

Оценка цифровой трансформации системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Региональный аспект

Т. В. Тихонова

ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
tikhonova@iespn.komisc.ru

Аннотация

В решении региональных проблем усиливается значение актуальной, полной, структурированной и доступной информации по географии, количеству, объему и морфологии твердых коммунальных отходов (ТКО). Оценка использования цифровизации для повышения эффективного решения проблем в системе обращения с отходами стала целью исследования. В связи с этим представлен мировой, отечественный и региональный опыт внедрения цифровизации, предложен цифровой инструментарий для решения региональных проблем, оценен уровень использования цифровых решений. В регионе зафиксирован начальный процесс формирования системы цифровой трансформации и продвижение процесса цифровизации. В числе положительных аспектов внедрения – контроль со стороны населения и регионального оператора деятельности по транспортировке, объему и времени вывоза ТКО с места его сбора; уточнение объема образования отходов населением; определение остаточного объема всех полигонов региона; разработка своей электронной модели территориальной схемы. Основные причины ограничений заключаются в недостаточном обеспечении интернет-связи на территории региона; дорогоизнене информационных нововведений и особенно его обслуживания; жестким требованием использования только отечественных технологий; зависимостью от государственной поддержки.

Ключевые слова:

тврдые коммунальные отходы, цифровизация, Республика Коми, оценка цифровой трансформации

Введение

Процесс цифровизации экономики приводит к неизбежному изменению социально-экономической парадигмы, общества и отдельных его сфер, кардинальную смену организации управления и производства [1]. Термины «цифровизация» и «цифровая трансформация», несмотря на некую схожесть, различаются. Цифровизация подразумевает улучшение процессов за счет использования оцифрованных данных, программ для обработки этих данных, т. е. выгодное внедрение цифровых

Evaluation of digital transformation of municipal solid waste management system. Regional aspect

T. V. Tikhonova

Institute of Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar
tikhonova@iespn.komisc.ru

Abstract

In solving regional problems, the importance of relevant, complete, structured and accessible information on the geography, quantity, volume and morphology of solid waste is increasing. The purpose of this study is evaluating the role of digitalisation for the efficient solving of questions in the waste management system. In this regard, the paper illustrates the world, domestic, and regional experience of digitalization, proposes digital tools to solve regional problems, assesses the application level of digital solutions. The region is at the initial stage of forming the digital transformation system and advancing the digitalisation process. Among the positive aspects of this introduction – control by the population and the regional operator for the transportation, volume and time of municipal solid waste removal from its collection points; clarification of the volume of waste generation by the population; determination of residual volume of all polygons of the region; development of own electronic model of territorial scheme. The main reasons for the restrictions are the insufficient provision of Internet communication in the region, the high cost of information innovations and especially its maintenance, the strict requirement to use only domestic technologies, and the dependence on government support.

Keywords:

municipal solid waste, digitalisation, Komi Republic, digital transformation assessment

технологий для преобразования данных в информацию. Цифровая трансформация – глубокое и стратегическое преобразование организационных процессов, создание новых компетенций и моделей с помощью цифровых технологий [2].

Фокус исследования направлен на решение региональных проблем в системе обращения ТКО с учетом внедрения информационных технологий. Обращение с отходами включает деятельность по сбору, накопле-

нию, транспортированию, обработке/сортировке, утилизации/переработке, обезвреживанию и размещению/хранению отходов (рис. 1). Каждый этап может быть сопряжен с применением не только цифровых технологий, но и внедрением цифровой трансформации.

В северных регионах в условиях недостаточной обеспеченности населения социальной инфраструктурой, плохой транспортной связности, постоянного изменения системы расселения ухудшается доступность социальных услуг [2]. Это можно отнести и к ситуации обращения с ТКО. Особенности Республики Кomi влияют на большинство мероприятий по управлению отходами, среди которых:

- неравномерное распределение ареалов образования ТКО, обусловленное низкой плотностью населения (2 чел./км²) при его сосредоточении в городской местности (78,3%). Более половины жителей (54 % населения) проживают в городах Сыктывкаре и Ухте, именно здесь образуется около 60 % от общего объема по региону;

- низкая плотность дорожной сети. Значительная часть дорог на севере Республики Кomi ограниченно доступна в течение года. Для связи с удаленными населенными пунктами используется речной транспорт. Осложняет транспортное сообщение обилие рек при отсутствии мостов или постоянных паромных переправ. Большинство населенных пунктов, входящих в состав муниципальных районов, сообщается с райцентром по дорогам, не имеющим твердого покрытия.

Накопление отходов осуществляется несколькими способами: в контейнерах на специальных устроенных площадках и внутридомовой инженерной системы; бункерах и специальных площадках для крупногабаритных отходов; пунктах приема отходов по заявкам (в населенных пунктах, удаленных от полигонов). Несмотря на более чем десятилетний опыт раздельного сбора мусора у населения (первые специальные баки появились в Эжве в 2014 г.), до сих пор происходит выстраивание порядка сбора и сортировки ТКО, который различается в городах и селах, на периферии в местах отсутствия полигонов и центре региона при наличии контейнеров и объектов захоронения и переработки.

На территории Республики Кomi действуют девять полигонов (в городах Воркута, Инта, Усинск, Печора, Сыктывкар, Ухта, Вуктыл, с. Айкино и пгт. Усогорск) и шесть площадок временного накопления (вблизи поселков Щельяюр, Троицко-Печорск, сел Сизябск, Койгородок, Усть-Кулом и Усть-Цильма). Два мусоросортировочных объекта функционируют близ полигонов в г. Сыктывкаре (комплекс мощностью 80,0 тыс.т/год для извлечения пластика, металла, алюминия и бумаги) и с. Айкино (станция для извлечения пластика, металла, алюминия и бумаги). Именно они принимают на сортировку более 40 % объема ТКО региона [3]. В перспективе до 2026 г. должны быть

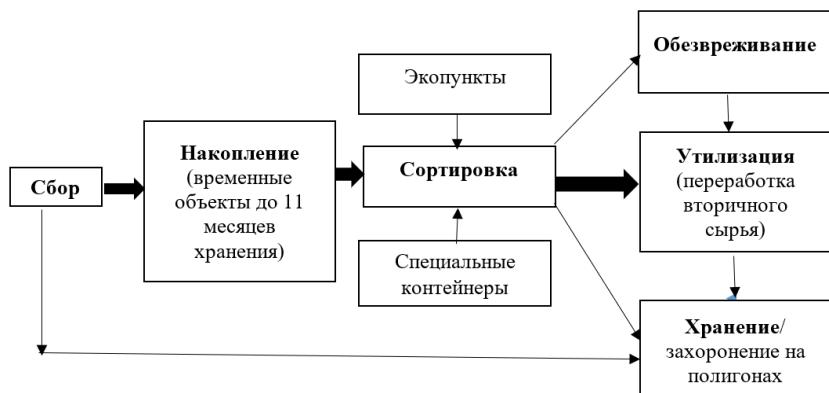


Рисунок 1. Схема обращения твердых коммунальных отходов.

Figure 1. Municipal solid waste treatment scheme.

модernизированы полигоны городов Ухты, Воркуты и до-строен полигон с. Ижмы.

Ежегодный объем образования ТКО составляет чуть более 200 тыс. т, 20 % из которых приходится на крупногабаритные отходы. Деятельность по обращению с отходами осуществляет ООО «Региональный оператор Севера» (РОС). В транспортировании и размещении отходов участвуют еще шесть операторов, которые контролируются РОС – ООО «Релайтер» (Воркутинский и Усть-Вымский районы); ООО «ВЖКХ» (Вуктыльский район); ООО «Санбытсервис плюс» (Усинский район); ООО «Жилфонд» (Койгородский район); ООО «Экотранс» (Сыктывдинский район); ООО «Искра» (Троицко-Печорский район).

В настоящее время системой раздельного сбора в соответствии с размещением специальных контейнеров, экопунктов и вывозом экомобилями охвачены 27 % жителей республики. Для организации этого процесса за период 2016–2024 гг. установлено 2031 контейнер. Количество мест размещения ТКО безконтейнерным способом составляет 3087. На территории семи муниципальных образований (ГО Сыктывкар, МО Ухта, МО Воркута, МР Сосногорск, МР Княжпогостский, МР Корткеросский, МР Усть-Вымский) дополнительно установлено 500 металлических сетчатых контейнеров для раздельного сбора пластика. Смонтирована мобильная сортировочная установка мощностью 10 тыс. т / год в Усть-Вымском районе, которая будет обрабатывать ТКО и большей части Княжпогостского района. К 2030 г. мобильные комплексы появятся в Вуктыле, Инте, Усинске, Печоре, Ижемском и Удорском районах [4].

На территории семи городов и четырех районов прием различных вторичных ресурсов проводится в 29 пунктах вторсырья, из которых шесть экопунктов созданы общественными организациями. Это ЭкоДом «РоСтОк», «Заюнь», «Жемчужина Эжвы» (г. Сыктывкар); ЭкоЦентр «Усинск» (г. Усинск), пункт по сбору пластика в с. Трусово (МР Усть-Цилемский), «РоСтОк-Шошка» (МР Сыктывдинский).

Для транспортировки из удаленных мест региона экомобиль периодически выполняет сбор вторичных ресурсов более чем в 50 населенных пунктах десяти муниципалитетов Республики Кomi [5]. У жителей республики также есть возможность сдавать вторичное сырье в фандоматы, которые находятся на Ухтинском, Сыктывкарском

и Княжпогостском вокзалах и получать бонусы на приобретение товаров и услуг.

Обращением с коммунальными отходами занимаются 126 предприятий, в том числе 88 – их транспортировкой. Среди крупных утилизаторов отходов, принимающих в том числе и «региональное» вторичное сырье: ООО «ГринТехКоми» (пластик); АО «Комитекс» (пластик); ООО «КОМИЭКОВТОР» (пластик, макулатура); ООО «ПВС» (макулатура, пластик, стекло); ОАО «Сыктывкарский ЛПК» (макулатура).

В решении региональных проблем усиливается значение актуальной, полной, структурированной и доступной информации по географии, количеству, объему и морфологии отходов. В связи с этим целью исследования является оценка внедрения цифровизации для повышения эффективного решения проблем в системе обращения с ТКО. Научная новизна заключается в выявлении адаптации региональной системы цифровизации в сфере обращения с отходами. В задачи исследования входит определение проблем, в решении которых цифровые инструментарии/технологии будут способствовать положительному результату и реализации целевых государственных установок. Также оценка эффективности цифровых решений применительно к специфике северного региона Коми.

Материалы и методы

В процессе исследования применялись общенаучные методы: абстрактно-логический, сравнительный, аналогий, экспертного анализа. Проведена систематизация инструментария цифровизации и цифровой трансформации для решения проблем в системе обращения с ТКО на основе анализа результатов зарубежных и отечественных разработок.

Проблемы и цифровые решения для их решения

Среди текущих проблем обращения с ТКО в республике следует отметить: 1) сохранение проблем несанкционированных свалок, 2) накопление отходов в отдаленных населенных пунктах, 3) низкую степень сортировки отходов при недостаточной популяризации и инфраструктуре вовлечения в процесс жителей, 4) отсутствие рентабельной переработки.

1. Негативная ситуация связана с сохранением более 50 несанкционированных свалок отходов общей площадью 127,3 га. Наиболее крупные по объему (145,0–630,6 тыс. м³) расположены на территории Прилужского, Княжпогостского, Корткеросского районов, и их ликвидация носит долговременный характер. Число и объем небольших свалок ежегодно сокращается за счет действий Минприроды Республики Коми и средств экологического сбора. Однако план выполнения мероприятий реализовывается не более чем на 65–75 % по причине несостоявшихся торгов и поданных заявок на них. Складывается такая ситуация, когда организация поиска подрядчиков осложняется низкой оплатой труда работ по очистке свалок и рекультивации территории.

2. Несвоевременный вывоз ТКО из мест накопления в отдаленных от полигонов территориях связан с разре-

женной системой расселения населения и низкой транспортной доступностью значительной части территории региона в течение года, затрудняющих регулярность вывозки отходов. При этом за счет «плеча доставки» транспортировка удорожается, частота рейсов сокращается, и на территории населенных пунктов образуются непредусмотренные площадки для хранения отходов. Разные возможности сельских населенных пунктов по утилизации ТКО приводят к уменьшению персональных норм образования/накопления отходов (350 кг на человека в год), что необходимо учитывать при планировании мероприятий и размеров экологического сбора.

3. Слабое вовлечение населения в сортировку отходов в местах их накопления, несмотря на устойчивое республиканское финансирование создания системы по раздельному сбору отходов и установку в крупных населенных пунктах значительного числа специальных контейнеров разных модификаций. Даже в Ухте и Сыктывкаре, где сложилась наиболее благоприятная ситуация, площадки для раздельного сбора отходов размещены не в каждом дворе, вывоз потенциального вторичного сырья из них зачастую происходит намного реже заполнения.

Эксперты отмечают, что до 40 % отходов (особенно пластика), попадающего в специальные контейнеры не могут быть использованы для утилизации по причине несоответствия категорий приема. Население слабо разбирается, какие отходы можно помещать в них. С другой стороны, жители, не доверяя такому сбору, привозят отсортированные отходы на экопункты, где активисты или предприниматели служат гарантом дальнейшей транспортировки к месту переработки. Практически не развита система поощрительного раздельного сбора, который не учитывается в тарифах за образование ТКО для населения, особенно сельского. В связи с этим у людей нет удобной возможности разделять мусор близ места своего проживания, нет понимания, как это сырье будет перерабатываться, какие преференции, кроме блага для природы, могут быть предоставлены.

4. Низкая доля переработки/утилизации ТКО на территории региона (1 %). В настоящее время коммунальные отходы, собираемые для последующей утилизации, включают макулатуру, пластик, стекло, резиновые шины, а также батарейки и люминесцентные лампы. Пластик имеет множество разновидностей (семь категорий), обусловливающих разную технологию его переработки. Предприятия крупного бизнеса – АО «Комитекс», ОАО «Сыктывкар Тиссью Групп» – принимают отсортированные отходы из региона, но по объему и спектру видов они весьма незначительны. Средний бизнес – ООО «ГринТехКоми», ООО «ПВС», ООО «Комиэковтор» – использует местные отходы в незначительных объемах по результатам ежегодных тендерных конкурсов. Малый бизнес проводит переработку бумаги и пластика по договоренности с населением, ему же и сбывает свою продукцию (например, предприниматель из пос. Аджером). Значительная доля ТКО утилизируется за пределами региона по причине малого собираемого объема тех фракций, которые могут быть пе-

пеработаны на предприятиях республики. Информация по такому сбору фиксируется разрозненно.

Процесс цифровизации системы обращения с ТКО в Российской Федерации и ее субъектах находится на старте своего развития. Поэтому на данном этапе можно предложить только предварительные направления цифрового решения региональных проблем обращения с отходами в Республике Коми, которые представлены в табл. 1.

Цифровые решения в системе обращения с ТКО

Зарубежный опыт. Разнообразие использования инструментария цифровизации и цифровой трансформации в системе обращения с ТКО в развитых странах отличается долговременным опытом, техническими (высокоскоростной интернет, оптическая связь) и технологическими возможностями (датчики, программы, использование искусственного интеллекта и т. д.), выработанными нормами поведения граждан. Наиболее распространенными системами являются автоматическая сортировка, разнообразные датчики фиксации состава и структуры вторичного сырья, передача данных в он-лайн режиме ведомствам и операторам, а также через приложения для смартфонов об отходах в местах проживания. Такая прозрачная коммуникация способствует активному участию общества в устойчивых практиках обращения с отходами [6–9]. Организация процесса «движения отходов» включает удобство сбора, контроль выполнения, высокий уровень технологий системы переработки и штрафные санкции при нарушении правил общественного поведения. При этом, штрафы вводятся лишь в том случае, когда при созданных условиях сбора и обработки отходов происходят нарушения (табл. 2).

Направления преемственности зарубежного опыта заключаются:

- в обеспечении внедрения различных типов датчиков («умные мусорные баки»), систем GLONAS/JPG для гарантии прозрачности данных и моделирование возможных угроз для существующих полигонов отходов;
- использование переработки и вторичного использования широкого спектра отходов;

- функционировании облачных серверов, программ обработки данных для обработки большого их массива, а также обеспечении безопасности данных;
- внедрении обучения участников цепочки управления отходами;
- заинтересованность населения в сортировке ТКО.

Искусственный интеллект и цифровая грамотность участников процесса также являются двумя ключевыми драйверами сегодняшней цифровой трансформации.

Российский опыт. Распространение и практическое использование цифровых технологий при организации обращения с отходами регулирует «Стратегическое направление в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования Российской Федерации» через проект «Создание и развитие комплексной системы обращение с отходами» [11]. Данный проект предполагает ввод в эксплуатацию федеральной государственной информационной системы (ФГИС) учета твердых коммунальных отходов и единой федеральной государственной информационной системы учета отходов от использования товаров (2024), принятие ФЗ «Об отходах производства и потребления» в части ФГИС обращения с отходами (2025), разработку информационно-телекоммуникационного сервиса (2030).

Основной подсистемой ФГИС учета ТКО является электронная модель, содержащая базы данных, вычислительные модули, картографические ресурсы, предназначенные для ввода, хранения, актуализации, обработки, анализа, представления, визуализации данных о системе организации и осуществлении на территории Российской Федерации деятельности по обращению с ТКО [12]. Согласно Положению о ФГИС учета ТКО, создаются государственные информационные системы обращения с отходами (в том числе ТКО) субъектов Федерации, включающие электронные модели территориальных схем обращения с отходами. Электронная модель (программа ввода данных разработана вне региона) территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми введена в 2022 г. [13].

Федеральная государственная информационная система учета ТКО создается для информационного обеспече-

Цифровые решения обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми

Digital solutions for municipal solid waste management in the Komi Republic

Таблица 1

Table 1

Проблема	Решение	Направление цифровизации
Несвоевременный вывоз отходов в местах накопления в отдаленных от полигонов территориях	Регулярная транспортировка ТКО из мест его накопления на основе актуальной информации об объемах и структуре отсортированных отходов; проведение анализа логистических схем: сбор/сортировка-транспортировка-переработка	Внедрение датчиков в местах накопления отходов и на мусоровозах; оперативная координация вывоза мусора региональным оператором (по системе ГЛОНАСС); выстраивание механизма учета и контроля потоков отходов; внедрение программ для анализа логистических схем
Большое число несанкционированных свалок отходов	Выстраивание системы поиска подрядчиков для мероприятий по ликвидации свалок	Поиск подрядчиков через электронные платформы
Слабое вовлечение населения в сортировку отходов в местах их накопления	Установка контейнеров во всех дворах и населенных пунктах. Организация мобильных сортировочных установок и сортировочных объектов при полигонах	Контроль объема накопления и вывоза на сайте оператора; выявление реальных объемов сбора отходов для внедрения дифференцированного подхода тарификации экологического сбора для населения и предприятий
Малая доля утилизации отходов в регионе	Развитие переработки отходов: организация малых предприятий, передвижных установок	Информирование граждан о пунктах сортировки отходов; взаимодействие действующих информационных систем органов исполнительной власти и бизнеса; достоверность, актуальность и полнота информации

Зарубежный опыт внедрения штрафов в системе обращения с твердыми коммунальными отходами
Foreign experience for introducing fines in municipal solid waste management system

Таблица 2

Table 2

Страна	Правила обращения населения/нарушения	Размер штрафа	Цифровой инструмент
США	Выбросить мусор в неподложенном мусте	Зависит от штата; от 500 дол. до месяца тюремы	Камеры наблюдения
	ТКО разделяются на пищевые и прочие. Сортировкой занимаются специализированные компании		Технологии сортировки и утилизации
Австрия	Выбросить мусор в неподложенном мусте	90-100 евро	
Великобритания	Выброс мусора в общественных местах	80 фунтов стерлингов	
	Выброс мусора в свалку	400 фунтов стерлингов в течение 14 дней	
Ирландия	Образование бытовых свалок на природе	5000 евро или 12 месяцев тюремы	
Швейцария	Не раздельный выброс мусора	300 швейцарских франков	Камеры наблюдения
Германия	Если ТКО плохо отсортированы кем-то из арендаторов, штраф не предусмотрен. Но компания, обслуживающая двор, может сразу поднять тарифы для всех		Камеры наблюдения
	Выброс крупногабаритных отходов осуществляется по графику и с привязкой к транспортировке. В противном случае - штраф	50 до 300 евро в зависимости от размера предмета	
Франция	Система из трех контейнеров: стекло, другое вторсырье и не перерабатываемые отходы. Для крупногабаритных отходов (мебель, бытовая техника), существуют специальные пункты, куда их нужно вывозить самостоятельно (4,5 тыс.). Штрафы варьируются в зависимости от места выброса и объемов отходов – городов, рекреации; мелкий мусор, крупногабаритные предметы	35-150 евро	Система «электронных помощников» – это специальный сканер, который после сканирования подсказывает, в какой контейнер следует поместить отходы.

Источник: составлено по: [10].

Source: compiled according to: [10].

чения деятельности по обращению с отходами, в частности для построения баланса образования отходов, их потоков и существующих, планируемых мощностей инфраструктуры, а также контроля за обращением отходов в России. Для населения «открытой» является информация по местоположению, ежегодной мощности, а также сроков и периодов ввода в эксплуатацию объектов обращения с отходами.

В плане достижения национальных целей развития Российской Федерации до 2036 г. установками в сфере системы обращения с ТКО являются 100%-ная сортировка и сокращение поступающего объема на полигоны в два раза, а также вовлечение в хозяйственный оборот не менее 25 % отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья [14]. На сегодняшний день существуют лучшие практики сортировки отходов – в Москве (94,0 %) и Московской (83,0), Нижегородской (85,7), Саратовской (83,0), Тульской (69,9), Липецкой (67,8 %) и т. д. областях [15; 16]. Немаловажную роль в этом играет и раздельный сбор отходов населением [17]. Внедрение роботов-сортировщиков мусора также вносит вклад не только в эффективность самой сортировки, но и демонстрируют уровень технологических решений на производстве. Первой такой российской разработкой стал комплекс по переработке отходов «РТ-Инвест» Госкорпорации Ростех в Сергиево-Посадском округе Подмосковья [18].

Показателем выполнения проекта «Создание и развитие комплексной системы обращения с отходами» обозначена доля операторов по обращению с твердыми коммунальными отходами осуществляющих передачу сведений

в автоматизированном режиме за период 2024–2030 гг. и доведение этой доли с 90 % до 100 % [11]. Основной целями определено устранение цифрового неравенства, особенно на отдаленных территориях, а одной из выгод – автоматизированный контроль вывоза отходов с контейнерных площадок.

Результаты внедрения цифровизации в области обращения с ТКО подтверждают позитивные шаги в сторону систематизации информации. Это выражено в разработке и функционировании сайта Российского экологического оператора (РЭО).

Российский экологический оператор в 2023 г. запустил мобильное приложение и сайт «Уберу». За это время на интерактивной карте появились 65 234 пункта приема вторсырья. Приложение доступно для скачивания на мобильные устройства во всех магазинах приложений: App Store, Google Play, Rustore, AppGallery. У сообщества также организован Telegram-канал и группа ВК. Так, для жителей Республики Коми в Telegram-канале создан чат-бот, с помощью которого можно получить ответы на часто задаваемые вопросы о раздельном накоплении отходов. Найти можно по ключевому слову «раздельный сбор отходов Коми». В чат-боте размещена полезная информация о том, как сортировать отходы, местоположение пунктов приема опасных отходов, контейнеров для раздельного накопления отходов и экопунктов.

Для обратной связи с населением на сайте РЭО функционирует «Радар», где предусмотрена горячая линия; на сайте указан телефон, по которому можно обсудить проблему обращения с ТКО. Наиболее популярными во-

просами являются: отсутствие контейнерных площадок, несвоевременный вывоз мусора, образование стихийных свалок.

Портал «Цифровой РЭО» представляет лучшие отечественные предложения в области обращения с ТКО (вкладка на сайте «Знай наших»). Реестр решений включает следующие направления: беспилотные аппараты (дроны); технологические решения в обращении с ТКО и прочими отходами; экологический мониторинг и предложения, способствующие внедрению экономики замкнутого цикла. Это – автоматизация процессов управления для региональных операторов; анализ состава отходов системы искусственного интеллекта; цифровой сервис для мониторинга; оптический сортировщик; сканер отходов; система контроля наполненности мусоровозов. Материалы сопровождены презентацией, перечнем эффектов от внедрения, стоимостными и контактными характеристиками.

Для снижения объема захоронения отходов в стране должны появиться около 1 тыс. новых предприятий по переработке. На начало 2024 г. в России действовали около 600 объектов утилизации, из них 50 предприятий включены в реестр [19]. Авторизация проходит через портал Госуслуг. Информация для включения в реестр касается отходов, оборудования и производственных мощностей их переработки, а также товаров и продуктов после утилизации. Цифровые технологии позволяют на сайте РЭО производителям отходов и утилизаторам получать информацию по предлагаемым лотам, участвовать в аукционах, получать консультацию экспертов, заключать договоры.

Электронная торговая площадка по купле-продаже вторсырьем на сайте РЭО была создана в сентябре 2023 г. За короткий срок число зарегистрированных пользователей достигло более 2 тыс. Ни одного пользователя из предприятий Республики Коми нет по причине отсутствия специальной лицензии.

Региональный опыт. Информация сайта регионального оператора Республики Коми базы данных о состоянии системы обращения с ТКО включает: детализацию объектов сбора ТКО до уровня сельских поселений (согласно территориальной схеме); проведение акций по сбору отходов; контроль вывоза отходов по районам региона; возможность задать вопрос и получить ответ о деятельности компании.

С 17 февраля 2025 г. появилась опция во ФГИС УТКО формировать региональную электронную модель территориальной схемы причем силами местных программ и специалистов. Поставщиками информации для функционирования этой модели являются Министерство природных ресурсов РК, региональный оператор; комитет по тарифам; администрации МО; операторы полигонов и формы отчетности предприятий.

Действующие полигоны эксплуатируются от 20 до 70 лет и могут провоцировать попадание загрязняющих веществ в почвенный покров, грунтовые воды буферной зоны, способствовать распространению птиц и грызунов. Также их остаточная вместимость вызывала опасения. В период 2022–2023 гг. было проведено лазерное сканирование с помощью 3D-моделирования ООО «Большая

тройка» (г. Москва) всех девяти полигонов и доказана возможность их дальнейшего функционирования. Наиболее критическая ситуация складывается на объектах Ухтинского городского полигона, полигона твердых бытовых и промышленных отходов КС-3 в г. Вуктыле, полигона ТКО в с. Айкино.

Региональный оператор Севера начал внедрять мобильную платформу «АРМ» для контроля вывоза ТКО в сентябре 2022 г. В настоящее время объекты всей территории региона без двух муниципальных районов (Вуктыльского и Печорского) охвачены наблюдением оператора, когда фиксируется время, дата и геолокация, что дает возможность предоставления точной и объективной информации в случае жалобы потребителя. Также операторы следят за движением мусоровозов через систему ГЛОНАСС. Это позволяет не только населению в он-лайн режиме контролировать ситуацию, но и региональному оператору отслеживать процесс работы подрядчиков-операторов транспортирования ТКО. Маршруты всех автомобилей отображаются на карте, фиксируется время, потраченное на загрузку контейнеров, наличие незапланированных остановок, а также момент прибытия машины на полигон. На въезде каждого полигона установлены весы для взвешивания техники до и после разгрузки [20].

Для удобства информирования жителей Республики Коми о приеме вторсырья на базе интернет-платформы «Яндекс. Карты» по адресу: <https://yandex.ru/maps/-/CCU6ZVFWB> создана интерактивная карта.

Сайт Минприроды Республики Коми предоставляет информацию территориальной схемы обращения с отходами в республике в качестве основного вектора развития системы [21]. Данная схема отражает фактическую информацию по населенным пунктам (по источникам, местам и объемам накопления отходов), целевым показателям по обезвреживанию по региону в целом, объектам обработки, утилизации и обезвреживания.

Опыт внедрения цифровых решений основных этапов переработки отходов на уровне развитых стран, субъектов страны и нашего региона обобщен и представлен в табл. 3.

Комплексность процесса обращения с ТКО достигается консолидацией системы проектирования/моделирования; мониторинга/контроля; анализа обработки массива данных; обучения и управления документооборота. Здесь также задействованы передовые IoT технологии (Приложение к форме федерального статистического наблюдения «1-технология»), способствующие достижению эффективности этого процесса.

Цветом выделены те решения, которые внедрены в Республике Коми. Анализ внедрения цифровизации выявил ряд положительных аспектов, в числе которых контроль со стороны населения и регионального оператора деятельности по транспортировке, объему и времени вывоза ТКО мест его сбора; уточнение объема образования отходов населением; определение остаточного объема всех полигонов региона; разработка своей электронной модели территориальной схемы.

Цифровые решения этапов обращения с ТКО
Digital solutions for municipal solid waste management stages

Таблица 3

Table 3

Сбор отходов (регулирование объема, структуры)	Транспортирование	Сортировка	Переработка
Цифровизация			
Управление контейнерами с установленными RFID-трекерами (радиочастотная идентификация)	Цифровая система «PAYT», включающая обратную связь через мобильные приложения	Сканирование биоразлагаемых отходов и не-биоразлагаемых и их разделение	Биржа вторичных материальных ресурсов
Подземная система трубопроводов, всасывающая мусорные мешки – вакуумный сбор с помощью RFID-меток, а также весов, предоставляющих данные об объемах отходов в режиме реального времени	Платформы данных для контроля передвижения мусоровозов при помощи системы ГЛОНАСС/GPS	Чат-бот в Telegram-канале – информация о том, как сортировать отходы, местоположение пунктов приема опасных отходов, контейнеров для раздельного накопления отходов и экопунктов	Технологии переработки полимеров, резиновых изделий, макулатуры, стекла, органических отходов, отработанных картриджей с последующим производством разнообразной продукции
установка автоматизированных экопунктов (фандоматов) по сбору пластиковых бутылок и алюминиевых банок	плавучие контейнеры Waste Streams, которые обслуживаются беспилотными катерами	Автоматизированная идентификация (контактная, бесконтактная)	
интернет-платформы «Яндекс. Карты» в Кomi интерактивная карта – объекты приема вторсырья		Роботы-сортировщики	
Цифровая трансформация			
Система с искусственным интеллектом генерирующая сигналы о количестве биологических отходов и смешанных отходов	Интеллектуальный мусоровоз, оснащенный считывателем RFID, распознающий метки из мусорных баков	Система с (ИИ) генерирующая сигналы о концентрации опасных газов в контейнере для отходов на разных этапах сортировки	3D-моделирование полигонов
Интеллектуальная платформа управления контейнера	Интеллектуальная платформа логистики	«Компьютерное зрение» и роботизация для сортировки отходов. Один робот сортирует фракции по принципу оптического сепаратора, а второй манипулирует с присоской доделывает «грязную» работу. Искусственный интеллект и машинное зрение позволяют определять в потоке не только материал, но и форму, и цвет мусора	Интеллектуальная платформа переработки отходов
Автономные беспилотные подметальные машины		Чат-боты с ИИ, позволяющие определять место сортировки по сканирующему изображению отходов	
ультразвуковой датчик, измеряющий объем и вес мусора, выбрасываемого в контейнер, который взаимодействует с сервером – обрабатывает данные и загружает в «облако»			

Составлено по: [6, 7, 22–31, сайт РЭО].

Compiled according to: [6, 7, 22–31, REO site].

Однако ситуация с внедрением цифровых технологий имеет и ограничения. Основные причины заключаются в недостаточном обеспечении интернет-связи на территории региона; дорогоизнне информационных нововведений и особенно его обслуживания; жестком требовании использования только отечественных технологий; зависимости от государственной поддержки.

Жители многих сельских населенных пунктов не обеспечены ни мобильной связью, ни Интернетом. Широполосной доступ к интернету в регионе активно развивается лишь вдоль железной дороги. На удаленных населенных пунктах уменьшается возможность выбора интернет-провайдера и даже типа интернет-соединения [32].

В регионе происходит лишь формирование той системы, которая бы отвечала потребности власти, бизнеса и общества во внедрении цифровизации в сфере обра-

щения с ТКО. Осуществление большинства проектов по решению проблем происходит за счет средств от государственных программ или проектов. Поэтому пока внедряется достаточно простой инструментарий, позволяющий упорядочить информацию для принятия взвешенных решений как по логистике, так и по тарификации.

Заключение

В настоящее время можно зафиксировать процесс формирования системы цифровой трансформации (самое начало) и продвижение процесса цифровизации (автоматизации). Нынешняя систематизация выражена в ряде мер: разработке и функционировании сайта Российского экологического оператора и региональных операторов; разработке Доменов Минприроды России; внедрении расширенной ответственности производителей и учете

предприятий-utiлизаторов через портал Госуслуг, разработке формы статистического наблюдения уровня цифровизации для предприятий (кроме малых форм бизнеса), функционировании электронной торговой площадки по купле-продаже вторсырьем на сайте РЭО, представлении лучших технологических решений по обращению с ТКО на портале РЭО и т. д.

Стремительные темпы внедрения цифровизации и цифровой трансформации, особенно на периферии выявили ряд проблем: недостаточное обеспечение интернет-связи на территории региона; дороговизна информационных нововведений и особенно его обслуживания; жесткие требования использования только отечественных технологий; недостаточность государственной поддержки.

Целевые показатели, по которым возможно проводить оценку эффективности решения проблем системы обращения с ТКО, включают: 100%-ную сортировку и сокращение поступающего объема отходов на полигоны в два раза; доведение с 90 до 100 % подачи данных региональных операторов в он-лайн режиме; сокращение сроков выполнения бизнес-проектов при формировании экологической политики; повышение количества сервисов, использующих технологии на базе искусственного интеллекта и сокращение заявлений населения с жалобами по негативному обращению с ТКО на местах. При этом цифровизация может лишь способствовать, но не решать все существующие проблемы.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Усков, В. С. Развитие цифровой экономики РФ в условиях научно-технологических изменений: монография / В. С. Усков, Ю. О. Климова. – Вологда: ФГБУН ВоЛНЦ РАН, 2021. – 167 с.
- Дмитриева, Т. Е. Направления цифровой трансформации социосервисного пространства северного региона / Т. Е. Дмитриева, Л. А. Куратова // Экономика региона. – 2024. – № 2 (20). – С. 495–505. – doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-2-10
- В Сыктывкаре построили мусоросортировочный комплекс. – URL: <https://www.bnkomti.ru/data/news/180822/> (дата обращения: 15.02.2025).
- В Коми хотят строить мобильные мусоросортировочные комплексы. – URL: <https://www.bnkomti.ru/data/news/177943/> (дата обращения: 03.03.2025).
- Региональный оператор Севера отправил на переработку очередную партию флекса. – URL: <https://geop-komi.ru/regionalyj-operator-severa-otpravil-na-pererabotku-ocherednyu-partiyu-fleksa/> (дата обращения: 09.04.2025).
- Hynninen, R. Utilizing digital technologies for waste management / R. Hynninen, I. Liehu, J. Lähteinen [et al.]. – 2022. – DOI: 10.13140/RG.2.2.27209.67689.
- Madhav, A. V. S. Application of artificial intelligence to enhance collection of E-waste: a potential solution for household WEEE collection and segregation in India / A.V.S. Madhav, R. Rajaraman, S. Harini [et al.] // Waste Management. – 2021. – P. 1-7. – URL:<https://doi.org/10.1177/0734242X211052846>.
- Maiurova, A. Promoting digital transformation in waste collection service and waste recycling in Moscow (Russia): Applying a circular economy paradigm to mitigate climate change impacts on the environment / A. Maiurova, T. A. Kurniawan, M. Kustikova [et al.] // Cleaner Production. – 2022. – Vol. 354. – 131604. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095952622012215>. (дата обращения: 15.02.2024).
- Digital transformation in waste management: Everything you need to know / Enviro waste services group. – 2023. – URL: <https://envirowaste.com.au/digital-transformation-in-waste-management-everything-you-need-to-know/>. (дата обращения: 15.02.2025).
- Каков размер штрафа за выброс мусора в разных странах? – URL: <https://becomingbettertogether.org/how-much-is-the-fine-for-throwing-garbage-in-various-countries.html>
- О стратегическом направлении в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования, относящейся к сфере деятельности Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Распоряжение Правительства РФ от 15 декабря 2023 г. № 3664-р. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465400/ (дата обращения: 31.03.2025).
- Постановление Правительства Российской Федерации от 20 мая 2022 года № 913 «Об утверждении Положения о федеральной государственной информационной системе учета твердых коммунальных отходов. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205240016>
- Электронная модель территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми. – URL: <https://mpr.rkomi.ru/dokumenty/territorialnaya-shema-obrashcheniya-s-otходami-v-respublike-komi>
- Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/73986>
- Ильин, В. А. Национальные проекты России: особенности, эффективность реализации: монография / В. А. Ильин [и др.]; под научным руководством В. А. Ильина, А. А. Шабуновой, Т. В. Усковой. – Вологда: ВоЛНЦ РАН, 2024. – 453 с.
- РЭО назвал 20 лучших регионов в сфере обращения с отходами в 2024 году. – URL – <https://reо.ru/tpost/493juxcg31-reo-nazval-20-luchshih-regionov-v-sfere> (дата обращения: 30.04.2025).
- Саратовская область первая в ПФО по сортировке отходов. – URL: <https://minforest.saratov.gov.ru/news/4332/> (дата обращения: 30.04.2025).
- С помощью новой технологии удалось повысить отбор фракций, пригодных для вторичного использования. – URL: <https://rostec.ru/media/news/rt-invest-vnedril-robotov-sortirovshchikov-pri-pererabotke-otkhodov/#middle> (дата обращения: 05.05.2025).

19. РЭО разъяснил правила включения утилизаторов отходов в реестр РОП. – URL: <https://reо.ru/tpost/uhiytlkykd1-geo-razyasnili-pravila-vklyucheniya-utili> (дата обращения: 14.04.2025).
20. Региональный оператор Севера подключил к мобильной платформе для контроля вывоза ТКО еще три муниципалитета. – URL: <https://regop-komi.ru/regionalyj-operator-severa-podklyuchil-k-mobilnoj-platorme-dlya-kontrollya-vyvoza-tko-eshhe-tri-municipaliteta/> (дата обращения: 15.03.2025).
21. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми от 28 февраля 2023 г. № 253 «О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми» от 30 декабря 2021 г. № 2175 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми». – URL: <https://mpr.rkomi.ru>
22. Ordieres-Mere, J. Digitalization: an opportunity for contributing to sustainability from knowledge creation / J. Ordieres-Mere, T. P. Remon, J. Rubio // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – URL: <https://doi.org/10.3390/su12041460>.
23. Liang, X. Utilizing landfill gas (LFG) for promoting digitalization of data center in China: a novel approach to promote sustainable energy transition in era of Industrial Revolution 4.0 / X. Liang, H. H. Goh, T. A. Kurniawan [et al.] // Clean. Prod. – 2022. – Vol. 369 (1):133297. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133297.
24. Madhav, A. V. S. Application of artificial intelligence to enhance collection of E-waste: a potential solution for household WEEE collection and segregation in India / A. V. S. Madhav, R. Rajaraman, S. Harini [et al.] // Waste Management. – 2021. – P. 1-7. – URL: <https://doi.org/10.1177/0734242X211052846.ment>.
25. Использование цифровых технологий в управлении отходами. – URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/digital-technologies-will-deliver-more> (дата обращения: 23.12.2024).
26. Цифровая трансформация в управлении отходами: все, что вам нужно знать. – URL: <https://envirowaste.com.au/digital-transformation-in-waste-management-everything-you-need-to-know/> (дата обращения: 13.03.2024).
27. Берг, Х. Управление цифровыми отходами. Европейское агентство по окружающей среде / Х. Берг, Дж. Себастьян, П. Бендикус [и др.]. – 2020. – URL: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/digital-wastemanagement> (дата обращения 09.04.2025).
28. Dubey, S. Household waste management system using IoT and machine learning / S. Dubey, P. Singh, P. Yadav [et al.] // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol 167. – P. 1950-1959.
29. Anh Khoa, T. Waste management system using IoT-based machine learning in university / T. Anh Khoa, C. H. Phuc, P. D. Lam [et al.] // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2020. – P. 1-13.
30. Wen, Z. Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management / Z. Wen, S. Hu, D. De Clercq [et al.] // Waste Management. – 2018. – Vol. 73. – P. 26-38.
31. Цифровизация утилизации. – URL: <https://rostec.ru/news/tsifrovizatsiya-utilizatsii/> (дата обращения: 13.03.2024).
32. Куратова, Л. А. Оценка развития цифровой инфраструктуры пространства северных регионов России / Л. А. Куратова // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2022. – Т. 25, № 3. – С. 36-55. DOI: 10.37614/2220-802X.3.2022.77.003

References

1. Uskov, V. S. Razvitiye cifrovoj ekonomiki RF v usloviyakh nauchno-tehnologicheskikh izmenenij: monografiya [Development of the digital economy of the Russian Federation in the context of scientific and technological changes: monograph] / V. S. Uskov, Yu. O. Klimova. – Vologda: Vologda Science Centre of the Russian Academy of Sciences, 2021. – 167 p.
2. Dmitrieva, T. E. Napravleniya cifrovoj transformacii sotsioservisnogo prostranstva severnogo regiona / T. E. Dmitrieva, L. A. Kuratova // Ekonomika regiona [Regional Economics]. – 2024. – № 2 (20). – P. 495-505. – doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-2-10.
3. V Syktyvkare postroili musorosortirovochnyj kompleks [A waste sorting facility was built in Syktyvkar]. – URL: <https://www.bnkomri.ru/data/news/180822/>. (date of access: February 15, 2025).
4. V Komi khotyat stroit mobilnye musorosortirovochnye kompleksy [In Komi, they want to build mobile waste sorting complexes]. – URL: <https://www.bnkomri.ru/data/news/177943/>. (date of access: March 3, 2025).
5. Regionalnyj operator Severa otpravil na pererabotku ocherednuyu partiyu fleksa [The regional operator of the North sent another batch of flex for processing]. – URL: <https://regop-komi.ru/regionalyj-operator-severa-otpravil-na-pererabotku-ocherednuyu-partiyu-fleksa/>. (date of access: April 9, 2025).
6. Hynninen, R. Utilizing digital technologies for waste management / R. Hynninen, I. Liehu, J. Lähteeni [et al.]. – 2022. – DOI: 10.13140/RG.2.2.27209.67689.
7. Madhav, A. V. S. Application of artificial intelligence to enhance collection of E-waste: a potential solution for household WEEE collection and segregation in India / A.V.S. Madhav, R. Rajaraman, S. Harini [et al.] // Waste Management. – 2021. – P. 1-7. – URL: <https://doi.org/10.1177/0734242X211052846.ment>.
8. Maiurova, A. Promoting digital transformation in waste collection service and waste recycling in Moscow (Russia): Applying a circular economy paradigm to mitigate climate change impacts on the environment / A. Maiurova, T. A. Kurniawan, M. Kustikova [et al.] // Cleaner Production. – 2022. – Vol. 354. – 131604. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622012215>. (date of access: February 15, 2024).
9. Digital transformation in waste management: Everything you need to know / Enviro waste services group. – 2023. – URL: <https://envirowaste.com.au/digital-transformation->

- in-waste-management-everything-you-need-to-know/. (date of access: February 15, 2025).
10. Kakov razmer shtrafa za vybros musora v raznykh stranakh? [What is the size of the fine for garbage disposal in different countries?] – URL: <https://becomingbetter-together.org/how-much-is-the-fine-for-throwing-garbage-in-various-countries.html>. (date of access: March 31, 2025).
 11. O strategicheskem napravlenii v oblasti cifrovoj transformacii otriasli ekologii i prirodopolzovaniya, otnosyashhejsya k sfere deyatelnosti Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Rossiijskoj Federacii. Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 15 dekabrya 2023 g. № 3664-r [On the strategic direction in the field of digital transformation of ecology and nature management, related to the sphere of activity of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3664-r dated December 15, 2023]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465400.
 12. Postanovlenie Pravitelstva Rossiijskoj Federacii ot 20 maya 2022 goda №913 «Ob utverzhdenii Polozheniya o federalnoj gosudarstvennoj informacionnoj sisteme ucheta tverdykh kommunalnykh otkhodov» [Decree of the Government of the Russian Federation dated May 20, 2022 No. 913 "On Approval of the Regulations on the Federal State Information System for Municipal Solid Waste Accounting". – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205240016>.
 13. Elektronnaya model territorialnoj skhemy obrashcheniya s otkhodami Respubliki Komi [Electronic model of the territorial waste management scheme of the Komi Republic]. – URL: <https://mpr.rkomi.ru/dokumenty/territorialnaya-shema-obrashcheniya-s-otkhodami-v-respublike-komi>.
 14. Ukaz Prezidenta Rossiijskoj Federacii ot 07.05.2024 № 309 «O nacionalnykh celyakh razvitiya Rossiijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda» [Decree of the President of the Russian Federation dated 05/07/2024 No. 309 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036". – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/73986>.
 15. Ilyin, V. A. Nacionalnye proekty Rossii: osobennosti, effektivnost realizacii: monografiya [National projects of Russia: features, efficiency of implementation: monograph] / V. A. Ilyin [et al.]; supervised V. A. Ilyin, A. A. Shabunova, T. V. Uskova. – Vologda: Vologda Science Centre RAS, 2024. – 453 p.
 16. REO nazval 20 luchshikh regionov v sfere obrashcheniya s otkhodami v 2024 godu [REO named 20 best regions in the field of waste management in 2024]. – URL: <https://reo.ru/tpost/493juxcg31-reo-nazval-20-luchshih-regionov-v-sfere>. (date of access: April 30, 2025).
 17. Saratovskaya oblast pervaya v PFO po sortirovke otkhodov [The Saratov Region is the first in the Volga Federal District for waste sorting]. – URL: <https://minforest.saratov.gov.ru/news/4332/>. (date of access: April 30, 2025).
 18. S pomoshchyu novoj tekhnologii udalos povysit otbor frakcij, prigodnykh dlya vtorichnogo ispolzovaniya [With the help of new technology, it was possible to increase the selection of recyclable fractions]. – URL: <https://rostec.ru/media/news/rt-invest-vnедрение-роботов-сортировщиков-при-переработке-отходов/#middle>. (date of access: May 5, 2025).
 19. REO razyasnili pravila vklucheniya utilizatorov otkhodov v reestr ROP [REO explained the rules for the inclusion of waste reclaimers in the ROP register]. – URL: <https://news.ecoindustry.ru/2024/02/reo-razyasnili-pravila-vklucheniya-utilizatorov-otkhodov-v-reestr-rop/>. (date of access: April 14, 2025).
 20. Regionalnyj operator Severa podklyuchil k mobilnoj platforme dlya kontrolya vyvoza TKO eshhe tri municipaliteta [The regional operator of the North included three more municipalities to the mobile platform for MSW disposal control]. – URL: <https://regop-komi.ru/regionálnyj-operator-severa-podklyuchil-k-mobilnoj-platforme-dlya-kontrolya-vyvoza-tko-eshhe-tri-municipaliteta/>. (date of access: March 15, 2025).
 21. Prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushhej sredy Respubliki Komi ot 28 fevralya 2023 g. № 253 «O vnesenii izmenenij v prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushhej sredy Respubliki Komi ot 30 dekabrya 2021 g. N 2175 "Ob utverzhdenii territorialnoj skhemy obrashcheniya s otkhodami Respubliki Komi" [Order No. 253 of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic dated February 28, 2023 "On Amendments to Order No. 2175 of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic dated December 30, 2021 "On Approval of the Territorial Waste Management Scheme of the Komi Republic"]. – URL: <https://mpr.rkomi.ru>.
 22. Ordieres-Mere, J. Digitalization: an opportunity for contributing to sustainability from knowledge creation / J. Ordieres-Mere, T. P. Remon, J. Rubio // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – URL: <https://doi.org/10.3390/su12041460>.
 23. Liang, X. Utilizing landfill gas (LFG) for promoting digitalization of data center in China: a novel approach to promote sustainable energy transition in era of Industrial Revolution 4.0 / X. Liang, H. H. Goh, T. A. Kurniawan [et al.] // Clean. Prod. – 2022. – Vol. 369 (1):133297. – DOI: 10.1016/j.clepro.2022.133297.
 24. Madhav, A. V. S. Application of artificial intelligence to enhance collection of E-waste: a potential solution for household WEEE collection and segregation in India / A. V. S. Madhav, R. Rajaraman, S. Harini [et al.] // Waste Management. – 2021. – P. 1-7. – URL: <https://doi.org/10.1177/0734242X211052846.ment>.
 25. Ispolzovanie cifrovykh tekhnologij v upravlenii otkhodami [The use of digital technologies in waste management]. – URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/digital-technologies-will-deliver-more>. (date of access: December 23, 2024).
 26. Cifrovaya transformaciya v upravlenii otkhodami: vse, chto vam nuzhno znat [Digital transformation in waste management: Everything you need to know]. – URL:

- <https://envirowaste.com.au/digital-transformation-in-waste-management-everything-you-need-to-know/>. (date of access: March 13, 2025).
27. Berg, Kh. Upravlenie cifrovymi othodami. Evropejskoe agentstvo po okruzhayushhej srede [Digital waste management. European Environment Agency] / Kh. Berg, Dzh. Sebastyen, P. Bendiks [et al.]. – 2020. – URL: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/digital-wastemanagement>. (date of access: April 9, 2025).
28. Dubey, S. Household waste management system using IoT and machine learning / S. Dubey, P. Singh, P. Yadav [et al.] // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol 167. – P. 1950–1959.
29. Anh Khoa, T. Waste management system using IoT-based machine learning in university / T. Anh Khoa, C. H. Phuc, P. D. Lam [et al.] // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2020. – P. 1–13.
30. Wen, Z. Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management / Z. Wen, S. Hu, D. De Clercq [et al.] // Waste Management. – 2018. – Vol. 73. – P. 26–38.
31. Cifrovizaciya utilizacii [Digitalization of recycling]. – URL: <https://rostec.ru/news/tsifrovizatsiya-utilizatsii/>. (date of access: March 13, 2024).
32. Kuratova, L. A. Ocenka razvitiya cifrovoj infrastruktury prostranstva severnykh regionov Rossii [Assessment of the development of the digital infrastructure in the northern regions of Russia] / L. A. Kuratova // Sever i rynok: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka [The North and the Market: Shaping the Economic Order]. – 2022. – Vol. 25. – № 3. – P. 36–55. – DOI: 10.37614/2220-802X.3.2022.77.003.

Благодарность (госзадание)

Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО «Цифровая биоэкономика северного региона: подходы и направления» (№ государственной регистрации 124012700509-1).

Acknowledgements (state task)

The work was carried out within the frames of the state budget theme of the Institute of Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences "Cifrovaya bioekonomika severnogo regiona: podhody i napravleniya" [Digital Bioeconomics of the Northern Region: Approaches and Directions] (state registration number 124012700509-1).

Информация об авторе:

Тихонова Татьяна Вячеславовна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; WOS Research ID: J-8460-2018; Scopus Author ID: 55921709700; <https://orcid.org/0000-0002-2912-1696> (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: tikhonova@iespn.komisc.ru).

About the author:

Tatyana V. Tikhonova – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher, Institute of Socio-Economic & Energy Problems of the North, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; WOS Research ID: J-8460-2018; Scopus Author ID: 55921709700; <https://orcid.org/0000-0002-2912-1696> (26 Kommunisticheskaya str., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: tikhonova@iespn.komisc.ru).

Для цитирования:

Тихонова, Т. В. Оценка цифровой трансформации системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Региональный аспект / Т. В. Тихонова // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Экономические науки». – 2025. – № 5 (81). – С. 82–92.

For citation:

Tikhonova, T. V. Ocenka cifrovoj transformacii sistemy obrashcheniya s tverdymi kommunalnymi othodami. Regionalnyj aspekt [Evaluation of digital transformation of municipal solid waste management system. Regional aspect] / T. V. Tikhonova // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Economic Sciences". – 2025. – № 5 (81). – P. 82–92.

Дата поступления статьи: 12.05.2025

Прошла рецензирование: 15.05.2025

Принято решение о публикации: 26.05.2025

Received: 12.05.2025

Reviewed: 15.05.2025

Accepted: 26.05.2025