) // *Materialy I Mezhdunarodnoj nauchnoj konfer-encii*. // *Donbasskaja nacional'naja akademija stroitel'stva i arhitektury*. – 2023. – pp. 170-172.

9. Pichugin E. A., Shenfel'd B. E. Zdorov'e grazhdan i prodolzhitel'nost' ih zhizni kak kriterij pri ocenke negativnogo vozdejstviya ob#ektov nakoplenного вреда okružhajushhej sredi na sostojanie okružhajushhej sredi i cheloveka (in Russ) // *Jekologija urbanizirovannyh terri-torij*. – 2021, No 3. – pp. 62-70.

10. Svedenija ob obrazovanii, obrabotke, utilizacii othodov proizvodstva i potreblenija, predstavlennye regional'nymi operatorami i operatorami, osushhestvljajushhimi dejatel'nost' s tverdymi kommunal'nymi othodami po forme 2-TP (othody) za 2024 god (in Russ). URL:

<https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (accessed at 2025-04-15).

11. Gonopol'skij A.M., Shirochenkov A.I., Timofeeva A.A. Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti shem passivnoj i upravljaemoj aktivnoj degazacii poligonov TKO (in Russ) // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2024, No 28 (12). – pp. 28-33. DOI 10.18412/1816-0395-2024-12-28-33

12. Gorshkova Ju. O., Miroshnichenko A.P. Organizacija monitoringa sostojanija i vozdejstvija na okruzhajushhuju sredu ob#ektov razmeshhenija othodov na post jekspluatacionnom jetape (in Russ) / Innovacionnye napravlenija integracii nauki, obrazovanija i proizvodstva: Sbornik tezisov dokladov uchastnikov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii // Kerchenskij gosudarstvennyj morskoy tehnologicheskij universitet. – 2021. – pp. 576-579.

13. Mjakisheva A. V., Somova T. N., Oshhepkova A. Z. Problemy ucheta vyvedennyh iz jekspluatacii ob#ektov razmeshhenija othodov (in Russ) / Jekologicheskaja bezopasnost' v uslovijah antropogennoj transformacii prirodnoj sredy: Sbornik materialov shkoly-seminara pamjati N.F. Rejmersa i F.R. Shtil'marka // Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet. – 2022. – pp. 303-307.

14. Zhao H., Themelis N., Bourtsalas A., McGillis W. R. Methane emissions from landfills // Columbia University. – 2019, No 71. – p. 233.

15. Vereshhak E.V., Tihonova I.O. Ocenka vozmozhnosti snizhenija vybrosov parnikovyh gazov ot othodov, razmeshhaemyh na poligone TKO (in Russ) // Jekologicheskij monitoring i modelirovanie jekosistem. – 2022, Vol. XXXIII, No 1-2. – pp. 38-48. DOI 10.21513/0207-2564-2022-1-2-38-48.

16. Wang Y., Fang M., Lou Z. Methane emissions from landfills differentially underestimated worldwide // Nature Sustainability. – 2024, No 7. – pp. 496–507. DOI 10.1038/s41893-024-01307-9.

17. Rukovodjashhie principy nacional'nyh inventarizacij parnikovyh gazov. Tom 5. Othody. (in Russ) // MGJeIK. – 2006. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol5.html> (accessed at 2025-04-15).

18. Skobelev D. O., Volosatova A. A., Guseva T. V., Panova S. V. Primenenie koncepcii nailuchshih dostupnyh tehnologij v razlichnyh sistemah zelenogo finansirovanija: mezhdunarodnyj opyt i perspektivy ispol'zovanija v gosudarstvah-chlenah Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza (in Russ) // Vestnik evrazijskoj nauki. – 2024, No 14(2). – p. 36.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 20.07.2025; принята к публикации 25.07.2025.

The article was submitted 08.07.2025; approved after reviewing 20.07.2025; accepted for publication 25.07.2025.

Информация об авторах:

Михайлиди Дмитрий Христофорович – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник отдела методологии ресурсосбережения Федерального государственного автономного учреждения «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ ЦЭПП»).

Фалалеев Николай Геннадьевич – старший инженер отдела методологии ресурсосбережения Федерального государственного автономного учреждения «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ ЦЭПП»).