

Возможности цифровых технологий в решении проблем обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми

Тихонова Т. В.

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

Аннотация

Цифровизация в сфере обращения с отходами способствует переходу к экономике замкнутого цикла через оптимизацию логистики и сбора данных, прозрачный контроль, сортировку и выстраивание взаимодействия.

Цель исследования – выявление цифровых решений, способствующих выполнению региональных направлений экономики замкнутого цикла. Научная новизна заключается в проведении анализа статистической обработки данных по внедрению цифровых технологий в организациях сферы обращения с ТКО и выявление направлений цифровой поддержки по Программе Республики Коми по переходу к экономике замкнутого цикла.

В результате исследования доказана разная степень использования цифровых технологий. Наибольшее распространение в их деятельности получили электронный документооборот, электронный обмен данными по форматам отправки статистической и налоговой отчетности, справочно-правовые системы и программы обеспечения информационной безопасности. Несмотря на это, уровень внедрения сопоставим с общероссийским, за исключением использования технологий искусственного интеллекта и RFID-технологии. Применение прикладных программ в регионе по многим позициям выше, чем в среднем по стране, кроме использования программ проектирования и моделирования. Сравнительный анализ по распространению цифровых решений среди отраслей природопользования в регионе определил в основном аутсайдерские позиции сферы обращения с ТКО. Преимуществом положительного опыта заключается в закреплении навыков обращения с существующими технологиями; их более широкое распространение в деятельности организаций и во внедрении аналитических программ с использованием искусственного интеллекта. Для выполнения мероприятий по переходу к экономике замкнутого цикла предложен перечень цифровых решений, внедрение которого должно способствовать их реализации.

Ключевые слова:

твердые коммунальные отходы, цифровизация, Республика Коми, оценка внедрения цифровизации, экономика замкнутого цикла

Possibilities of digital technologies in solving problems of municipal solid waste management in the Komi Republic

Tikhonova T. V.

Institute for Socio-Economic & Energy Problems of the North FRC
Komi SC UB RAS,
Syktyvkar
tikhonova@iespn.komisc.ru

Abstract

Digitalisation in the field of waste management contributes to the transition to a circular economy through optimisation of logistics and data collection, transparent control, sorting and building interaction. The purpose of the study was to identify digital solutions that contribute to the implementation of regional directions of the circular economy. The scientific novelty lies in the analysis of statistical processing of data on the introduction of digital technologies in organisations in the field of MSW management and the identification of areas of digital support under the Komi Republic Program for the Transition to a Closed Cycle Economy.

As a result of the study, a different degree of use of digital technologies has been proven. The most widespread in their activities are electronic document management, electronic exchange of data on the formats for sending statistical and tax reports, reference legal systems and information security programs. But, the level of implementation is comparable to the national one, with the exception of the use of artificial intelligence technologies and RFID technology. The use of application programs in the region is higher in many positions than the national average, except for the use of design and modeling programs. A comparative analysis of the distribution of digital solutions among the sectors of nature management in the region determined mainly the outsider positions of the MSW management sector. The continuity of positive experience lies in the consolidation of skills in handling existing technologies; their wider distribution in the activities of organizations and the implementation of analytical programs using artificial intelligence. To implement measures to transition to a circular economy, a list of digital solutions has been proposed, the implementation of which should contribute to their implementation.

Keywords:

municipal solid waste, digitalisation, Komi Republic, evaluation of digital transformation, circular economy

Введение

Государственной задачей в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) является достижение максимальной сортировки, обязательной переработки вторичного сырья и сокращение за счет мероприятий объемов захоронения на полигонах. Для этого необходимы прозрачность информации, оперативность управления и развитие бизнеса, участвующего во всей системе обращения с отходами. Поэтому среди целевых показателей достижения национальных целей Российской Федерации обращения с ТКО декларируются 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. Также необходимо 100%-ное обеспечение передачи сведений в автоматизированном режиме операторами к 2030 г. [1].

Проблемы обращения с ТКО в республике включают: образование несанкционированных свалок, накопление отходов в отдаленных населенных пунктах, низкую степень сортировки отходов, малую долю переработки [2]. Причинами сложившейся ситуации являются:

- отсутствие необходимой инфраструктуры по сортировке ТКО;
- дефицит мест накопления вторичных ресурсов;
- экономическая нецелесообразность сбора вторичных ресурсов в северных районах региона из-за высокой стоимости транспортировки и малого объема отходов;
- низкая эффективность работы эcopунктов по причине нестабильных цен вторичных ресурсов и сопутствующих расходов;
- трудности реализации полученной продукции из вторичного сырья за счет заниженной цены на общероссийском рынке;
- отсутствие обязанности систематического предоставления достоверной информации об объемах вторичных ресурсов и обращении со вторичными ресурсами, закрепленной на законодательном уровне.

Устранению обозначенных причин и решению региональных проблем обращения с ТКО будет способствовать внедрение цифровизации в процессах управления и технологиях переработки отходов. Основные ожидания от внедрения заключаются в упрощении контроля со стороны органов управления и общества; прозрачности процесса обращения с отходами; улучшении взаимодействия между властью, бизнесом и обществом; ускорении бизнес-процессов и повышении безопасности.

Использование современных IT-инструментов обеспечивает оптимизацию региональных процессов. В 2025 г. во ФГИС УТКО региональная электронная модель территориальной схемы стала формироваться с помощью местных программ и специалистов. Источниками информации стали данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми (Минприроды РК), регионального оператора, комитета по тарифам, администраций муниципальных образований, операторов полигонов и отчетности предприятий.

Региональный оператор Севера через разработку мобильной платформы «АРМ» для контроля вывоза ТКО осуществляет наблюдение времени, даты и геолокации, что дает возможность предоставления точной и объективной информации в случае жалоб потребителей. Также проводится контроль за движением мусоровозов через систему ГЛОНАСС, что позволяет не только населению в онлайн-режиме наблюдать ситуацию, но и региональному оператору отслеживать процесс работы подрядчиков-операторов транспортирования ТКО. Маршруты всех автомобилей отображаются на карте, фиксируются 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 [3].

Раздельному сбору способствуют функционирование интернет платформы «Яндекс. Карты» (<https://yandex.ru/maps/-/CCUb6ZVFWB>), интерактивная карта и чат-бота в Telegram-канале. Эти источники фиксируют информацию по правилам сортировки и местонахождению эcopунктов и специальных контейнеров. Сайт регионального оператора (<https://regop-komi.ru/aktsii/>) информирует население о времени проведения раздельного сбора ТКО на отдаленных северных территориях региона. Один из основных переработчиков отходов ООО «ГринТехКоми» в «Контакте» (<https://vk.com/greentechkomi>) регулярно сообщает о времени проведения экологических акций по сбору пластика.

Для удобства и информирования жителей о приеме вторсырья с 2025 г. на интерактивной карте «Уберу» (<https://uberu.reo.ru>) размещена информация о контейнерах для сбора раздельно накопленных отходов, пунктах приема вторичного сырья (эcopунктах) и фандоматах, расположенных на территории муниципальных образований Республики Коми. Автоматизированные эcopункты (фандоматы) по сбору пластиковых бутылок и алюминиевых банок размещены на вокзалах Сыктывкара, Ухты, Печоры. Фандомат представляет устройство, которое на возмездной основе принимает у населения использованные пластиковые бутылки и алюминиевые банки. Тара спрессовывается и распределяется в соответствующий контейнер [4].

Результатом использования цифровых технологий стало уточнение состояния всех полигонов на территории Республики Коми с помощью лазерного сканирования [2]. Следующим положительным вкладом стало уточнение объема сбора ТКО по региону за счет внедрения технических средств и электронного мониторинга на полигонах. Объем образования ТКО оказался на 1/3 меньше предполагаемого, что ориентирует на использование установок малого объема обработки. В настоящее время в Усть-Вымском районе работает установка мощностью 10 тыс. т/год, которая будет производить сортировку и обезвреживание ТКО и большей части Княжпогостского района, а к 2030 г. планируется внедрить мусоросортировочные комплексы разных мощностей и конструкций при полигонах в Сыктывкаре, Сосногорске, Воркуте, Вуктыле, Инте, Усинске, Печоре, Усогорске [5].

Основные препятствия для использования программного обеспечения (интернета вещей, облачных сервисов, технологии сбора, обработки и анализа больших данных) для крупных и средних организаций большинства сфер деятельности выражены в высоких затратах на приобретение и эксплуатацию, а также в отсутствии потребности в этих технологиях [6].

По результатам контент-анализа зарубежных исследований основными драйверами внедрения цифровизации на практике считаются конкуренция, спрос и нормативно-правовые обязательства [7]. Конкуренция среди предприятий отрасли в регионе практически отсутствует, и пока нет мотивации вкладывать финансовые средства в развитие цифровых технологий. Малый и средний бизнес, связанный с утилизацией ТКО, слабо мотивирован из-за отсутствия каких-либо стимулов и финансовых преференций со стороны региона. Использование цифровизации для улучшения взаимодействия предприятий с властью проявляется в выполнении обязательств по предоставлению налоговой и статистической отчетности, т. е. односторонне, путем контроля.

Другим контролирующим элементом становятся обязательные электронные торги вторичного сырья, введение которых осуществляется с 1 сентября 2025 г. Новые правила касаются региональных операторов, занимающихся обработкой отходов. При этом каждая сделка должна быть оплачена суммой в 1 % от предполагаемого дохода [8].

Следующим ограничением для внедрения цифровых технологий являются низкая профессиональная подготовка и слабые навыки обращения с программами специалистов организаций, которые усиливает плохая связь на отдаленных территориях региона.

Широполосной доступ к Интернету развивается преимущественно в муниципальных центрах, городских населенных пунктах и сельских населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости от них, а также вдоль железной дороги. В удаленных населенных пунктах уменьшается возможность выбора интернет-провайдера и даже типа интернет-соединения [9]. Это объясняется высокой стоимостью оборудования и низкой экономической эффективностью, что приводит к нежеланию операторов связи устанавливать его в малочисленных и труднодоступных населенных пунктах [10].

На сайте Российского экологического оператора (<https://reo.ru/technologies>) представлены более 200 различных отечественных и зарубежных технологий для сбора и накопления, сортировки, обезвреживания, транспортирования и утилизации ТКО. Многие технологии напрямую связаны с цифровизацией, без которой современное обращение с отходами невозможно. Из-за высокой стоимости цифровых инструментов и самостоятельного несения расходов на внедрение главной задачей компаний становится подбор наиболее эффективного набора IT-решений. Согласно научным исследованиям, необходимо найти баланс между затратами и реальной результативностью внедряемых технологий [11].

Одной из стратегических инициатив правительства России в решении проблем утилизации отходов стал переход к экономике замкнутого цикла. Наиболее важными направлениями этого перехода являются: создание инфраструктуры по комплексному управлению отходами и вторичными ресурсами; создание системы сквозного мониторинга движения отходов, вторичного сырья и товаров [12].

Цель исследования – выявление цифровых решений, способствующих выполнению региональных направлений экономики замкнутого цикла. Научная новизна заключается в проведении анализа статистической обработки данных по внедрению цифровых технологий в организациях сферы обращения с ТКО и выявление направлений цифровой поддержки по Программе Республики Коми по переходу к экономике замкнутого цикла. В задачи исследования входят: характеристика существующих условий внедрения цифровизации; место сферы обращения с ТКО по применению инструментов «цифры» среди отраслей природопользования в регионе и в сравнении с российским уровнем по отрасли; анализ лучших практик и преемственности; место цифровых технологий в реализации направлений экономики замкнутого цикла в республике.

Материалы и методы

В процессе исследования применялись общенаучные методы: абстрактно-логический, сравнительный, аналогий, экспертного анализа, графический, статистической обработки и анализа. Проведена систематизация инструментария цифровизации в реализации направлений экономики замкнутого цикла в регионе.

Ситуация внедрения цифровизации в отрасли

Оценка внедрения цифровых технологий организаций в области обращения с ТКО проведена на основании анализа форм отчетности «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг» (форма № 3-информ) и «Сведения об использовании цифровых технологий малым предприятием» (форма № 3-информ (МП)), предоставленной Комистатом за 2023 и 2024 гг. Были использованы данные по видам экономической деятельности «Сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья»: Сбор отходов (ОКВЭД 38.1), Обработка и утилизация отходов (38.2), Деятельность по обработке вторичного сырья (38.3). Учитывалась и деятельность «Предоставление услуг в области ликвидации последствий загрязнений и прочих услуг, связанных с удалением отходов» (ОКВЭД 39).

Из-за крайне ограниченного периода наблюдений (2023–2024) делать выводы о динамике ситуации не корректно. Однако рассматривать как стартовые позиции внедрения цифровых технологий возможно. В настоящее время формы отчетности трансформируются, содержательная часть расширяется за счет включения актуальных данных.

В регионе осуществляется 15 видов деятельности в сфере обращения с ТКО на территории 13 (из 20) райо-

нов без учета транспортировки. Число действующих коммерческих организаций в сфере обращения с ТКО в 2023 г. составило 71, в 2024 г. – 69. Выбор респондентов, предоставляющих данные по этим формам, осуществляет Росстат. В число респондентов в 2023 г. вошли 13 организаций, а в 2024 г. – 19. Однако в 2024 г. конфиденциальной информацией стали сведения малых предприятий и предприятий класса классификатора ОКВЭД 38.2. и 39.0, что сократило перечень анализируемых организаций до 10. Перечень организаций за два года обследования совпадает частично. Совпадения составили ООО Региональный оператор Севера (г. Ухта), ООО Эколом (г. Ухта), ООО Спец формирование Природа (г. Усинск), МУП Север (с. Усть-Кулом).

Данные за 2023 г. показали, что 10 организаций из 13 внедряют цифровые технологии; в 2024 г. восемь из десяти респондентов. Эти составляющие (оборудование, программы и интернет-связь) являются главными условиями применения цифровизации, без чего невозможна никакая трансформация. В техническом оснащении предприятия отрасли в период 2023–2024 гг. не применяли роботов, беспилотные аппараты, 3-D принтеры, программы с искусственным интеллектом, цифровых двойников, аддитивных технологий и радиочастотных идентификаторов объектов (RFID). Применяемые цифровые технологии представлены на рис. 1.

Веб-сайт использовали три организации из 10 в 2023 г. и три из восьми в 2024 г. По данным 2023 г., на сайте опубликованы двумя организациями каталоги товаров/услуг; двумя организациями – возможность заказа товаров (работ, услуг) / бронирования; одна организация использовала сайт для отслеживания статуса заказа и размещения информации о вакансиях. В 2024 г. нет информации о направлениях использования веб-сайтов.

Электронный обмен данными между своими и внешними информационными системами по форматам обмена с органами государственной власти и местного самоуправления в 2023 г. осуществляли восемь организаций из десяти, в 2024 г. – пять из восьми. В 2023 г. заполненные формы статистической или налоговой отчетности предоставляли семь из восьми организаций. Получение государственных услуг от органов управления полностью в электронном виде, включая платежи, осуществляли все респонденты. Данные 2024 г. не предоставляют эту информацию.

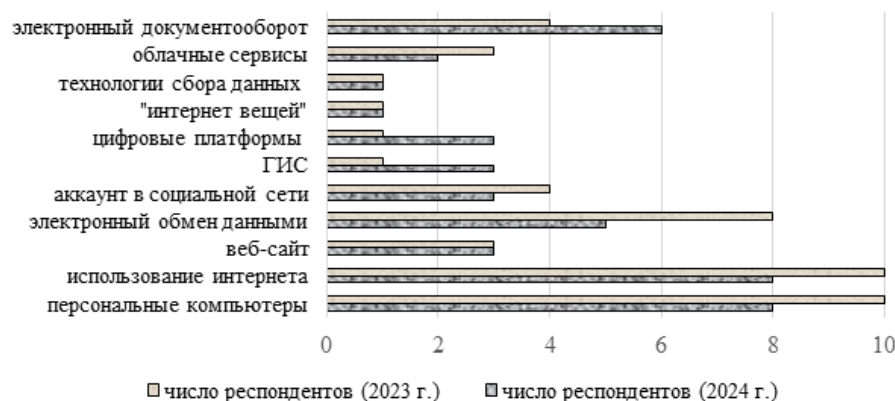


Рисунок 1. Использование цифровых технологий.
Figure 1. Digital usage.

Аккаунт в социальной сети использовали четыре организации из 10 в 2023 г. и три из восьми в 2024 г. Направления использования детализируют данные 2023 г. Так, получение отзывов / обзоров / вопросов о товарах (работах, услугах), производимых организацией, и публикация ответов на них отражены в аккаунтах трех респондентов. Одна организация публиковала материалы о найме сотрудников и сотрудничестве с бизнес-партнерами или другими организациями.

Геоинформационные системы применяют для сбора и анализа данных и визуализации на картах/схемах. Ситуация 2024 г. показала рост внедрения таких программ (в 2023 г. одна организация работала с ними; в 2024 г. – три).

Цифровые платформы в системе обращения с ТКО используют для контроля, оптимизации логистики, создания реестров, мониторинга заполняемости контейнеров, расчета тарифов и обеспечения прозрачности процессов обращения с отходами. Если в 2023 г. лишь одно предприятие по сортировке вторичного сырья использовало этот инструмент, то в 2024 г. уже три организации по сбору и сортировке применяли данную цифровую технологию.

Технология интернета вещей применялась для отслеживания передвижения транспортных средств и дистанционного мониторинга состояния удаленных объектов лишь одной организацией в 2023–2024 гг. Такая же ситуация (одна организация из десяти респондентов в 2023 г. и одна организация из восьми в 2024 г.) наблюдалась и с технологией сбора больших данных. При этом данные пока не используются, а накапливаются для последующей обработки и анализа в производственных или управленческих процессах организации.

Организации по сбору ТКО используют облачные сервисы для хранения большого массива данных, специальных программных средств для функционирования предприятия. Статистика показала малую долю применения облачных сервисов (трех из десяти респондентов в 2023 г. и двух из восьми респондентов в 2024 г.). Причем в 2024 г. в самой форме отчетности происходит уточнение назначения хранения данных – информация о геолокации.

Электронный документооборот включает систему обмена, согласования, подписи юридически значимых для организации документов в электронном виде. В 2023 г.

этот инструмент применяли четыре организации; в 2024 г. – шесть. Статистика 2024 г. предоставляет сведения о направлениях и интенсивности его использования. Так, данный цифровой инструмент пяти организаций применяли для взаимодействия с государственными органами, четыре – для взаимодействия с партнерами, две организации – для внутреннего документооборота, в том числе кадрового. Более половины всех документов проводится в электронном виде в общем объеме до-

кументооборота тремя организациями, двумя – от 10 до 50 % и одной организацией – менее 10 %.

Затраты на внедрение цифровых технологий осуществляются только за счет средств самих предприятий и формируются из внутренних затрат на внедрение и использование цифровых технологий и программ (56 % в 2023 г. и 59 % в 2024 г.), а также на оплату услуг электросвязи (25 % в 2023 г. и 28 % в 2024 г.) и интернета (12 % в 2023 г. и 13 % в 2024 г.). Затраты на приобретение машин и оборудования, связанных с цифровыми технологиями, а также техническое обслуживание, модернизацию, текущий и капитальный ремонт, выполненные собственными силами в общих расходах предприятий, не превышает 2–4 % (в 2024 и 2023 гг. соответственно).

Анализ статистической информации показал разную степень использования различных цифровых технологий организациями, осуществляющими сбор, обработку и утилизацию отходов. Наибольшее распространение в их деятельности получили электронный документооборот, электронный обмен данными по форматам отправки статистической и налоговой отчетности, справочно-правовые системы и программы обеспечения информационной безопасности. Для продвижения товаров и услуг, ускорения бизнес-процессов применяются веб-сайты и социальные сети. Минимально используются программы управлением закупками, складами и персоналом; видеонаблюдение процессов; облачные сервисы и технологии обработки больших данных.

Сравнение ситуации использования цифровизации предприятиями в регионе по отношению к российским организациям сферы обращения с ТКО по виду деятельности «Водоснабжение, водоотведение и утилизация отходов» отражено в табл. 1.

В целом уровень внедрения сопоставим с общероссийским, за исключением использования технологий искусственного интеллекта и RFID-технологии. Уровень применения прикладных программ в регионе по многим позициям выше, чем в среднем по стране, кроме программ проектирования и моделирования (табл. 2).

Результаты проведения авторской анкеты со специалистами-экспертами Минприроды Республики Коми показали не-

обходимость внедрения моделирования различных схем сбора, транспортировки и переработки отходов.

Сравнительный анализ лесного, водного и аграрного секторов биоэкономики региона указывает на специфические отличия в цифровизации сферы обращения с ТКО (рис. 2). Так, для организаций сферы обращения с ТКО использование общих цифровых технологий, внедрение программ и IT-решений в большинстве минимальное, как и оснащенность Интернетом (80 % против практически 100 % по всем остальным). Наиболее прогрессивным в использовании цифровизации в регионе стал водный сектор, где применение цифровых технологий практически всех направлений максимальное. Предприятия сферы обращения с ТКО опережают лесной и аграрный секторы по темпам внедрения интернета вещей, ГИС и цифровых платформ.

Согласно исследованиям В. Ф. Фоминой, цифровое развитие управления водными ресурсами отличает-

Таблица 1

Использование Интернета и цифровых технологий
(в % от числа крупных и средних организаций, 2024 год)

Table 1

Usage of the Internet and digital technologies
(% of large and medium-sized organizations, 2024)

Цифровые решения	Организации	
	РФ*	РК#
Широкополосный фиксированный интернет	66,6	80,0
Интернет вещей	11,0	10,0
RFID-технологии	8,1	0,0
Цифровые платформы	20,9	30,0
Облачные сервисы	17,4	20,0
Технологии сбора, обработки и анализа больших данных	8,7	10,0
Технологии искусственного интеллекта	3,2	0,0

Примечание. Данные по источнику по виду деятельности: * «Водоснабжение, водоотведение и утилизация отходов» [6]; # для организаций по сбору ТКО и обработке вторичного сырья [№ 3-информ].
Note. Data on the source by type of activity: * "Water supply, sanitation and waste disposal" [6]; # for organisations that collect MSW and process secondary raw materials [3-inform].

Таблица 2

Использование программного обеспечения для решения прикладных задач
(в % от числа крупных и средних организаций, 2024 год)

Table 2

Usage of software to solve application tasks
(% of large and medium-sized organizations, 2024)

Цифровые решения	Организации	
	РФ	РК
Электронный документооборот	45,8	60,0
Финансовые расчеты в электронном виде*	41,6	46,2
Программы информационной безопасности	34,5	80,0
Справочно-правовые системы*	35,4	38,5
Управление закупками товаров (работ, услуг)	26,6	20,0
Управление продажи товаров (работ, услуг)	22,7	20,0
Программы доступа к базам через глобальные информационные сети*	22,5	23,1
Управление складом*	24,9	7,7
Обучающие программы*	17,2	15,4
Для проектирования / моделирования	15,2	0,0

Примечание. * данные формы статистической отчетности № 3-информ за 2023 г.
Note. * data from the 3-inform statistical reporting form for 2023.

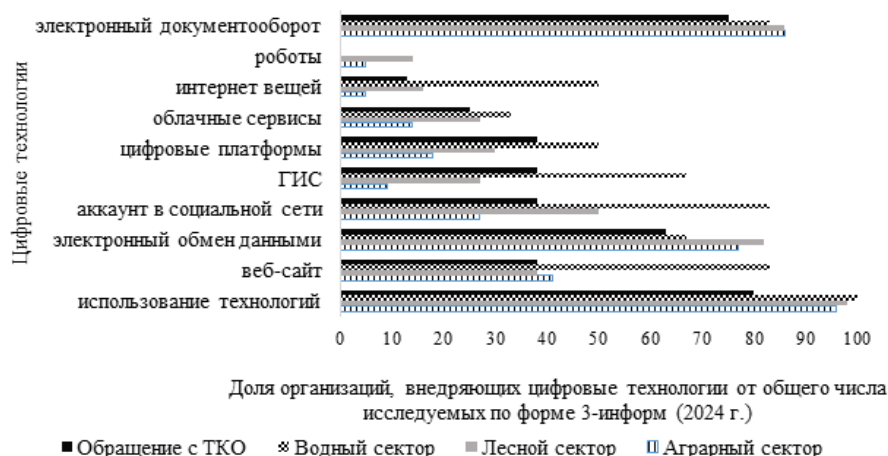


Рисунок 2. Использование цифровых технологий секторами биоэкономики.
Figure 2. Digital usage by the bioeconomy sectors.

ся использованием передачи сведений учетных систем по управлению персоналом (HRIS), взаимоотношениями с клиентами (CRM) и всеми внутренними ресурсами компании, включая финансы, производство и логистику (ERP) [13].

В организациях аграрного, водного и лесного хозяйств, в отличие от сферы обращения с ТКО в регионе, происходит не только использование «больших данных» из облачных серверов для производственных и бизнес-процессов, а также их аналитика (в лесоводстве; лесозаготовке; распиловке; заборе питьевой воды и ее распределении; очистке сточных вод).

никации между бенефициарами и обеспечению безопасности информации. Несмотря на большое разнообразие инструментария для повышения информационной безопасности, результаты опроса среди экспертов органов власти показали обеспокоенность выполнением именно этой задачи.

Лучшие практики и преемственность

Прогрессивность зарубежного опыта внедрения цифровизации заключается в сочетании использования цифровых технологий с выработанными нормами поведения населения. Это опыт формирования культуры обращения с отходами, накопленный за десятилетия. Лучшие практики включают использование: широкого спектра техно-

Ожидания и реализация

Цифровизация способствует решению отраслевых проблем, поэтому для эффективного процесса поставленные задачи реализуются с помощью набора инструментов. Ситуация по внедрению того или иного инструментария для каждой задачи представлена в табл. 3, где цветом выделены наиболее распространенные. При этом некоторые программы/услуги могут способствовать реализации нескольких задач.

Данные табл. 3 указывают, что внедрение цифровых решений способствует улучшению комму-

Использование IT-инструментов для выполнения задач цифровизации

Usage of IT tools to perform digitalisation tasks

Таблица 3

Table 3

Задачи	Цифровые решения	Число пользователей
Контроль со стороны органов управления и общества	Интернет вещей (отслеживание транспортных средств)	1
	Электронный обмен данными	5
	Аккаунт в социальной сети	3
	Цифровая платформа	1
	Формы статистической и налоговой отчетности	5
Прозрачность процесса обращения с отходами для обеспечения реальной информацией	Электронный обмен данными	5
	Аккаунт в социальной сети	3
	ГИС	3
	Цифровая платформа	3
	Интернет вещей (отслеживание транспортных средств)	1
	Формы статистической и налоговой отчетности	5
	Дистанционный мониторинг, видеонаблюдение	1
Улучшение взаимодействия между бенефициарами (власть, бизнес, общество)	Формы статистической и налоговой отчетности	5
	Аккаунт в социальной сети	3
	Веб-сайт	3
	Электронный обмен данными	5
	Управление персоналом	2
	Управление продаж	2
	Электронный обмен данными	5
	Технология сбора больших данных	1
	Электронно-справочные системы	5

Повышение безопасности информации	Облачные сервисы	2
	Программы, препятствующие несанкционированному доступу вредоносных программ	5
	Антивирусные программы	10
	Резервное копирование	2
	Системы обнаружения вторжения в сеть	3
	Спам-фильтры	2
	Аутентификация	2
	Шифрование	3
	Программы анализа и контроля защищенности систем	1
	Электронная подпись	6

Источник. Таблица составлена автором по данным формы статической отчетности № 3-информ за 2024 г.
Source. The table was compiled by the author according to 3-inform data for 2024.

логий сортировки и переработки вторичного сырья; сбора информации о структуре и образуемых объемах ТКО; внедрение искусственного интеллекта для проведения сложных процессов – беспилотного управления техникой сбора и переработки отходов, анализа большого массива данных, учебно-демонстрационного процесса; экономических стимулов для сортировки и утилизации отходов.

Для сбора отходов в Германии применяются интеллектуальные контейнеры с установленными RFID-трекерами, которые в режиме реального времени сообщают об объемах и времени наполнения [14]. Там же искусственный интеллект (ИИ) используют в разработке автономных беспилотных подметальных машин [15]. В европейских странах распространены мобильные приложения с указанием расположения мусорных баков в населенном пункте [16]. В Малайзии компании по обращению с отходами предоставляют данные о пунктах сбора через мобильные приложения, в которых отображается информация о стоимости и графике вывоза мусора. В Малайзии и США разработаны интеллектуальные системы управления отходами, включающие ультразвуковой датчик, плату Arduino и модуль Wi-Fi, которые позволяют определять уровень наполнения контейнера для сбора и сохраняют информацию в облачной базе данных [17, 18]. Во многих местах мира используется автоматизированная система вакуумного сбора. Подземная система трубопроводов засасывает разноцветные мешки с отходами, собранными на улицах, в центральное место, где отходы легко собрать. Отходы можно отслеживать с помощью RFID-меток, а также весов, предоставляющих данные об объемах отходов в режиме реального времени [19].

В Китае для сбора и транспортировки разработан интеллектуальный мусоровоз, оснащенный считывателем RFID [20]. Для отслеживания транспортировки и управления маршрутами в Германии используют цифровую систему «РАУТ», включающую обратную связь через мобильные приложения (для смартфонов) пользователям [15].

В Австралии автоматическая сортировка на конвейерной ленте происходит с помощью датчиков, определяющих состав вторичного сырья [21]. В Китае сортировка биоразлагаемых отходов от небiorазлагаемых происходит с помощью технологии тепловидения для сканирования отходов [22]. В европейских странах применяют роботы-сортировщики, которые формируют информацию об

отсортированных материалах [23]. В этих странах используют различные чат-боты с поддержкой искусственного интеллекта, с помощью которых жители города могут задавать вопросы, например, о сортировке отходов. Система значительно улучшает сортировку отходов, повышая осведомленность общественности, если она воспринимается жителями [19]. Системы с ИИ генерируют сигналы тревоги на основе мониторинга данных от трех разных датчиков о количестве биологических отходов и смешанных отходов, а также концентрации опасных газов в контейнере для отходов на разных этапах сортировки [24].

Преимущество существующего положительного опыта может происходить по трем направлениям: контроля и управления; удобства сбора ТКО для населения; эффективности бизнеса, осуществляющего переработку отходов. Учитывая региональную специфику обращения с ТКО и уже наработанный опыт внедрения цифровых технологий в практику, считаем, что на данном этапе необходимо закрепление навыков обращения с существующими технологиями и их распространение. Например, для выполнения государственных задач в сфере обращения с ТКО необходимо цифровое развитие всей системы обращения с отходами – власти, бизнеса и общества. Одним из основных условий должна стать 100%-ная обеспеченность интернет связью и компьютерной техникой в организациях, участвующих в системе обращения с ТКО.

Обеспечение 100%-ной сортировки ТКО может происходить за счет получения информации населением о нахождении экопунктов и мест накопления вторичных ресурсов (резиновых шин, пластика, бумаги, стекла).

Аналитические программы при использовании искусственного интеллекта для обработки и анализа больших данных необходимы в системе управления (для министерств и управляющих компаний; регионального оператора).

Для информирования населения и организаций необходимо обязательное внедрение аккаунтов в социальных сетях всех утилизаторов региона.

Для развития межрегионального сотрудничества с соседними регионами (Архангельская область, Кировская область, НАО) в поиске и обсуждении создания взаимовыгодных кооперационных цепочек в обращении со вторичными ресурсами могут способствовать электронный документооборот и внешний электронный обмен данными.

Здесь указанные цифровые решения должны быть у всей цепочки организаций, участвующих в процессе взаимодействия.

Эффективность внедрения цифровых технологий

Национальные проекты стали основой реализации задач экономического и социального развития Российской Федерации до 2030 г. Целью одного из таких проектов – «Экологическое благополучие», являются сохранение и восстановление окружающей среды в целях улучшения экологического благополучия. Одним из шести национальных инициатив стал Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла». На уровне Российской Федерации ключевыми мероприятиями являются:

- реализация отраслевых программ применения вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сферах строительства и ЖКХ, сельского хозяйства и промышленности;
- создание мощностей по утилизации вторичных ресурсов и производству продукции из вторичного сырья;
- организация инфраструктуры по обращению с твердыми коммунальными отходами.

В Республике Коми была разработана Программа по переходу к экономике замкнутого цикла, где представлены перечень и характеристика мероприятий, определены размер затрат и статус финансирования по трехуровневой си-

стеме; описание осуществления контроля за реализацией и ежегодные показатели результативности и эффективности. Так, можно отметить, что федеральные средства (4,5 % от объема всех затрат) направляются на выполнение научно-исследовательских работ; региональные финансовые ресурсы (93,5 %) – на строительство мусоросортировочных комплексов и полигонов; предоставление субсидий экопунктам и юридическим лицам в части сельскохозяйственных затрат; внебюджетные источники (2,0 %) – для строительства мобильных мусоросортировочных комплексов и инсинераторной установки для отходов.

Регион ставит перед собой реальные задачи и обязуется к 2030 г. сократить объем захоронения ТКО (на полигонах) на 15 %, при этом обеспечивая 100%-ную сортировку за счет строительства сортировочных объектов. В течение всего периода действия программы объем переработки составляет половину всех отходов, которые попадают на экопункты [25]. Цифровые решения могут способствовать качественному выполнению мероприятий и контролю за их реализацией и эффективностью (табл. 4).

Следует отметить, что финансирование предусмотрено лишь на часть мероприятий программы, в основном связанных со строительством и обустройством инфраструктуры обращения с ТКО. Как видно из табл. 4, реализация значительной части мероприятий ложится на плечи

Таблица 4
Table 4

Мероприятия реализации Программы Республики Коми по переходу к экономике замкнутого цикла на 2025–2030 годы
Measures to implement the Program for the Transition to a Circular Economy of the Komi Republic for the period of 2025–2030

Перечень мероприятий	Цифровое решение, способствующее его выполнению
Инвентаризация потенциальных потребителей вторичного сырья	
Формирование и актуализация реестра предприятий, принимающих (экопункты) и использующих вторичное сырье (лесопереработка, животноводство, дорожная отрасль, строительство и обрабатывающая промышленность)	• Аккаунт в социальной сети; • Веб-сайт; • Электронный документооборот; • Технологии сбора, обработки и анализа больших данных; • Управление техническими средствами (отслеживание транспортных средств)
Расширение перечня предприятий, включенных в реестр утилизаторов	• Технологии сбора, обработки и анализа больших данных
Взаимодействие в рамках межрегионального сотрудничества	• Программы по обеспечению закупками и продажами; • Электронный документооборот
Стимулирование спроса на продукцию, полученную в результате утилизации отходов	
Расширению кооперационных цепочек между поставщиками и пользователями вторичного сырья	• Программы по обеспечению закупками и продажами; • Электронный документооборот; • Веб-сайт предприятий-поставщиков вторичного сырья
Государственные закупки товаров, полученные в результате утилизации отходов	• Программы по обеспечению закупками и продажами; • Электронный документооборот
Поддержка предприятий, вовлекающих отходы производства и потребления в хозяйственный оборот	
Предоставление субсидий и льготных займов предприятиям на организацию работы экопунктов	• Электронные финансовые расчеты; • Электронный документооборот
Предоставление субсидий и льготных займов предприятиям для обустройства контейнерных площадок по накоплению отходов	• Программы по обеспечению закупками и продажами; • Электронный документооборот
Строительство объектов	
Мобильные мусоросортировочные комплексы в Печоре, Инте, Вуктыле, Усинске и Усогорске	• Управление техническими средствами (отслеживание транспортных средств)
Мусоросортировочные комплексы и полигоны в Сыктывкаре, Воркуте и Сосногорске	
Инсинераторная установка для сжигания отходов в Усть-Цилемском районе	
Создание мест накопления отработанных ртутьсодержащих ламп (до 20 ед.)	• Технологии сбора, обработки и анализа больших данных

Производство строительных материалов для обустройства перемычек при добыче угля (до 20 тыс. шт/год)	• Аккаунт в социальной сети; • Веб-сайт; • Программы по обеспечению закупками и продажами
Производства брикетов топливных (биотопливо) из отходов деревопереработки (до 34 тыс. т)	
Реконструкция двух и строительство 23-х блочно-модульных котельных с целью перевода на биотопливо	
Деятельность регионального оператора	
Установка контейнеров	• Технологии сбора, обработки и анализа больших данных • Программы по обеспечению закупками и продажами
Электронная торговая площадка для реализации раздельно накопленных отходов (100 %).	• Цифровая платформа • Технологии сбора, обработки и анализа больших данных

Примечание. Цветом отмечены мероприятия, на реализацию которых выделяется финансирование из бюджета региона и внебюджетных фондов.
 Note. The color indicates the activities for which financing is allocated from the regional budget and extra-budgetary funds.

регионального оператора, добывающих и перерабатывающих предприятий и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми.

Заключение

В развитии региональной экономики все более остро проявляются тенденции экологизации и цифровизации. Внедрение цифровых технологий в решение проблем в сфере обращения с ТКО начинает давать положительные результаты. Тем не менее охват использования цифровых программ и инструментов пока невелик. Результаты выполнения статистической оценки уровня применения цифровых технологий по форме 3-информ за 2023 и 2024 гг. показали начальный уровень внедрения; распространение узкого набора инструментария; необходимость в расширении спектра цифровых решений. Несмотря на это, уровень внедрения сопоставим с общероссийским, за исключением использования технологий искусственного интеллекта и RFID-технологии. Применение прикладных программ, за исключением программ проектирования и моделирования, в регионе по многим позициям выше, чем в среднем по стране. Сравнительный анализ по распространению цифровых решений среди отраслей природопользования в регионе определил в основном аутсайдерские позиции сферы обращения с ТКО.

Преимуществом положительного опыта заключается в закреплении навыков обращения с существующими технологиями; их более широкое распространение в деятельности организаций и внедрение аналитических программ с использованием искусственного интеллекта (для министерств и управляющих компаний; регионального оператора).

Для выполнения мероприятий по переходу к экономике замкнутого цикла предложен перечень цифровых решений, внедрение которого должно способствовать их реализации.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспекти-

ву до 2036 года». – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения 15.03.2025).

2. Тихонова, Т. В. Оценка цифровой трансформации системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Региональный аспект / Т. В. Тихонова // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Экономические науки». – 2025. – № 5 (81). – С. 84-94. – DOI 10.19110/1994-5655-2025-5-84-94.
3. Региональный оператор Севера подключил к мобильной платформе для контроля вывоза ТКО еще три муниципалитета. – URL: <https://regop-komi.ru/regionalnyj-operator-severa-podklyuchil-k-mobilnoj-platforme-dlya-kontrolya-vyvoza-tko-eshhe-tri-municipaliteta/> (дата обращения: 15.03.2025).
4. На вокзалах Сыктывкара и Ухты появились аппараты для сбора вторсырья. – URL: <https://komiinform.ru/news/261404> (дата обращения: 15.03.2025).
5. В Коми хотят строить мобильные мусоросортировочные комплексы. – URL: <https://www.bnkomi.ru/data/news/177943/> (дата обращения: 12.11.2024).
6. Индикаторы цифровой экономики: 2026: стат. сб. / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг [и др.]. – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2026. – 304 с.
7. Robertstone, G. Digital transformation as a catalyst for sustainability and open innovation / G. Robertstone, I. Lapiņa // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2023. – № 9. – 100017. – <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100017>
8. Королева, А. Вторсырье затягивает в систему. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7907234?utm_source=newspaper&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter (дата обращения: 05.07.2025).
9. 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.
10. Куратова, Л. А. Проблемы и задачи компенсирующей цифровизации территории Республики Коми / Л. А. Куратова // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера. – 2024: сб. стат. Девятой Всерос. науч.-практ. конф. (18-20 сентября 2024 г., Сыктывкар): в 2 ч. – Сыктывкар, 2024. – Ч. II. – С. 321-327.

11. Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сб. науч. ст. / отв. ред. чл.-кор. РАН, д. э. н., профессор В. В. Акбердина. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2024. – 377 с.
12. Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла». – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/environmental_well-being/federalnyy-proekt-ekonomika-zamknutogo-tsikla/?ysclid=mdsnowc1db28455015 (дата обращения: 02.03.2026).
13. Фомина, В. Ф. Эколого-экономическая устойчивость северного региона: водный фактор / В. Ф. Фомина; отв. ред. Л. А. Попова. – Ижевск: ООО «Принт», 2025. – 284 с.
14. 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> (data of access: July 5, 2025).
15. Ivanova, Z. Eco-anthropocentric approach in urban planning: European and Russian experience. Web Conf. 157 / Z. Ivanova. – 2020. – 03014. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015703014> (data of access: July 5, 2025).
16. Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia / K. D. Kang, H. Kang, I.M.S.C. Ilankoon [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 252. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119801> (data of access: July 5, 2025).
17. 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.
18. 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.] // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 354. – 131604. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622012215> (data of access: July 7, 2025).
19. Utilizing digital technologies for waste management / R. Hynninen, I. Liehu, J. Lähtinen [et al.] – 2022. – DOI: 10.13140/RG.2.2.27209.67689.
20. 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. – DOI: 10.1016/j.wasman.2017.11.054.
21. 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>.
22. 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.
23. 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).
24. 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. 950–959.
25. Паспорт региональной программы Республики Коми по переходу к экономике замкнутого цикла. – URL: https://project.rkomi.ru/uploads/documents/rp_ekonomika_zamknutogo_cikla_respublika_komi_2025-09-08_14-43-35.pdf (дата обращения 5.05. 2026).

References

1. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 07.05.2024 № 309 “O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivy do 2036 goda [About the national development goals of the Russian Federation until 2030 and for the future until 2036]”. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (data of access: March 15, 2025).
2. Tikhonova, T. V. Ocenka cifrovoj transformacii sistemy obrashcheniya s tverdymi kommunalnymi othodami. Regionalnyj aspekt [Assessment of the digital transformation of the municipal solid waste management system. The 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. 84–94. – DOI 10.19110/1994-5655-2025-5-84-94.
3. Regionalnyj operator Severa podklyuchil k mobilnoj platforme dlya kontrolya vyvoza TKO eshche tri municipaliteta [The regional operator of the North has connected three more municipalities to the mobile platform for MSW removal control]. – URL: <https://regop-komi.ru/regionalnyj-operator-severa-podklyuchil-k-mobilnoj-platforme-dlya-kontrolya-vyvoza-tko-eshe-tri-municipaliteta/> (data of access: March 15, 2025).
4. Na vokzalah Syktyvkara i Uhty poyavilis apparaty dlya sbora vtorsyrya [Recycling collection devices have appeared at Syktyvkar and Ukhta railway stations]. – URL: <https://komiinform.ru/news/261404> (data of access: March 15, 2025).
5. V Komi hotyat stroit mobilnye musorosortirovochnye komplekсы [In Komi, they want to build mobile waste sorting complexes]. – URL: <https://www.bnkomi.ru/data/news/177943/> (data of access: November 12, 2024).
6. Indikatory cifrovoj ekonomiki: 2026: statisticheskij sbornik [Indicators of the digital economy: 2026: statistical collection] / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevsky [et al.]. – Moscow: ISIEZ VShE, 2026. – 304 p.
7. Robertstone, G. Digital transformation as a catalyst for sustainability and open innovation / G. Robertstone, I.

- Lapina // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2023. – № 9. – 100017. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100017>.
8. Koroleva, A. Vtorsyrye zatyagivaet v sistemu [Recyclables are being dragged into the system]. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7907234?utm_source=newspaper&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter (data of access: July 5, 2025).
 9. Kuratova, L. A. Ocenka razvitiya cifrovoj infrastruktury prostranstva severnykh regionov Rossii [Assessment of the digital infrastructure development in the northern regions of Russia] / L. A. Kuratova // Sever i rynok: formirovanie 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.
 10. Kuratova, L. A. Problemy i zadachi kompensiruyushchej cifrovizatsii territorii Respubliki Komi [Problems and tasks of compensating digitalisation of the territory of the Komi Republic] / L. A. Kuratova // Aktualnye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditelnykh sil Severa – 2024 [Current Development Problems, Directions and Mechanisms of the Productive Forces of the North – 2024]: Proceedings of the Ninth All-Russian Scientific-Practical Conference (September 18–20, 2024, Syktyvkar): in 2 parts. – Syktyvkar, 2024. – P. II. – 337 p. (P. 321–327).
 11. Cifrovaya transformatsiya promyshlennosti: tendentsii, upravlenie, strategii [Digital transformation of industry: trends, management, strategies]: Collection of scientific papers / resp. ed. RAS Corresponding Member, Doctor of Economics, Professor V. V. Akberdina. – Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN, 2024. – 377 p.
 12. Federalnyy projekt “Ekonomika zamknutogo cikla” [Federal project “Closed-loop Economy”]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/environmental_well-being/federalnyy-proekt-ekonomika-zamknutogo-tsikla/?ysclid=mdsnowcldb28455015 (data of access: March 2, 2026).
 13. Fomina, V. F. Ekologo-ekonomicheskaya ustojchivost severnogo regiona: vodnyy faktor [Ecological and economic sustainability of the northern region: the water factor] / V. F. Fomina; resp. ed. L. A. Popova. – Izhevsk: OOO “Print”, 2025. – 284 p.
 14. 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> (data of access: July 5, 2025).
 15. Ivanova, Z. Eco-anthropocentric approach in urban planning: European and Russian experience. Web Conf. 157 / Z. Ivanova. – 2020. – 03014. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015703014> (data of access: July 5, 2025).
 16. Electronic waste collection systems using Internet of Things (IoT): Household electronic waste management in Malaysia / K. D. Kang, H. Kang, I.M.S.C. Ilankoon [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 252. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119801> (data of access: July 5, 2025).
 17. 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.
 18. 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.] // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 354. – 131604. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622012215> (data of access: July 7, 2025).
 19. Utilizing digital technologies for waste management / R. Hynninen, I. Liehu, J. Lähteinen [et al.] – 2022. – DOI: 10.13140/RG.2.2.27209.67689.
 20. 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. – DOI: 10.1016/j.wasman.2017.11.054.
 21. 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>.
 22. 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.
 23. Ispolzovanie cifrovyykh tekhnologiy v upravlenii othodami [The use of digital technologies in waste management]. – URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/digital-technologies-will-deliver-more> (data of access: December 23, 2024).
 24. Household waste management system using IoT and machine learning / S. Dubey, P. Singh, P. Yadav [et al.] // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 167. – P. 950–959.
 25. Pasport regionalnoj programmy Respubliki Komi po perekhodu k ekonomike zamknutogo cikla. – URL: https://project.rkomi.ru/uploads/documents/rp_ekonomika_zamknutogo_cikla_respublika_komi_2025-09-08_14-43-35.pdf (data off access: May 5, 2026)

Благодарность (госзадание)

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

Acknowledgements (state task)

The work was carried out within the frames of the state task of the Institute for Social, Economic & Energy Problems of the North FRC Komi SC UB RAS "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, ведущий научный сотрудник Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; WOS Research ID: J-8460-2018; Scopus Author ID: 55921709700; <https://orcid.org/0000-0002-2912-1696>, SPIN-код: 6790-6840 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 26; e-mail: tikhonova@iespn.komisc.ru).

About the author:

Tatyana V. Tikhonova – Candidate of Sciences (Economics), Leading Researcher, Institute for 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>, SPIN-code: 6790-6840 (Russian Federation, 167982 Syktyvkar, Communist, 26; e-mail: tikhonova@iespn.komisc.ru).

Для цитирования:

Тихонова, Т. В. Возможности цифровых технологий в решении проблем обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Коми / Т. В. Тихонова // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Экономические науки». – 2026. – № 5 (90). – С. 116–127.

For citation:

Tikhonova, T. V. Vozmozhnosti cifrovyyh tekhnologiy v reshenii problem obrashcheniya s tverdymi kommunalnymi othodami v Respublike Komi [Possibilities of digital technologies in solving problems of municipal solid waste management in the Komi Republic] / T. V. Tikhonova // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Economic Sciences". – 2026. – № 5 (90). – P. 116–127.

Дата поступления рукописи: 06.04.2026

Прошла рецензирование: 10.04.2026

Принято решение о публикации: 09.06.2026

Received: 06.04.2026

Reviewed: 10.04.2026

Accepted: 09.06.2026