

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

На правах рукописи

Захарова Елена Александровна

**Развитие организационно-экономического механизма управления
комплексом обращения с твердыми коммунальными отходами**

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(9. Экономика природопользования и землеустройства)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
экономических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, доцент
Сухоруков Александр Ильич

Москва – 2022

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Теоретические подходы к развитию организационно-экономического механизма устойчивого обращения с твердыми коммунальными отходами.....	12
1.1 Тенденции образования и свойства ТКО в России и за рубежом.....	12
1.2 Анализ особенностей рационального природопользования в организационно-экономическом механизме обращения с ТКО.....	25
1.3 Анализ действующих инструментов регулирования обращения ТКО.....	37
1.4 Обзор международного опыта использования инновационных технологий в области обращения с ТКО.....	43
Глава 2 Исследование системы обращения с ТКО и цифровое моделирование ее устойчивых бизнес-процессов.....	55
2.1 Описание и классификация основных бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО.....	55
2.2 Цифровое имитационное моделирование устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО.....	61
2.3 Разработка методики расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и принципа экономики замкнутого цикла.....	65
Глава 3 Развитие организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО на основе цифрового моделирования.....	73
3.1 Цифровое моделирование территориального комплекса обращения с ТКО.....	73
3.2 Анализ и реинжиниринг устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО.....	80
3.3 Разработка практических рекомендаций по развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО.....	100
Заключение.....	115
Список сокращений и условных обозначений.....	119
Список литературы.....	120
Приложения.....	137

Приложение А (справочное). Сведения об образовании отходов производства и потребления за 2019 год, представленные региональными операторами, осуществляющими деятельность с ТКО.....	137
Приложение Б (справочное). Координаты и адрес организаций, занимающихся обработкой и утилизацией ТКО.....	139
Приложение В (справочное). Объекты накопленного вреда окружающей среде, расположенные в Московской области Центрального федерального округа Российской Федерации.....	140
Приложение Г (справочное). Рисунки электронных моделей ТСОО города Москвы.....	142

Введение

Актуальность темы исследования. Стратегическое развитие страны в секторе экологии является приоритетным для решения. В 2018 году указом Президента «О Национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» № 204 от 07.05.2018 [1] были составлены Национальные цели и стратегические задачи на период до 2024 г. [43], которые пролонгированы до 2030 г. [2]. В их число входит Национальный проект «Экология». В нем особое внимание уделено двум важным направлениям:

- 1) Ликвидация несанкционированных свалок в черте города.
- 2) Увеличение направления потоков образованных твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) на обработку (сейчас эта доля составляет 3 %, к 2024 году запланировано увеличение данного показателя до уровня 60 %, а к 2030 – до 100 %, т.е. отправлять на обработку 65 млн т/г.).

Несмотря на то, что в результате антропогенной деятельности доля ТКО в общем объеме отходов не большая, однако она оказывает существенное влияние на экономику и экологию крупных агломераций. Поэтому во всем мире решение проблем рационального природопользования в процессах обращения с ТКО становится все более актуальным. В настоящее время организационно-экономический механизм управления комплексом обращения с ТКО, с точки зрения экономики замкнутого цикла и устойчивости, не совершенен. Существует множество коллизий, начиная с процессов образования ТКО и заканчивая процессами обращения ТКО на полигонах, мусоросжигающих (далее – МСЗ) и мусороперерабатывающих заводах (далее – МПЗ). Как правило, эти процессы не эффективные и не прозрачные с точки зрения экономики замкнутого цикла (далее – ЭЗЦ), не учитывают экологический ущерб и поэтому нуждаются в изучении и качественном развитии при помощи цифровизации механизмов управления.

Согласно исследованиям, проведенным в рамках разработки территориальной схемы обращения с отходами (утверждена распоряжением Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы от 26.12.2019

№ 01-01-14-590/19) (далее – ТСОО), объем ТКО, образуемых в городе Москве, в 2020 году составил около 8,09 млн т [43].

Положениями Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ФЗ № 89) захоронение отходов в границах населенных пунктов запрещено. Действующие объекты размещения отходов [14] на территории города отсутствуют.

Неохваченные городскими мощностями объектов обращения с ТКО, а также остатки сортировки направлялись на объекты обращения с отходами Московской области и других регионов, в том числе на объекты обработки и утилизации (комплексы переработки отходов).

Оказание услуг по вывозу и организации обращения с ТКО является полностью регулируемым видом деятельности со стороны государства и осуществляется коммерческими организациями (региональными операторами), которые до момента требований ФЗ №89 по введению института регионального оператора (далее – РЭО) руководствовались своими приоритетами.

Переход на модель экономики замкнутого цикла является главным на повестке органов государственной власти. Это становится глобальным трендом. Ключевыми индикаторами для экономики замкнутого цикла являются:

- 1) образование и обращение отходов производства и потребления;
- 2) образование ТКО на одного человека в день;
- 3) ресурсоэффективность отраслей экономики, включая материалоемкость по видам экономической деятельности, показатели использования вторичных ресурсов в отраслях экономики, потери ресурсов в процессе производства [33].

В целях информирования граждан о результатах раздельного накопления отходов (далее – РНО) на портале Мэра и Правительства Москвы mos.ru регулярно выходят тематические публикации, инфографики и ответы на популярные вопросы граждан. Запущена лендинг-страница чистая-москва.рф, где можно ознакомиться с самой актуальной информацией о РНО, ответами на популярные вопросы, полезными советами для тех, кто сортирует отходы дома, памятками по РНО,

имеются ссылки на самые интересные публикации в СМИ, посвященные РНО, и многое другое.

В подтверждение вышесказанным словам РЭУ имени Г.В. Плеханова 17 сентября 2021 г. подписал меморандум о создании консорциума для подготовки кадров в отрасль обращения с ТКО. Формирование экологического мышления становится одним из ключевых трендов развития высшего образования. В связи с цифровизацией и ростом востребованности экономики замкнутого цикла современные профессии в будущем могут претерпеть изменения [90].

В рамках постановления Правительства Москвы от 18.06.2019 № 734-ПП «О реализации мероприятий по отдельному сбору (накоплению) твердых коммунальных отходов в городе Москве» [8] с 1 января 2020 года в городе Москве началась реализация первых мероприятий по обеспечению отдельного сбора (накопления) твердых коммунальных отходов [92].

К этой дате в городе была создана вся необходимая инфраструктура. Контейнерами для накопления перерабатываемых компонентов ТКО были оснащены все контейнерные площадки многоквартирных домов и объектов социальной сферы города Москвы. Всего 22870 площадок, из них: 18009 площадок – в жилом секторе и 4 861 площадка – учреждения социальной сферы. С помощью этого решения удалось более грамотно использовать придворовые территории, оптимизировать расходы на транспортирование ТКО, а также увеличить объемы и качество отбираемых из них полезных компонентов. При этом операторы по обращению с отходами города Москвы расширили сеть своих бизнес-процессов за счет организации и работы пунктов приема от населения таких вторичных материальных ресурсов (далее – ВМР) как макулатура, стеклянная, алюминиевая и ПЭТФ (полиэтилентерефталат) тара.

В новых условиях созрела необходимость в трансформации организационно-экономического механизма управления комплексом обращения с ТКО в сторону устойчивости за счет организации бизнес-процессов с учетом принципов экономики замкнутого цикла и экологического ущерба.

Степень разработанности проблемы. Вопросы в области экономики

природопользования и охраны окружающей среды рассмотрены в работах А.А.Гусевой [39], Е.В.Зандер [42], Л.Г.Мельника [59], Н.Н.Лукьянчикова [54], А.Л.Новоселова [63], И.М.Потравного [68], С.И.Носова [65], Н.П.Тихомирова [76], В.А.Умнова [80] и др.

Исследования в области циркулярной экономики и сферы обращения с отходами исследовались в работах Л.А.Мочаловой [62], И.Ю.Новоселовой [64], Т.И.Лебедевой [53] и др.

Проблемам совершенствования системы управления и экономических механизмов экономики природопользования посвящены работы К.Г.Гофмана [38], П.В.Касьянова [47], А.А.Аверченкова [27], Т.А.Акимовой [28], О.Ф.Балацкого [30], С.Н.Бобылева [34], И.П.Глазыриной [37], Г.Е.Мекуш [58], Г.А.Моткина [60], Н.В.Чепурных [81] и др.

Аспекты информационного моделирования бизнес-процессов, расчетов эффективности автоматизации бизнес-процессов подробно изложены в работах С.С.Бачуриной [31], Н.Д.Корягина [50], А.И.Сухорукова [73], Г.Ю.Каллаур [46], В.В.Масленникова [56], Ю.В.Ляндау [55] и др.

Учитывая приведенную глубокую научную работу, в этих трудах можно выделить недостаточную освещенность вопросов экономики замкнутого цикла и учета экологического ущерба в области обращения отходов, поэтому они требуют разработки новых методических подходов развития организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО на основе цифрового моделирования бизнес-процессов.

Целью исследования является научное обоснование и разработка нового методического подхода к развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО на основе цифрового моделирования бизнес-процессов с учетом экологического ущерба и включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО для повышения эффективности рационального природопользования.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

- 1) анализ отечественного и зарубежного опыта в области организации

бизнес-процессов обращения с ТКО;

2) описание и классификация основных бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО;

3) формализация и цифровое имитационное моделирование типовых устойчивых бизнес-процессов управления комплексом обращения с ТКО;

4) разработка методики расчета стоимости бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и принципа экономики замкнутого цикла;

5) апробация методики оценки стоимости устойчивых бизнес-процессов обращения ТКО в цифровой модели управления комплексом обращения с ТКО на примере территориальных схем Москвы и Московской области;

6) разработка предложений по развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО в результате анализа цифровых моделей территориальных схем.

Область исследования соответствует Паспорту специальностей Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика: 9. Экономика природопользования и землеустройства и содержит положения и результаты, соответствующие пунктам: 9.7. Разработка и совершенствование методов и методик экономической оценки и компенсации ущерба окружающей среде; 9.8. Экономические аспекты утилизации отходов. Анализ состояния и определение возможностей использования вторичных ресурсов отраслей (межотраслевого комплекса); 9.11. Экологическая политика. Стимулирование экологизации экономики и повышения эффективности природопользования методами экономической политики.

Объектом диссертационного исследования является организационно-экономический механизм управления комплексом обращения с ТКО.

Предметом диссертационного исследования являются устойчивые бизнес-процессы комплекса обращения с ТКО.

Научная новизна результатов исследования заключается в научном

обосновании и разработке методического подхода к развитию организационно-экономического механизма управления комплексом обращения с твердыми коммунальными отходами, базирующегося на устойчивых бизнес-процессах, стоимость которых учитывает экологический ущерб и принцип экономики замкнутого цикла – включение во вторичный оборот продуктов переработки ТКО, что позволит повысить эффективность рационального природопользования.

Конкретные результаты, полученные соискателем, имеющие научную новизну:

1) Обоснован приоритетный принцип экономики замкнутого цикла, заключающийся в экономической оценке включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО и экологического ущерба при построении организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО, базирующегося на цифровом моделировании бизнес-процессов и их оптимизации по критериям минимизации затрат регионального оператора и тарифа на вывоз ТКО для населения.

2) Предложено определение понятия устойчивых бизнес-процессов в комплексе обращения с ТКО, которое отражает способность учитывать устойчивость от любых воздействий в экономике замкнутого цикла, включая экологический ущерб и включение во вторичный оборот продуктов переработки ТКО. Выполнена их многокритериальная классификация по уровням системы управления комплексом ТКО и технологиям переработки. Синтезирована типовая цифровая модель устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО с присвоением им показателей стоимости и продолжительности, обладающая способностью гибко адаптироваться к разным территориальным схемам и изменениям экономических, организационных и экологических условий.

3) Разработана методика определения стоимости устойчивых бизнес-процессов, включающая экономическую оценку экологического ущерба при осуществлении каждого бизнес-процесса и доходов от продажи ТКО, как вторичного сырья на переработку.

4) Предложен методический подход к развитию организационно-

экономического механизма обращения с ТКО на основе совершенствования инструментария функционально-стоимостного анализа устойчивых бизнес-процессов и ABC-анализа их стоимости и сроков по принципу Парето в цифровой среде, позволяющий выявить приоритеты в инструментах, применяемых на отдельных устойчивых бизнес-процессах, управления комплексом обращения с ТКО. Разработаны практические рекомендации по развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО с учетом экономических интересов регионального оператора и жителей, основанные на поэтапном перераспределении потоков ТКО на переработку при помощи инструментов целевого бюджетного финансирования.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в добавленных знаниях в области методов и инструментов экономики природопользования, позволяющих развить организационно-экономический механизм управления комплексом обращения с твердыми коммунальными отходами.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования результатов цифрового моделирования устойчивых бизнес-процессов обращения ТКО с учетом экономики замкнутого цикла и экологического ущерба в налоговых, тарифных и корпоративных решениях стимулирования переработки ТКО.

Результаты диссертации могут быть внедрены в работу действующих региональных операторов по вывозу ТКО и мусорных полигонов крупных агломераций России, а также могут быть использованы в учебном процессе по дисциплинам в области экономики землепользования и экологического менеджмента.

Научные результаты, теоретические положения и выводы диссертации использованы:

- в хозяйственной деятельности ООО «Межрегиональный центр экологического аудита и консалтинга» (г. Москва) при проведении экологического аудита и консалтинга на предприятиях Московской области в 2021-2022 гг.;

- в учебном процессе ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» в Высшей школе менеджмента по направлению 38.03.02 Менеджмент по дисциплинам «Управление экологическими проектами», «Управление качеством проекта», «Методы поиска и принятия инновационно-технических решений»;

- в производственной деятельности ФГАУ ОК «Архангельское» для ее трансформации с учетом отдельного накопления ТКО и дальнейшей сдачи полезных фракций на переработку.

Апробация результатов исследования. Ключевые научные положения диссертационной работы обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании» (Москва, РЭУ им. Г.В. Плеханова. 12 апреля 2020 г., 16 июня 2021 г., 08 апреля 2022 г.), Международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов и аспирантов «Теория и практика управления: ответы на вызовы цифровой экономики» (Москва, РЭУ им. Г.В. Плеханова. 04 декабря 2020 г., 03 декабря 2021 г.), Экономическое сотрудничество в рамках ШОС: Исследование экономического развития Китая и России (Москва, март 2021 г.).

Публикации. По теме диссертации были опубликованы 15 печатных работ, объемом 53,52 печ. л. (4,94 авт. печ. л.), включая 4 статьи в журналах, которые входят в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных для публикаций основных научных результатов кандидатской диссертации. Результаты исследований отражены в монографии «Управление проектами и программами России: региональные и отраслевые аспекты» (0,92 авт. печ. л.).

Структура и объем диссертации. Настоящая диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 119 наименований. Основная часть работы изложена на 131 странице (без приложений) машинописного текста и содержит 33 таблицы, 44 рисунка, 9 формул и 4 приложения.

Глава 1 Теоретические подходы к развитию организационно-экономического механизма устойчивого обращения с твердыми коммунальными отходами

1.1 Тенденции образования и свойства ТКО в России и за рубежом

Многие авторы (таблица 1.1) изучали проблему ТКО и ЭЗЦ, модели управления, но никто не рассматривал этот вопрос с точки зрения процессного подхода, включающего системное моделирование бизнес-процессов (далее – БП) с учетом ЭЗЦ и экологического ущерба для повышения устойчивости управления комплексом обращения с ТКО.

Таблица 1.1 – Примеры научных проблем в сфере экономики природопользования

Направление	Автор (ы)	Источник
Исследования в области циркулярной экономики и сферы обращения с отходами	Т. И. Лебедева и др.	Лебедева Т. И. Особенности безотходных бизнес-процессов в условиях «зеленой» и циркулярной экономики // электронный сборник. – с. 52.
Модель управления ТКО	О. Г. Соколова и др.	Соколова О. Г., Полежаева М. В., Чухарева Е. В. Формирование модели управления твердыми коммунальными отходами //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2019. – № 3. – С. 130-143.
Вопросы в области экономики природопользования и охраны окружающей среды	Н. Н. Лукьянчиков и др.	Лукьянчиков Н. Н. О прошлом, настоящем и будущем государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2010. – Т 132. – С. 16-32.
Вопросы информационного моделирования и эффективности автоматизации бизнес-процессов	В. В. Масленников и др.	Масленников В.В. Формирование системы цифрового управления организацией / В.В. Масленников, Ю.В. Ляндау, И.А. Калинина // Вестник Российского экономического университета им. ГВ Плеханова. – 2019. – № 6 (108). – С. 116-123.

Источник: составлено автором

Авторы затрагивают проблемы переосмысления ценности от внедрения

новых БП в сторону увеличения значимости вторичных ресурсов, которые предлагается включать в производство товаров взамен первичным. В настоящее время БП обращения с ТКО существуют с нулевой стоимостью [53]. О.Г.Соколова и М.В.Полежаева выделили две подсистемы управления комплексом обращения с ТКО. Это Федеральный уровень и региональный уровень [73].

По определению под твердыми коммунальными отходами понимают такие отходы, которые:

- а) накапливаются в жилом фонде в результате потребления жильцами, в том числе товары широкого потребления, которые используются жильцами для личных и бытовых нужд и потеряли свои потребительские свойства;
- б) накапливаются в процессе деятельности организаций, индивидуальных предпринимателей, которые совпадают по составу с отходами, накапливающимися у жильцов [4].

Фракционный состав ТКО может включать следующие компоненты, представленные на рис. 1.1.



Рис. 1.1 – Фракционный состав твердых коммунальных отходов

Источник: разработан автором

Для анализа тенденций образования ТКО необходимо учитывать физико-механические свойства отходов (таблица 1.2):

- 1) Физический состав;
- 2) Плотность отходов;
- 3) Содержание влаги;
- 4) Размер частиц и распределение по размерам.

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства отходов

Физико-механические свойства	Описание	Формула
Физический состав (%)	Может вызвать потенциальное восстановление отходов	$= \frac{\text{компонент 1}}{\text{общее количество отходов}} \times 100$ $+ \frac{\text{компонент 2}}{\text{общее кол. – во отходов}} \times 100 + \dots$ $+ \frac{\text{компонент } n}{\text{общее кол. – во отходов}} \times 100$
Плотность отходов (кг х м ⁻³)	Относится к оборудованию для утилизации отходов, а именно к транспортным средствам и контейнерам для отходов, а также к конвейерам, сортировочному оборудованию	$= \frac{\text{масса}}{\text{объем}}$
Содержание влаги (%)	Может влиять на деградацию и стабилизацию отходов, а также на извлечение энергии из отходов. Производство фильтрата во время сбора, а также в установках по переработке отходов является фактором, который следует учитывать при проектировании установок. Что касается вторсырья, влага может влиять на плотность бумаги и картона, что должно учитываться в процессе переработки и критериях приемлемости переработчиками.	$W = \frac{A-B}{A} \times 100, \text{ где}$ <p>W (%) – процент влажности; A – масса влажного образца; B – масса сухого образца</p>

Источник: составлено автором на основе [102]

Кроме того, важно учитывать химический состав отходов (таблица 1.3):

- 1) Состав pH;
- 2) Соотношение C / N;
- 3) Определение элементов: углерод (C), азот (N), кислород (O), сера (S), кальций (Ca), калий (K), хлор (Cl), натрий (Na), алюминий (Al), железо (Fe), магний (Mg), кремний (Si), титан (Ti) и другие элементы, такие как тяжелые металлы.

Определение свойств горения отходов (таблица 1.4) важно для того, чтобы оценить потенциал отходов, подлежащих восстановлению энергии и для

определения процессов биологической очистки и предотвращения проблем с запахом.

Таблица 1.3 – Химический состав отходов

Химические свойства	Описание	Формула
рН	Отражает коррозию отходов в оборудовании, и как предотвратить ее	
Химический состав	Помогает определить лучшую обработку отходов, которая будет применена. Также указывает на наличие вредных веществ, которые влияют на адекватную переработку отходов	Определение элементов: углерод (C), азот (N), кислород (O), сера (S), кальций (Ca), калий (K), хлор (Cl), натрий (Na), алюминий (Al), железо (Fe), магний (Mg), кремний (Si), титан (Ti) и другие элементы, такие как тяжелые металлы.
Соотношение C / N	Полезно для вариантов обработки биологических отходов, а также для качества производимого компоста	$= \frac{\text{Содержание углерода}}{\text{Содержание азота}}$

Источник: составлено автором на основе [102]

Таблица 1.4 – Свойства горения отходов

Свойства горения	Описание	Формула
Низкая или чистая теплотворная способность	Оценить потенциал отходов, подлежащих восстановлению энергии	$NCV = GCV \times \left[1 - \left(\frac{W}{100} \right) \right] - 2,447 \times \left(\frac{W}{100} \right) - 2,447 \times \left(\frac{H}{100} \right) \times 9,01 \times \left[1 - \left(\frac{W}{100} \right) \right]$ <p>NCV – теплотворная способность нетто (Дж x кг⁻¹ на влажную основу) GCV – теплотворная способность брутто (Дж x кг⁻¹ на сухую основу) W – содержание влаги в топливе в мас. % (влажная масса) H – концентрация водорода в мас. % (В в пересчете на сухое вещество)</p>
Биологические особенности	Полезно для определения процессов биологической очистки и предотвращения проблем с запахом	$DM_{degradation}^t = DM_0 - DM_t$ $= \left[1 - \left(\frac{1 - VS_t}{1 - VS_0} \right) \right] \times DM_0$ <p>$DM_{degradation}^t$ – разложение сухого вещества в момент времени t (кг) DM₀ – сухая масса в начальный момент времени (кг) DM_t – сухое вещество в момент времени t (кг) VS₀ – содержание летучих твердых веществ в</p>

Свойства горения	Описание	Формула
		начальный момент времени (мас. %) VS_t – содержание летучих веществ в момент времени t (мас. %)

Источник: составлено на основе данных [102]

Организация эффективного управления комплексом обращения с ТКО является одной из наиболее актуальных экологических проблем Российской Федерации (далее – РФ) в реализации ЭЗЦ.

ЭЗЦ определяется авторами по-разному. В связи с тем, что не существует единой терминологии, выделим наиболее емкие определения авторов (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Определение понятия «экономика замкнутого цикла»

Автор (ы)	Определение
Фонд Эллен Макатур	Восстановительная и направленная на поддержание полезных свойств продуктов, компонентов и материалов и сохранение их ценности [98]
Сергиенко О.И., Павлова А.С., Савоскула В.А., Карвинен Меери, Сорвари Яна, Вайра Обука, Марис Клавинс, Хиллман Карл, Сакари Аутио	Это модель производства и потребления, которая включает в себя обмен, лизинг, повторное использование, ремонт, восстановление и переработку существующих материалов и продукции в течение максимального длительного срока [71]
Rizos V, Tuokko K, Behrens A	Первый тип – определения с позиции ресурсов, где акцент делается на обеспечении замкнутого оборота материальных ресурсов и на сокращении введения в него новых, нетронутых ресурсов. Второй тип – определения, которые распространяются не только на управление материальными ресурсами, но и на другие аспекты, такие как изменение моделей потребления [98]

Источник: составлено автором на основе анализа научной литературы [71, 98]

В исследовании ЭЗЦ будет определяться, как модель экономики, в которой уменьшается использование первичных материальных ресурсов для создания продукта за счет включения в оборот продуктов переработки ТКО.

По данным ВОЗ существует три основных принципа ЭЗЦ. Представим их на рис. 1.2.

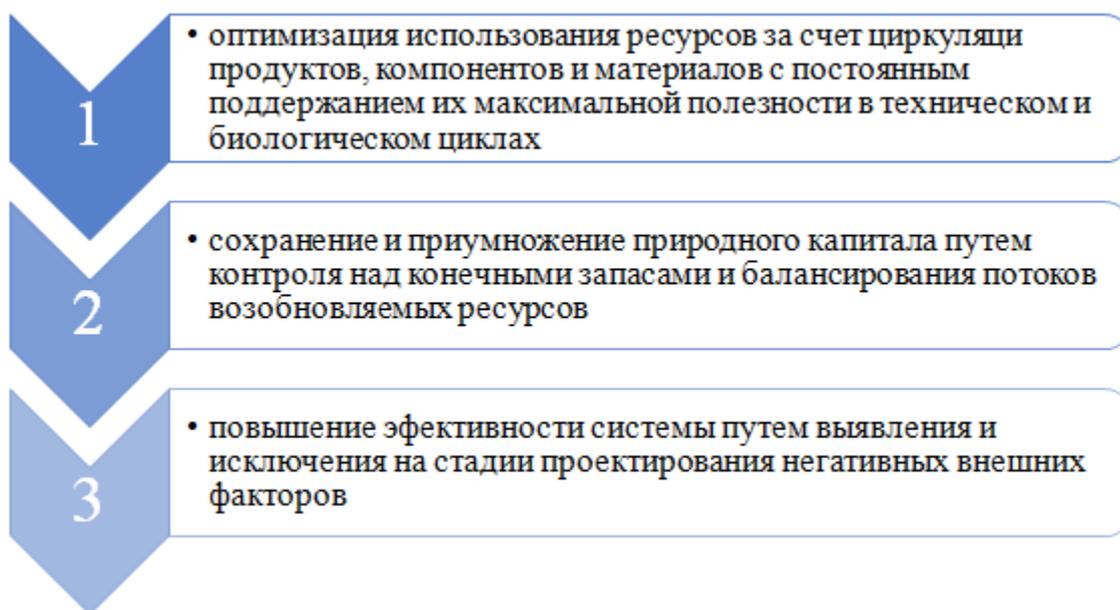


Рис. 1.2 – Три центральных принципа экономики замкнутого цикла

Источник: составлено автором на основе [105]

В данной диссертационной работе предложен 4 приоритетный принцип ЭЗЦ – включение во вторичный оборот продуктов переработки ТКО.

Исходя из принципов ЭЗЦ, можно представить жизненный цикл (далее – ЖЦ) продукта в ЭЗЦ в следующем виде (рис. 1.3).

Проблема, связанная с организацией сбора, транспортировки, переработки отходов, утилизации и обезвреживания ТКО может быть решена с помощью технологий переработки.

Существуют различные виды технологий переработки ТКО. Из них можно выделить шесть основных, которые нашли широкое применение:

- 1) осаждение ТКО;
- 2) сортировка ТКО;
- 3) биопереработка ТКО (механическая);
- 4) сгорание непосредственное;
- 5) анаэробная ферментация и компостирование;
- 6) пиролиз и газификация [32].



Рис. 1.3 – Жизненный цикл ресурса / продукта / отходов

Источник: составлено автором на основе анализа научной литературы

На рис. 1.4. представим схематический вид существующих технологий переработки отходов.

ТКО в разных странах обрабатываются по-разному. Это зависит от экономического состояния региона, его политических установок, социального статуса и других факторов. Поэтому каждый случай должен рассматриваться индивидуально в зависимости от целей и задач, которые должны быть достигнуты.

Управление сферой обращения ТКО – актуальная и сложная тема. Почти вся человеческая деятельность связана с образованием коммунальных отходов. Особенно это стало существенным после промышленной революции в середине 18-го века, когда количество созданных отходов резко возросло по всему миру. ТКО увеличились не только по количеству, но и по типу, и по токсичности. Управление комплексом обращения ТКО является проблемой для большинства стран мира. В конкретной стране управление напрямую связано с экономическим, социальным и политическим статусом страны.

В 2016 году Всемирный банк представил расчеты международных экспертов, в которых было отмечено, что в мировых мегаполисах накоплено 2,01 млрд т ТКО. Это в среднем составило 0,74 кг на одного человека в сутки [119].



Рис. 1.4 – Типы технологий переработки твердых коммунальных отходов

Источник: составлен автором на основе анализа научной литературы

В 2016 году Всемирный банк представил расчеты международных экспертов, в которых было отмечено, что в мировых мегаполисах накоплено 2,01 млрд т ТКО. Это в среднем составило 0,74 кг на одного человека в сутки [119].

В большинстве стран мира темпы образования отходов растут [52]. Это доказывается увеличением численности населения (рис. 1.5) и ускоренной урбанизацией. В дальнейшем эта тенденция сохранится. Накопление ТКО уже в 2050 году должно вырасти на 70 %, что составит примерно 3,40 млрд т [71].

Здесь следует отметить такую особенность, как разнообразие состава отходов в зависимости от уровня развития стран и от уровня благосостояния населения [9].

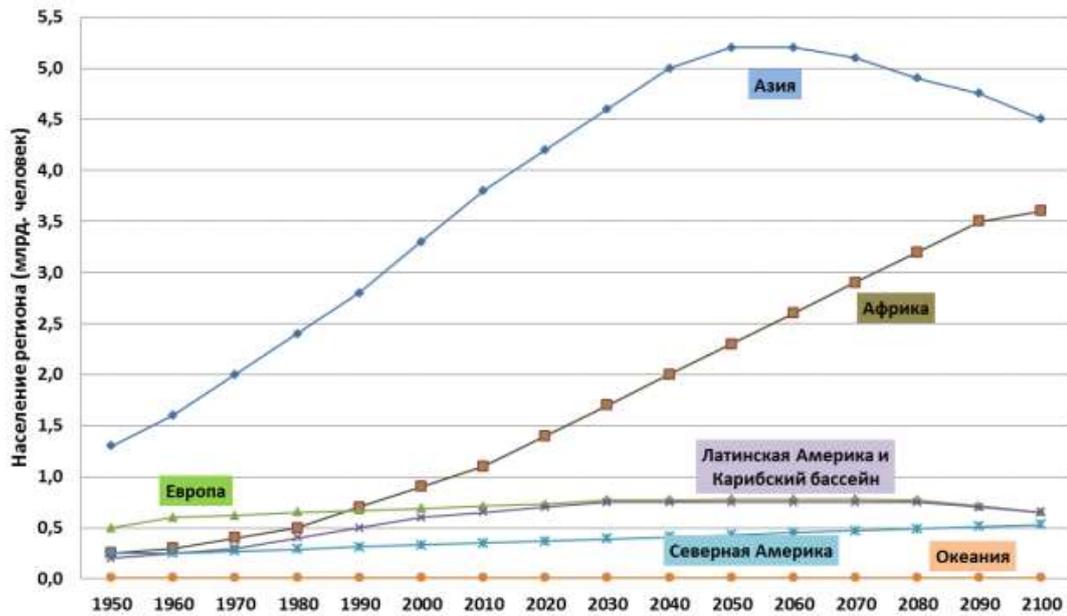


Рис. 1.5 – Динамика численности населения по регионам, млрд человек

Источник: [15]

В таблице 1.6 отражен состав ТКО для различных групп населения. Чем выше благосостояние, тем разнообразнее по составу ТКО. Это в свою очередь оказывает существенное влияние на организацию бизнес-процессов (появление новых цепочек сортировки, логистики и переработки).

Таблица 1.6 – Различия в составе твердых коммунальных отходов в зависимости от уровня доходов населения в мире

Морфология ТКО	В процентах			
	Доход низкий	Доход ниже среднего	Доход выше среднего	Высокий доход
Органический материал	56	54	54	32
Бумага и картон	7	13	12	25
Пластик	6	11	11	13
Резина и кожа	1	0	1	4
Стекло	1	3	4	5
Металл	2	0	2	6
Дерево	<1	2	<1	4
Другое	27	17	15	11

Источник: составлена автором по данным World bank [115]

Объем накопления отходов в России за 2020 г. составил 65 млн т [68]. Наибольшее образование отходов приходится на Московскую область (около 12 млн т), Москву, Волгоградскую, Воронежскую, Ленинградскую, Ростовскую, Саратовскую, Самарскую и Свердловскую области, Красноярский край, республику Татарстан. Наименьшее количество образования ТКО за год в республике Алтай (4502 т) (Приложение А).

В таблице 1.7 представлена плотность населения в субъектах РФ. Как видно из таблицы, наибольшая плотность наблюдается в г. Москва, г. Санкт-Петербург, г. Севастополь, Московской области и республике Ингушетия. Из этого следует то, что опасность загрязнения территорий в этих субъектах наиболее высокая, так как население выдает больше отходов. Наименьшую опасность для загрязнения представляют следующие регионы: Чукотский АО, Ненецкий АО, Магаданская область, Камчатский край, республика Саха (Якутия).

Таблица 1.7 – Плотность населения в отдельных регионах РФ на 01 января 2021 г.

Наименование	Площадь региона, км ²	Численность населения региона, человек	Плотность населения, человек/км ²
Г. Москва	2561	12678079	4950,00
Московская область	44329	7690863	173,50
Г. Санкт-Петербург	1403	5398064	3847,52
Республика Саха (Якутия)	3083523	971996	0,32
Ямало-Ненецкий АО	769250	544444	0,71
Республика Ингушетия	3628	507061	139,76
Г. Севастополь	864	449138	519,84
Республика Тыва	168604	327383	1,94
Камчатский край	464275	313016	0,67
Магаданская область	462464	140149	0,30
Чукотский АО	721481	50288	0,07
Ненецкий АО	176810	44111	0,25

Источник: составлено автором по данным Росстат [96]

Наибольшая плотность населения говорит об увеличении опасности загрязнения территорий в этих субъектах в связи с производством большего количества отходов. На рис. 1.6 показаны сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, захоронении ТКО в 2021 году в крупных агломерациях РФ (Москва, Санкт-Петербург и Московская область), где наблюдается самая высокая плотность населения.

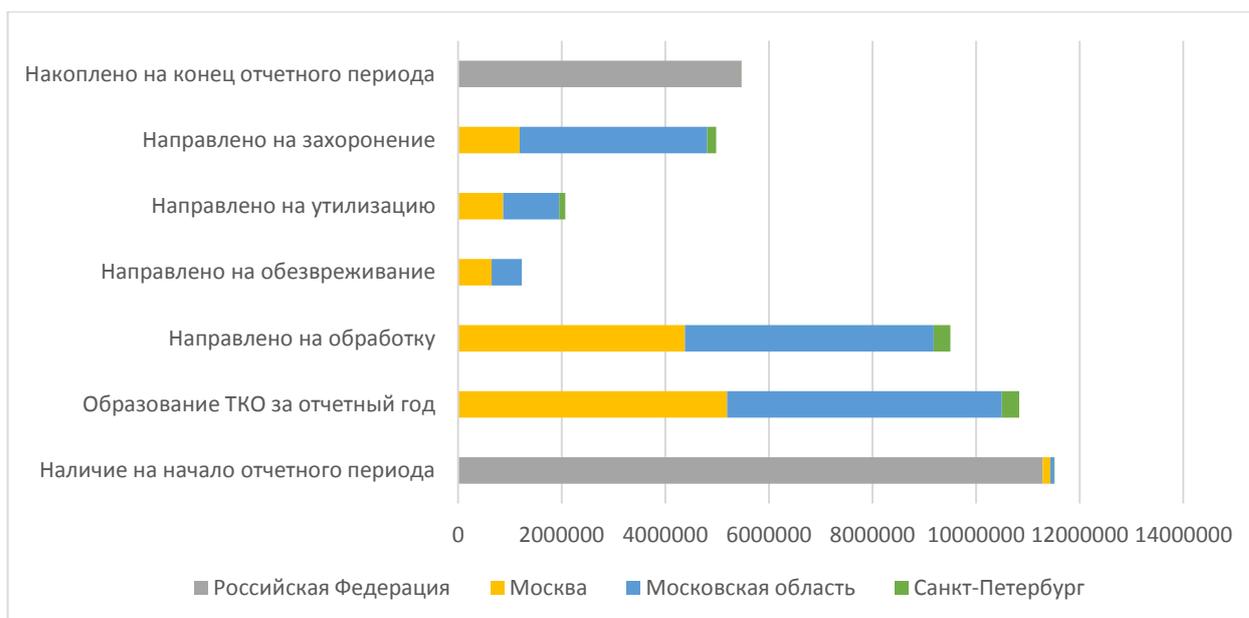


Рис. 1.6 – Количественные потоки образования, обработки, утилизации, обезвреживания, размещения ТКО за 2021 год, т

Источник: составлен автором

Для сравнения с Россией список стран Европы с указанием численности и плотности населения, площади страны представлен в таблице 1.8. Самые крупные по численности населения страны – это Германия, Франция и Италия. Наименьшее количество жителей на Мальте и в Люксембуре.

Общее количество образования ТКО в странах ЕС снизилось на 3 % в абсолютном выражении, а среднее образование на человека – на 7 % с 2004 по 2014 год [74]. Однако единой тенденции во всех странах не наблюдалось, с увеличением количества ТКО на человека в 15 странах (Дания, Швейцария, Германия, Исландия, Греция, Чехия, Финляндия, Португалия, Литва, Норвегия, Хорватия, Македония,

Латвия, Словакия, Сербия) и снижение в 19 странах (Кипр, Люксембург, Мальта, Ирландия, Австрия, Нидерланды, Франция, Италия, Англия, Болгария, Швеция, Испания, Словения, Турция, Венгрия, Эстония, Румыния, Польша) (рис. 1.7).

Анализируя данные 2014 года, самое высокое значение количества ТКО на душу населения было в Дании и Швейцарии, а самым низким – в Румынии, Польше и Сербии. Это свидетельствует о том, что более богатые страны производят больше ТКО на человека и то, что туризм способствует высокому уровню образования отходов (например, на Кипре и Мальте).

Одна из историй успеха экологической политики в Европе – это рост объемов переработки ТКО (включая переработку материалов и биоотходов, компостирование).

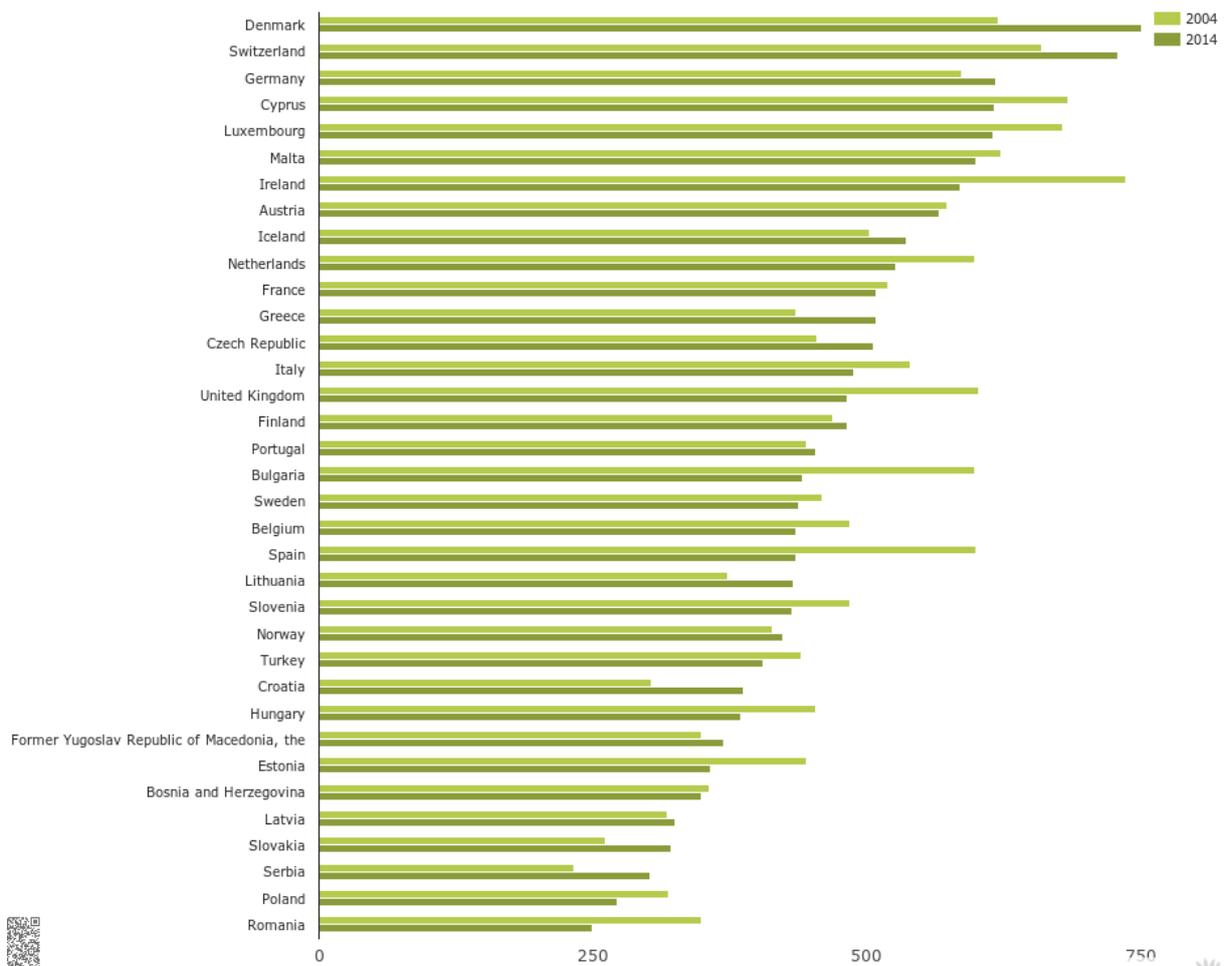


Рис. 1.7 – Количество твердых коммунальных отходов на человека в 35 странах Европы, кг

Источник: [102]

Таблица 1.8 – Численность населения страны, площадь и плотность населения на 2020 год

Страна	Население	Площадь (км ²)	Плотность населения (на км ²)
1. Дания	5748796	43094	133
2. Швейцария	8401120	41285	202
3. Германия	82800000	357168	232
4. Мальта	445426	316	1410
5. Греция	10768477	131957	82
6. Чехия	10610947	78866	134
7. Финляндия	509717	336593	16
8. Португалия	10379537	92212	115
9. Литва	2800667	65300	45
10. Норвегия	5295619	385203	15
11. Хорватия	4284889	56542	75
12. Македония	2103721	25713	80
13. Латвия	1925800	64589	34
14. Словакия	5435343	49035	111
15. Сербия	7040272	88361	91
16. Кипр	1170125	9251	123
17. Австрия	8823054	83858	104
18. Нидерланды	17271990	41543	414
19. Ирландия	4761865	70280	67
20. Люксембург	602005	2586	233
21. Венгрия	9797561	93030	105
22. Франция	67348000	547030	116
23. Италия	60589445	301338	201
24. Швеция	10151588	450295	22

Источник: составлено автором

Суммарно в восемнадцати государствах Европы организовано порядка 350 МСЗ, однако, только 27,5 % ТКО сжигается [103]. Лидирующие страны по количеству сжигаемого мусора на человека в год – Дания – 415 кг; Нидерланды – 245 кг; Финляндия – 239 кг; Швеция – 229 кг; Люксембург – 213 кг; Австрия – 212 кг; Германия – 196 кг.

Комплекс обращения с ТКО охватывает важные процессы человеческой деятельности, зависит от прогрессирующей урбанизации и является предметом для развития ЭЗЦ. Поэтому важно учесть отечественный и зарубежный опыт обращения с ТКО, включая тенденции образования и свойства и состав отходов, численность населения страны, ее благосостояние, урбанизацию территории.

1.2 Анализ особенностей рационального природопользования в организационно-экономическом механизме обращения с ТКО

В 1990 г. доктором биологических наук, советским экологом Н.Ф.Реймерсом было дано определение рационального природопользования, которое представлялось, как деятельность, направленная на обеспечение экономной эксплуатации природных ресурсов и условий с наиболее эффективным режимом их воспроизводства, а также с учетом будущих интересов развивающейся экономики и сохранения здоровья людей [25].

Можно выделить следующие принципы рационального природопользования, коррелирующие с принципами, отраженными в статье 3 закона ФЗ № 7 «Об окружающей среде» [3]:

- 1) Охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;
- 2) Сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;

- 3) Платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;
- 4) Учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной деятельности;
- 5) Обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду за счет использования наилучших доступных технологий.

Организационно-экономический механизм (далее – ОЭМ) комплекса обращения с ТКО представлен на рис. 1.8. Он содержит в себе меры организационного и экономического характера в комплексе.

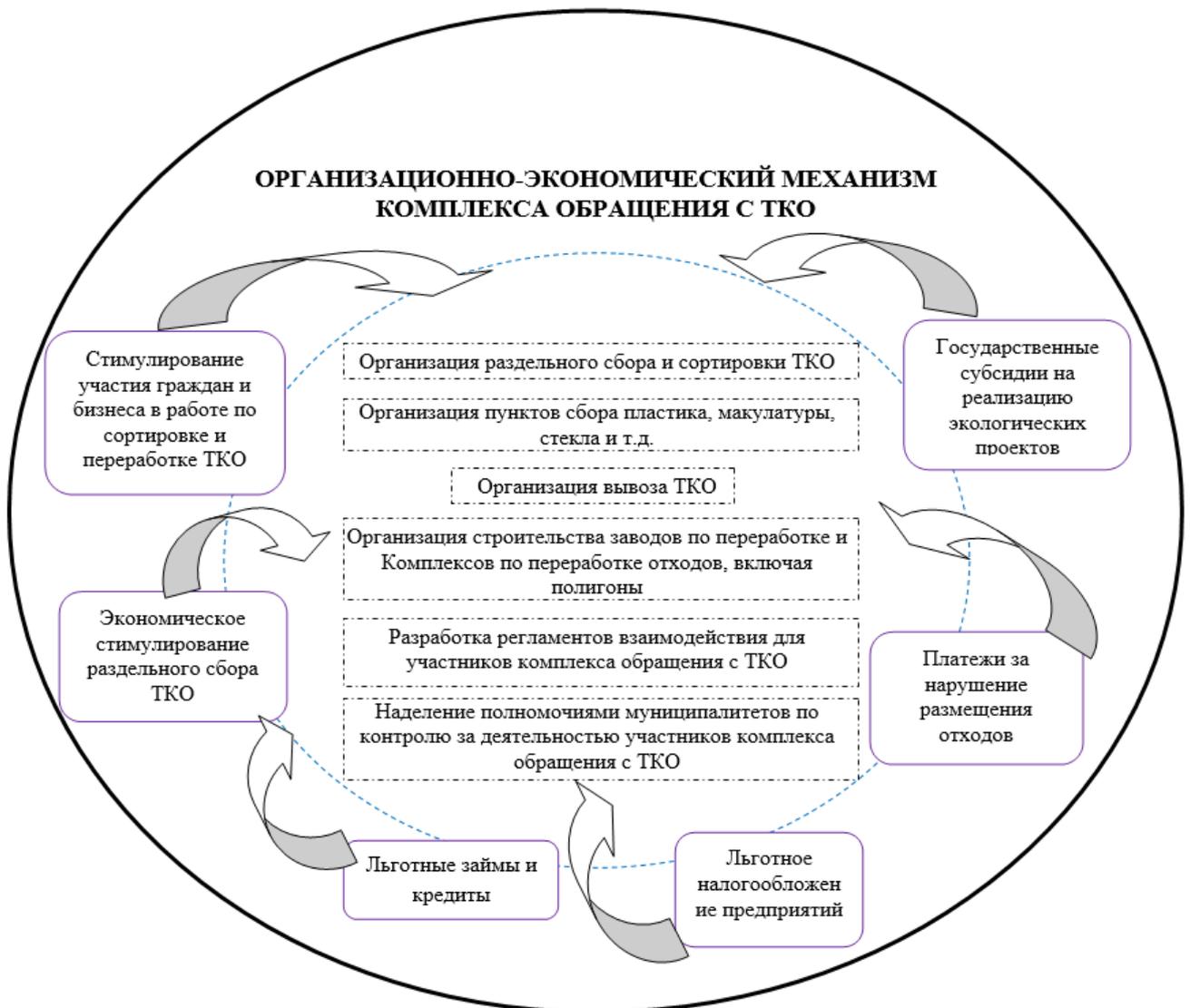


Рис. 1.8 – Организационно-экономический механизм комплекса обращения с ТКО и меры воздействия на него

Источник: составлен автором

В г. Москва ОЭМ реализуется с помощью задач Федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» 2012-2020 гг. [10]. Главным критерием реализации проекта и его основной задачей является создание комплексной системы обращения с ТКО. В нее входит, в том числе, обеспечение мероприятий повторной переработки ТКО, запрещенных к захоронению.

Основные показатели проекта:

1) Объем ТКО: – направленных на утилизацию (вторичную переработку), нарастающим итогом, млн т» (основной показатель). К 2024 г. спланировано достижение показателя со значением 25,2 млн т/г.;

2) Объем ТКО: – направленных на обработку, нарастающим итогом, млн т. К 2024 г. спланировано достижение показателя со значением 42,0 млн т/г.;

3) Утилизация ТКО путем их использования для производства электрической и (или) тепловой энергии, млн т» (дополнительный показатель). В 2023 г. и 2024 г. спланировано достижение показателя со значением 3,35 млн т/г.

В Москве в настоящее время функционируют два МСЗ (таблица 1.9). По данным территориальной схемы обращения с отходами города Москвы проектная мощность двух эксплуатирующихся МСЗ составляет: для ООО «ЭФН Экотехпром МСЗ-3» (г. Москва, ул. Подольских курсантов, 22-А) – 360 000 т/г., для ООО «Хартия» (г. Москва, МСЗ-4, Руднево, ул. Пехорская, вл. 1-А) – 250 000 т/год [81].

Сведения об объектах обработки и утилизации ТКО, в т.ч. мусоросжигательных заводах на территории города, включенных в ТСОО, приведена на рис. 1.9. Координаты и адрес организаций представлены в Приложении Б.

Неутилизируемая часть ТКО после их сортировки и несортированные твердые коммунальные отходы города Москвы поступают на термическую утилизацию и на размещение.

Общая МСЗ составляет 610 тыс. т. В 2020 году на объекты термической энергетической утилизации было направлено порядка 0,5 млн т. Многоступенчатая очистка дымовых газов от загрязняющих веществ. Имеющиеся на территории РФ

МСЗ, как правило, не отвечают современным требованиям безопасности и нуждаются в модернизации.

Таблица 1.9 – Количество и расположение мусоросжигательных заводов в Москве

Наименование	Территориальное расположение	Текущее состояние
Спецзавод №2	Алтуфьевское шоссе	Закрит
Спецзавод №3	ул. Подольских Курсантов	Функционирует
Спецзавод №4	на территории промзоны «Руднево»	Функционирует
Мусоросжигательный завод «Эколог»	в Люберцах	Закрит

Источник: составлена автором на основе данных сети интернет

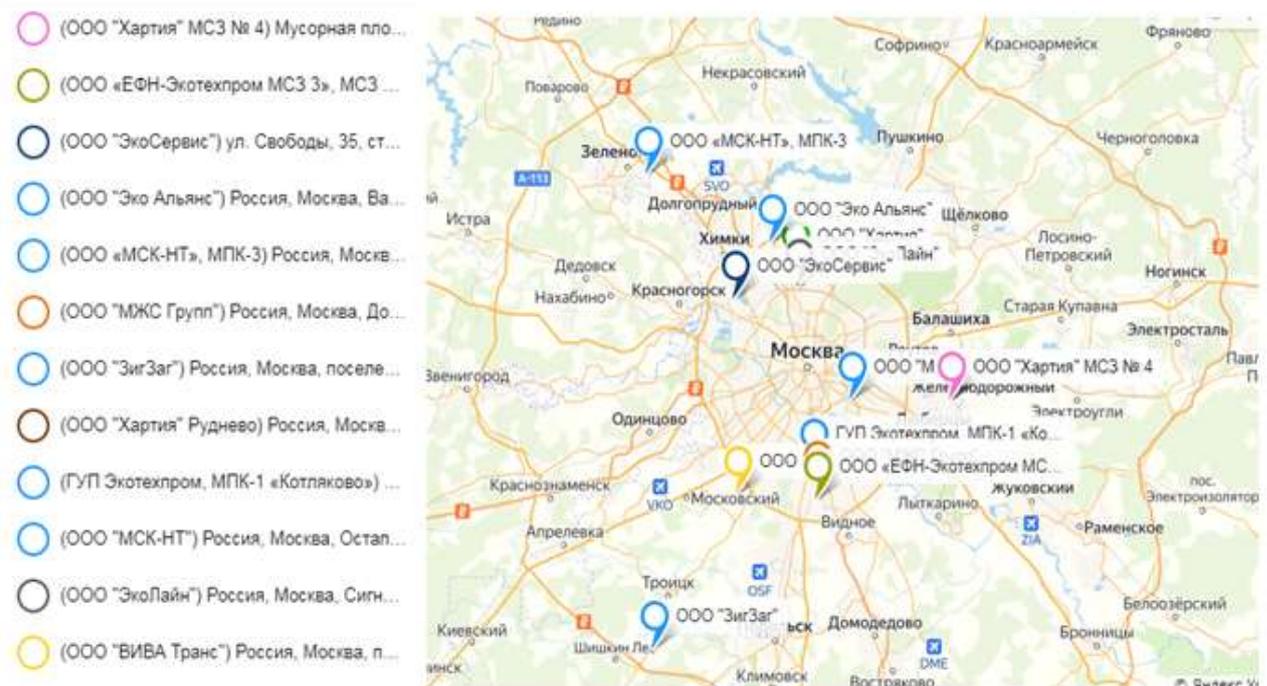


Рис. 1.9 – Расположение объектов обработки (сортировки) и утилизации твердых коммунальных отходов на территории Москвы¹

Источник: составлен автором

Планируемое строительство новых МСЗ в России будет осуществляться по японско-швейцарским технологиям [80].

¹Ссылка на карту:

<https://yandex.ru/maps/?um=constructor%3A7e9dce4daac2fd1236e6b2b4d0bb4b1e845d1d98a413923f5f68dc599499399b&source=constructorLink>

В настоящее время меняется вектор направленности утилизации продуктов жизнедеятельности человека и организаций: захоронение начинает уступать место переработке и повторному использованию имеющихся ресурсов. Реализуется масштабная реформа обращения с отходами, направленная на стимулирование возвращения вторичных ресурсов в экономический оборот.

В результате осуществления данных мероприятий предполагается создать эффективную отрасль переработки ТКО, в частности, будут созданы производственно-технические комплексы по переработке отходов, обеспеченные необходимыми ресурсами, оборудованием, квалифицированными кадрами, с налаженными каналами сбыта продуктов переработки ТКО, формируя целостную систему управления сферой обращения с ТКО.

Таблица 1.10 – Характеристика российских заводов по переработке ТКО

Название	Специализация	Статус	Пропускная способность за год
Новокузнецкий завод (Кемеровская обл.)	Переработка, захоронение мусора	Работает с 2008 г.	Нет данных
Курский завод	Переработка мусора	Закрыт	-
«Чистый город» (Красноярск)	Сортировка мусора	Работал с 2013 по 2017 гг. (работа приостановлена)	730 тыс. т ТКО (1,8 % российских ТБО)
Оренбургский завод	Переработка мусора	Работает с 2014 г.	250 тыс. т (0,6 %)
Спецзавод № 2 (Москва)	Сжигание мусора	Закрыт	-
Спецзавод № 3 (Москва)	Сжигание мусора	Работает с 1983 по наст. время (работает с перерывами)	200 тыс. т (0,5 %)
Спецзавод № 4	Сжигание мусора	Работает с 1983- наст. время (с перерывами)	250 тыс. т (0,6 %)
ИТОГО	-	-	1,56 млн т (3,8 %)

Источник: составлена автором на основе [79]

За период с 01.01.2020 по 31.12.2021 на утилизацию направлен следующий объем ТКО в Москве (таблица 1.11):

Таблица 1.11 – Объем утилизированных твердых коммунальных отходов по заводам

Показатель	Объем утилизированных ТКО, т
Объем ТКО, направленные на МСЗ № 3	267614
Объем ТКО, направленный на МСЗ № 4	228091
Объем вторичных материальных ресурсов, отобранный в рамках комплексной услуги по обращению с ТКО	855109
Объем вторичных материальных ресурсов, отобранных в рамках функционирования системы пунктов РНО типа «Колокол»	1525
ИТОГО	152341

Источник: составлено автором на основе данных регионального оператора

в том числе отобрано вторичных материальных ресурсов по фракциям (таблица 1.12):

Таблица 1.12 – Объем отобранных вторичных материальных ресурсов по фракциям

Фракция	Объем отобранных вторичных материальных ресурсов, тонн
Стекло	96667
Пластик	66639
Бумага	73015
Металл	7575
Прочие	612736
ИТОГО	856635

Источник: составлена автором на основе данных РЭО

Комплекс обращения с ТКО представлен различными процессами и субъектами (рис. 1.9). Федеральный уровень представлен Министерствами и Росприроднадзором. Для исследования наиболее важными участниками федерального уровня представляются Министерство природных ресурсов и экологии РФ и РЭО, которые контролируют региональный уровень управления, состоящий из органов государственной власти региона. В свою очередь

государственная власть отдельного региона контролирует РЭО, который по договору с управляющей компанией, оказывает услугу по сбору отходов из контейнеров и транспортировки их до места назначения (полигон, МСЗ, МПЗ) (рис. 1.10).

Для того, чтобы представленный комплекс существовал его необходимо контролировать и регулировать. Наиболее важный этап становления экологического регулирования в России можно приравнять к принятию закона ФЗ № 89 в 2001 г. До этого момента не было нормативного документа, регулирующего деятельность в сфере обращения с ТКО. Для управления этой деятельностью использовались санитарные нормы и государственные стандарты (рис. 1.12).

С даты принятия ФЗ №89 прошло уже более 18 лет. Закон претерпевал многочисленные изменения.

В последней версии закона проблеме обращения с отходами посвящена целая глава. Однако данный закон не до конца содержит в себе необходимые условия, так как сфера обращения с отходами предполагает доработок из года в год.

Федеральный закон № 503-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных Законодательных актов Российской Федерации» был принят в 2014 г.

Федеральный закон № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производств и потребления» вступил в силу 1 января 2016 г.

С 1 января 2019 г. Обозначились основные вехи «мусорной» реформы. Серьезной трансформации подверглась вся система обращения с ТКО:

- a) процессы создания территориальных схем обращения с ТКО;
- b) процессы заключения договоров с региональными операторами.

Такие изменения должны привести к снижению процента захоронения отходов и увеличению доли их переработки.

Законодательный орган определил политику управления ТКО, которая включила процедуры бухгалтерского учета, отчетности и общего управления.

Закон также предусматривает процедуры взаимодействия с поставщиками. В нем говорится, что РЭО выбираются путем тендера, а после вовлечения поставщик (РЭО) должен соблюдать программу вывоза мусора в округе.

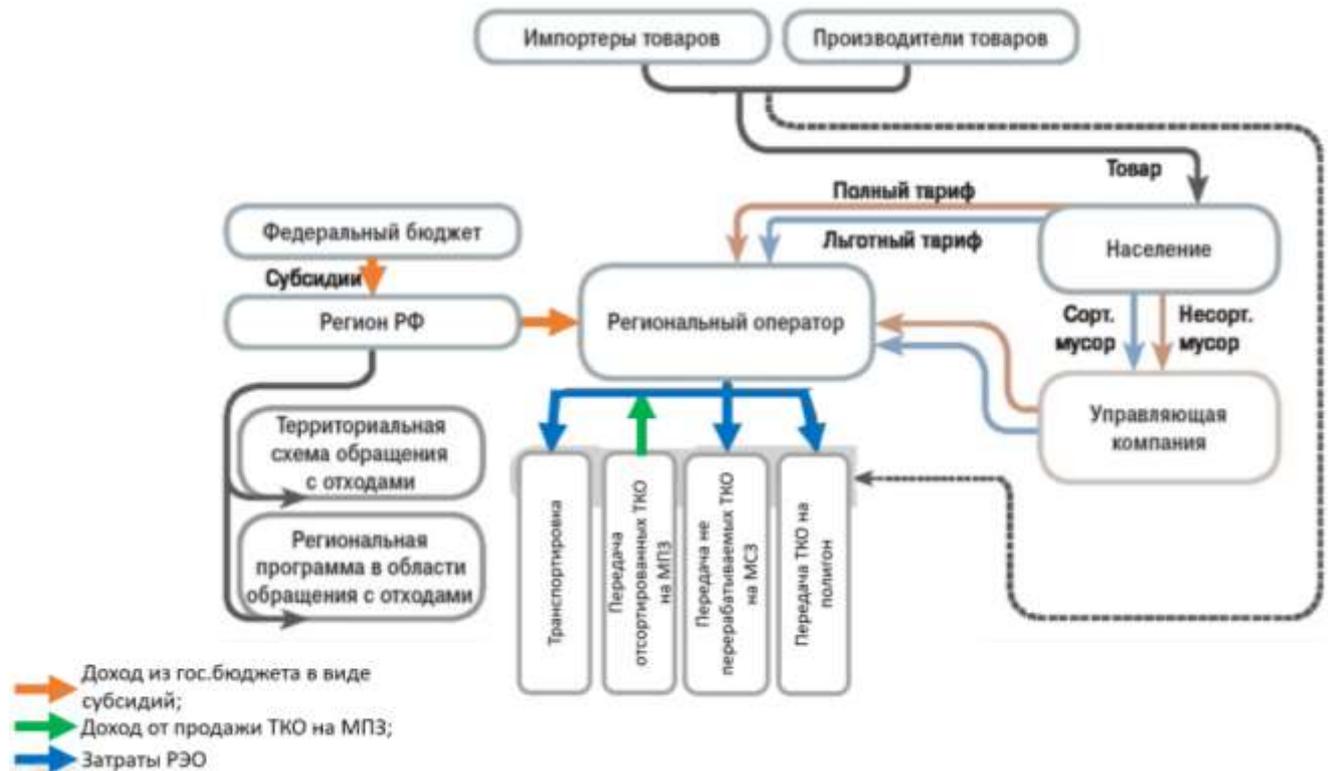


Рис. 1.10 – Схема доходов и расходов регионального оператора

Источник: составлен автором

В рамках реализации постановлений Правительства Москвы от 13.09.2012 № 485-ПП, от 02.10.2013 г. № 662-ПП и от 10.11.2014 № 644-ПП заключены долгосрочные государственные контракты на оказание комплексной услуги обращения (сбор (в том числе отдельный), вывоз, транспортирование, сортировка, переработка и обезвреживание/размещение) с ТКО, образующимися в многоквартирных домах, субсидируемых из городского бюджета, на территории ЮЗАО, СВАО, ЮВАО, САО, ЗАО, ЦАО, ВАО, СЗАО, и Зеленоградского административных округов города Москвы. Услугой охвачено 6,9 млн человек, что составляет 57 % населения города. Объем услуг – 2,55 млн т/г. ТКО.

Выбор исполнителей (ООО «МКМ-Логистика» (ЮЗАО и ЗАО), ООО «ЭкоЛайн» (САО и ЦАО), ООО «Хартия» (СВАО и ВАО), ООО «МСК-НТ»

(ЮВАО и ЗелАО) и ООО «Спецтранс» (СЗАО)) государственных контрактов произведен в соответствии с требованиями, установленными федеральными законами от 21.07.2005 № 94-ФЗ [3] и от 05.04.2013 № 44-ФЗ [4].

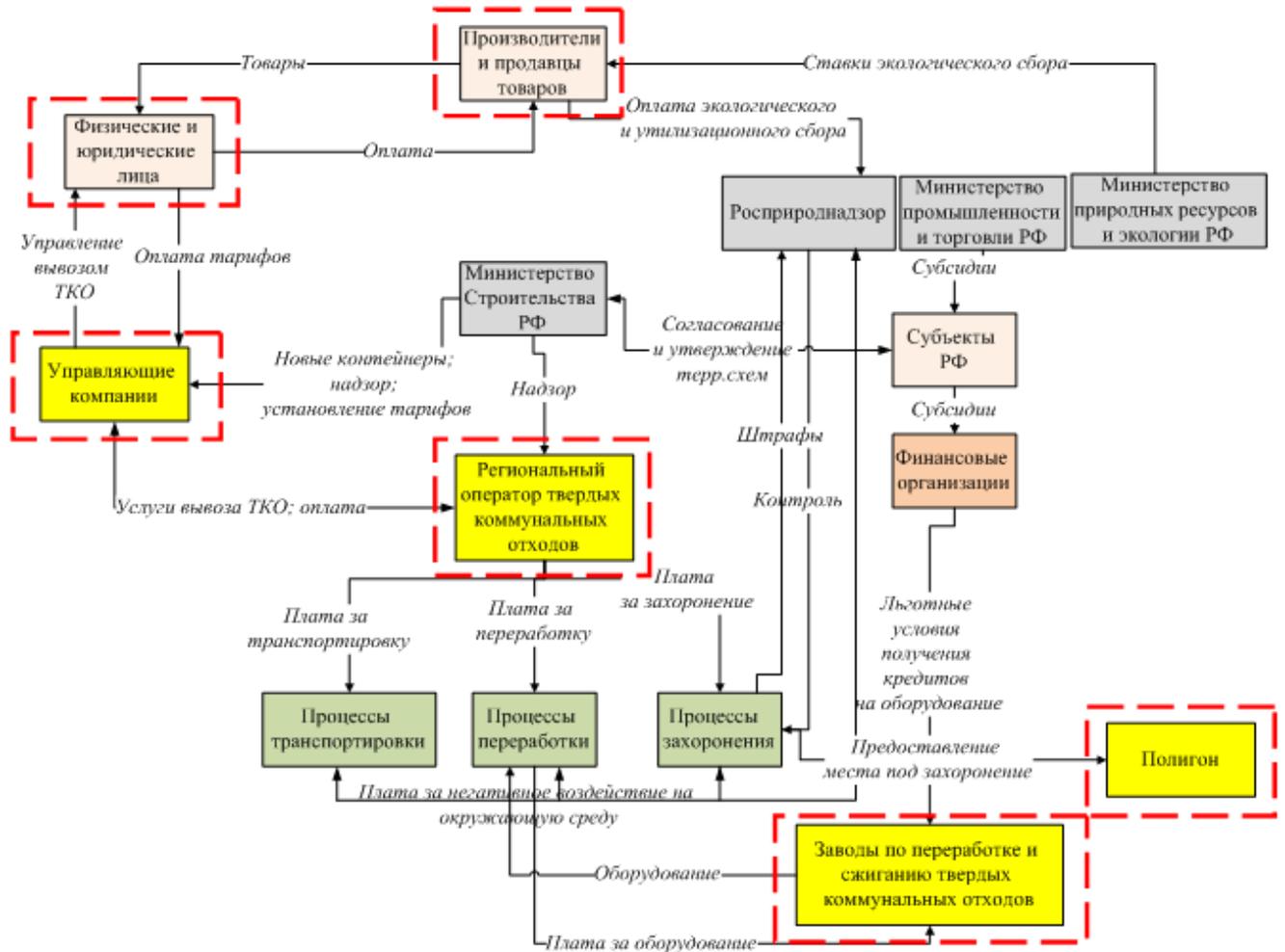


Рис. 1.11 – Система управления комплексом обращения с твердыми коммунальными отходами¹

Источник: составлен автором

Специализированным ГУП «Экотехпром» в соответствии с заключенными контрактами/договорами с компаниями, управляющими многоквартирными домами, расположенными на территории ЮАО города Москвы. Объем услуг – около 0,32 млн т ТКО.

¹ Красным пунктиром обозначены субъекты, которые будут включены в моделирование типовой схемы бизнес-процессов

Желтым выделены организации, отвечающие за бизнес-процессы в регионе

Серым выделен федеральный уровень

Зеленым выделены бизнес-процессы

Кроме того, по информации префектур АО города Москвы, транспортирование образующихся ТКО осуществляется 251 коммерческой организацией.

Московское управление по обращению с ТКО строит свою деятельность согласно централизованной сетевой системе, в которой организовано распределение бюджетных ассигнований и децентрализованная система сбора, обработки и утилизации ТКО. Предложенная двухуровневая модель представляет собой достаточно сложную операционную схему БП, в которой основные полномочия отдаются государству и поставщику в лице РЭО. В такой модели с ограниченными полномочиями оказываются органы местного самоуправления и другие заинтересованные стороны, которые обязаны адаптироваться к политике РЭО [35].

Федеральный закон РФ № 483-ФЗ от 25.12.2018 определил, что стоимость услуг по вывозу ТКО исключается из платы за управление объектом. Поэтому, начиная с 1 января 2019 г. Сборы за вывоз ТКО стали отдельным счетом в платежках за коммунальные услуги для населения [74]. Стоимость услуг по вывозу ТКО для населения многоквартирных домов в Московских районах, которая отражается отдельным пунктом в единой платежке за коммунальные услуги, определяется по следующей формуле (1):

$$P_i = S_{\text{кв}} \times T, \quad (1)$$

где P_i – стоимость услуги по вывозу ТКО для населения многоквартирных домов, р./мес.;

$S_{\text{кв}}$ – общая площадь жилого помещения, м²;

T – тариф регионального оператора, р./м²¹.

Текущая повестка дня на региональном и муниципальном уровнях говорит об увеличении уровня загрязнения окружающей среды (рост несанкционированных свалок), что в свою очередь влечет за собой ухудшение санитарного состояния территорий. Маленькая доля использования вторичных ресурсов и процессов

¹ Тариф за 1 м² в многоквартирных домах равен 7, 27 р./мес. по данным ГУП «Экотехпром»

сортировки фракций ТКО, что не способствует выделению финансирования на построение цикла обращения с отходами.

Новая парадигма регионального развития и планирования в области обращения с отходами требует ускоренного создания высокотехнологичной транспортной инфраструктуры и их внедрения в систему сбора, транспортировки и утилизации ТКО и перехода к пространственным моделям «умное» освоение территорий.

С целью расширения и совершенствования действующей в городе системы раздельного накопления ТКО 18.06.2019 Правительством Москвы принято постановление № 734-ПП, в рамках реализации которого с 01.01.2020 на существующих 22870 контейнерных площадках жилого сектора и объектов социальной сферы внедрена двухконтейнерная система:

а) Синие контейнеры – накопление ТКО (фракции без следов пищи и другой органики);

б) Серые контейнеры – фракции, которые загрязнены органическими отходами.

Это позволяет правильно организовать дворовые пространства и способствовать изменению мышления населения в сторону раздельного накопления ТКО и сортировки мусора.

Европейское законодательство из года в год принимает более жесткие меры по выбросам газов при мусоросжигании. Такие нормативы заметно увеличивают затраты на строительство новых заводов. Это связано с тем, что при модернизации мусоросжигательных заводов необходимо учитывать новые требования законодательства по нормативам выбросов и внедрять более технологичные и экологичные решения и технологии. В скором времени необходимо будет запретить процессы захоронения на полигонах. Тем самым стимулируя заинтересованных сторон сферы обращения с ТКО к строительству мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов.

Таким образом, можно выделить следующие особенности рационального природопользования в ОЭМ обращения с ТКО:

- 1) Выполнение задач, поставленных в Федеральном проекте «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами».
- 2) Функционирование и деятельность МСЗ, путь к модернизации и обновлению заводов.
- 3) Заключение контрактных отношений с РЭО.
- 4) Переход к раздельному сбору ТКО в округах Москвы путем установления отдельных контейнеров.

Федеральные законы	Приказы и постановления	СП, САНПИН
<ul style="list-style-type: none"> • Федеральный закон №89-ФЗ от 24 июня 1998 года "Об отходах производства и потребления" • Федеральный Закон №96-ФЗ от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха" • Федеральный закон №52-ФЗ от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" • Федеральный закон №131-ФЗ от 6 октября 2003 года № 131-ФЗ "Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации" • Федеральный закон №7-ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10 января 2002 года 	<ul style="list-style-type: none"> • Постановление Правительства РФ от 03.06.2016 № 505 "Об утверждении Правил коммерческого учета объема и (или) массы твердых коммунальных отходов" • Постановлением Правительства РФ от 03.03.2017 № 255 "Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду" • Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах" 	<ul style="list-style-type: none"> • "Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. СП 2.1.7.1038-01" • "Санитарные правила содержания территорий населенных мест" (СанПиН 42-128-4690-88) • "Правилами предоставления услуг по вывозу твердых и жидких бытовых отходов", утвержденные Постановлением Правительства РФ от 10 февраля 1997 года №155.

Рис. 1.12 – Нормативно-правовое регулирование комплекса обращения с твердыми коммунальными отходами в России

Источник: составлен автором

В таблице 1.13 представлено различие в законах разных стран Европы и России.

Таблица 1.13 – Описание законодательства и решений на основании законов по странам

Страна	Описание законодательства	Решения на основе законов страны
Россия	принятие закона ФЗ №89 «Об отходах производства и потребления» в 2001 г.	создание территориальных схем обращения с ТКО, заключение договоров с региональными операторами

Страна	Описание законодательства	Решения на основе законов страны
Швеция	начиная с 1960-х г. Первый крупный законодательный акт Закон об охране природы, принятый в 1964 г.; в 1967 г. создано Агентство по охране окружающей среды.	Ограничить объем и содержание опасных веществ в отходах, увеличить рециркуляцию и повторное использование, а также улучшить методы обращения с отходами, которых нельзя избежать, уменьшить, переработать или повторно использовать
Финляндия	в значительной степени основано на законодательстве ЕС, но в некоторых случаях включает более строгие стандарты и ограничения	Налоги и сборы, подлежащие уплате за отходы, обычно включены в законодательство о налогообложении, хотя некоторые сборы включены в законодательство об отходах
Германия	Kreislauf swirts chaft und Abfallgesetz, принятом Бундесратом в июле 1994 года	Рекуперация материалов и энергии является одинаково выгодными формами повторного использования твердых отходов с точки зрения сохранения ресурсов

Источник: составлено автором

1.3 Анализ действующих инструментов регулирования обращения ТКО

В современном мире, когда расход первичных природных ресурсов постоянно растет и ущерб природе увеличивается, становится очевидной разработка механизма поощрений и содействия экологически устойчивому поведению общества. Чтобы решить эту непростую задачу необходимо разработать и применить различные экономические инструменты, экономические регуляторы, которые позволят достижению экологической устойчивости. Однако научные исследования последних десятилетий показали сложность применения экономических стимуляторов. Возникающие коллизии при внедрении стимулирующих инструментов могут в отдельных случаях привести к противоположным результатам. Соответственно, для эффективного стимулирования и создания экологически устойчивого поведения общества нужно осуществлять продуманное взаимодействие с тем, что характеризует мотивацию и поведение людей.

В таблице 1.14 представлены общие инструменты регулирования и их

функции. Не смотря на широко используемые инструменты политики «командования и контроля» перспективными являются экономические инструменты для организации УБП в области накопления и утилизации ТКО.

Таблица 1.14 – Описание функций инструментов регулирования сферы обращения с твердыми коммунальными отходами

Инструмент	Функция
Плата (экологический сбор) для граждан за вывоз ТКО	Возмещение затрат на вывоз и утилизацию ТКО, стимулирование ответственного подхода у населения к обращению с мусором
Лимиты по образованию ТКО	Определение допустимого объема ТКО с учетом социально-экономического развития территории, имеющихся мощностей по их переработке
Экологический сбор (для производителей продукции, услуг)	Расширение ответственности производителей, создание финансовой базы для утилизации и переработки ТКО
Компенсация ущерба	Возмещение причиненного вреда в сфере обращения ТКО, формирование финансовой базы для восстановления нанесенного экологического ущерба при обращении ТКО
Залоговые цены	Создание экономической заинтересованности у производителей продукции, утилизации упаковки, тары, например, стеклотары для дальнейшей переработки и повторного использования
Меры унификации отходов, в том числе в условиях цифровой экономики	Распознавание объекта по наименованию, условному обозначению, характеристикам (свойствам, признакам, показателям), кодам, маркам, знакам и другим идентификаторам
Экологическое страхование	Защита экологических интересов граждан, имущественных интересов юридических лиц от действия факторов природного и техногенного характера, формирование финансовой базы для ликвидации экологических последствий, ущерба в сфере обращения с ТКО
ГЧП	Кооперация государственных органов и частных компаний для выполнения проектов финансирования в сфере переработки ТКО. Создание экономических условий для привлечения частных инвестиций в сферу переработки ТКО
Штрафы, санкции	Создание системы экономической ответственности производителя и потребителя за соблюдение экологических норм, правил, стандартов в сфере обращения ТКО
Расширенная ответственность производителя	Обязанность производителей товаров по обеспечению утилизации выпущенных товаров и упаковки, а в случае невозможности – уплата экологического сбора

Источник: составлено автором на основе анализа нормативных документов

Экономические инструменты являются типичным примером подхода «кнути и пряника», сочетающего финансовую выгоду для производителей отходов (как

граждан, так и предприятий) и других заинтересованных сторон, которые могут быть получены в результате принятия определенной практики или поведения, и финансовые потери. Как таковые, они обычно нацелены на изменение поведения производителей отходов, влияние на практику производителей продукции или привлечение интереса частного сектора к инвестированию в развитие объектов или услуг по утилизации отходов.

Для удобства представления представим на ЖЦ некоторые экономические инструменты к каждой фазе (рис. 1.13).

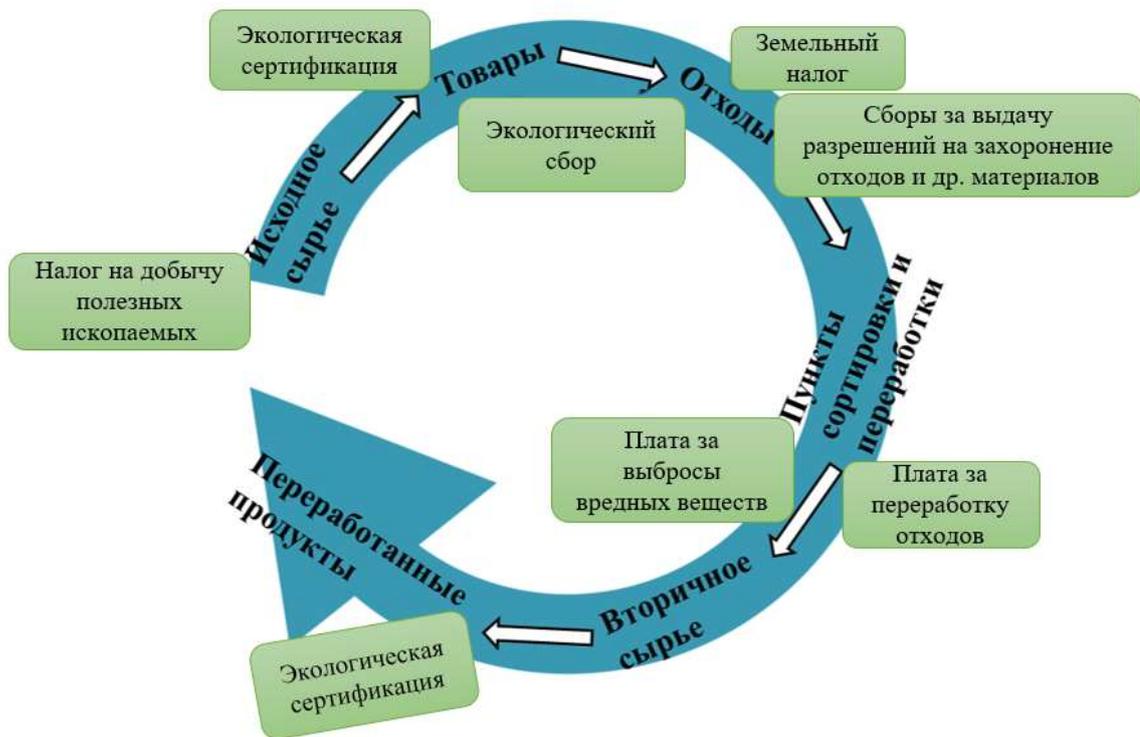


Рис. 1.13 – Использование экономических инструментов на жизненном цикле ресурса / продукта / отходов

Источник: составлен автором на основе Налогового кодекса РФ

Можно выделить две главные цели использования экономических инструментов в управлении обращения с ТКО:

- a) покрытие расходов и улучшение бизнес-процессов представления услуг;
- b) влияние на поведение посредством механизма ценообразования, который минимизирует производство отходов и позволит избежать негативных

последствий утилизации ТКО, или увеличит восстановление и переработку ВМР.

Некоторые инструменты служат только одной из этих целей; некоторые служат обеим целям одновременно. Экономические инструменты не заменяют, а дополняют и укрепляют регулирующий и информационный подходы. Как таковые, они являются важным компонентом структуры политики, а не «самостоятельными» инструментами политики. Экономические инструменты могут иметь различные характеристики:

а) Инструменты для получения доходов для государственных органов: типичными инструментами, создающими доход, являются налоги, которые служат для покрытия расходов на государственные экологические услуги; другие сборы также создают доходы, но в то же время служат стимулом для изменения поведения (например, чтобы производить меньше отходов).

б) Инструменты для обеспечения доходов, например, частным компаниям: примерами являются субсидии или налоговые льготы для компаний, предоставляющих экологические услуги или продукты.

с) Инструменты, которые используют рыночные механизмы, но не генерируют и не обеспечивают доход: примерами являются схемы торговли разрешениями на выбросы или системы возврата депозитов.

Следующие пункты показывают, почему экономические инструменты должны быть частью подхода устойчивого управления отходами:

1) Расходы на услуги по управлению твердыми отходами часто не очень хорошо известны руководителям местных органов власти, поскольку они распределяются по разным бюджетным категориям, которые часто не относятся к услугам по управлению твердыми отходами. Оценка и постоянное отслеживание затрат на полное обслуживание делает видимыми возможности снижения затрат и, следовательно, имеет важное значение для повышения эффективности управления отходами;

2) Затраты на обращение с твердыми отходами редко покрываются местными властями в странах с низким и средним уровнем дохода;

3) Необходимость обновления инфраструктуры сбора, обработки и удаления

твердых отходов широко распространена, но это приведет к дополнительным (капитальным и эксплуатационным затратам) затратам, которые необходимо будет покрыть;

4) Возмещения затрат недостаточно для того, чтобы по-настоящему справиться с иерархией отходов, поэтому необходимо найти средства для стимулирования предотвращения и восстановления отходов.

Необходимо помнить, что экономические инструменты внедряются и получают легитимность через законодательство.

Денежные сборы, как инструмент получения дохода основаны на предположении, что люди сами платят за свои отходы.

Например, в ряде стран взимание платы за муниципальные услуги по обращению с ТКО оспаривается пользователями услуг, которые склонны рассматривать такие виды коммунальных услуг исключительно как «долг» правительства, за который граждане не должны платить. То, как правительства решают эту конкретную проблему, и, соответственно, их отношение к возмещению затрат варьируется в широком диапазоне. На практике решения, применяемые в местных условиях, как правило, приводят к жизнеспособным и эффективным услугам, и их нелегко скопировать из одного города в другой, не говоря уже о странах.

Установление цены часто используется как экономический инструмент для поощрения и улучшения желаемого поведения граждан. Многообещающий подход касается системы взимания платы за сбор остаточных смешанных несортированных отходов (на основе объема емкости, фактического веса или частоты сбора). Эта система применялась в ряде муниципалитетов, например, в Австрии, Бельгии, Дании, Германии, Нидерландах и США в качестве финансового стимула для поощрения домашних хозяйств к повторному использованию или сортировке своих отходов. Однако это было прямо запрещено в Великобритании после политической борьбы и общественного протеста на основании того, что средства массовой информации представляют эту систему взимания сборов как «мусорный налог» и проблемы, связанные с вторжением в частную жизнь.

Налог часто используется в качестве сдерживающего фактора, чтобы удерживать обработчиков отходов от выбора определенных методов обращения с отходами, обычно от захоронения органических или горючих отходов, или сжигания. Такой налог взимается государственным органом (обычно на национальном уровне) сверх платы за вывоз, взимаемой оператором объекта по утилизации отходов, тем самым увеличивая общую сумму взимаемой платы. Дания ввела налог на свалки еще в 1987 г. (параллельно с налогом на сжигание) из-за нехватки площадей для захоронения в сочетании с амбициями страны по переработке отходов. Налог на свалки был введен в Нидерландах в 1995 г. и увеличен до 85 евро в 2000 г., что более чем вдвое превышает реальную стоимость операций по захоронению отходов и является самым высоким показателем в Европе. В 2011 г. налог на захоронение отходов в Нидерландах, составлявший 107,5 евро за т горючих отходов, оставался самым высоким в Европе. В сочетании с запретом на захоронение более 60 % потоков отходов этот налог оказался очень эффективным в перенаправлении отходов со свалок на мусоросжигательные заводы в Нидерланды, но и на свалки в соседнюю Германию, где в то время не было такого налога. В Великобритании в 1996 г. был введен налог на захоронение в размере 8 фунтов стерлингов за тонну захороненных отходов (в дополнение к плате, взимаемой оператором полигона). Налог был постепенно увеличен до 80 фунтов стерлингов за тонну к 2014 г., чтобы побудить компании к утилизации, сделав свалки более дорогостоящими и, следовательно, менее привлекательными в Великобритании. В некоторых других странах Европейского Союза существует значительный налог на захоронение органических и горючих материалов.

В некоторых других странах Европейского Союза существует значительный налог на захоронение органических, горючих или любых отходов, включая Австрию, Бельгию, Финляндию, Ирландию и Швецию. Если такой налог будет достаточно высоким, он окажется очень эффективным для отвлечения от захоронения ТКО в этих странах.

Налоги на сжигание были введены в Австрии и в скандинавских странах для ускорения переработки. С этой целью Дания ввела налог на сжигание

одновременно и в той же сумме, что и налог на захоронение отходов. В Швеции и Норвегии были налоги на сжигание, но они были отменены в 2010 г., чтобы управлять рынком отходов в регионе. Доходы от налогов за захоронение отходов и сжигания отходов используются для различных целей, например, в Австрии средства идут на восстановления загрязненных участков, в Южной Австралии – частично финансируется деятельность Zero Waste SA.

1.4 Обзор международного опыта использования инновационных технологий в области обращения с ТКО

Чтобы преодолеть серьезные последствия некачественного управления системой обращения с отходами и риски для здоровья человека, в последнее время было внедрено много новых технологий. Они более экологически безопасны и эффективны. Выбор и применение технологии зависит от различных факторов, включая экономическое состояние страны, приоритеты и типы образующихся отходов. Развитые страны, такие как Италия, Япония, США и Великобритания, практикуют управление ТКО по концепции нулевых отходов. Они внедряют современные способы сбора и хранения отходов, методы сжигания, пиролиза, плазменной газификации, аэробного и анаэробного сбраживания, проверки и глубокого осаждения навозной жижи, инъекции. Помимо передовых технологий обработки и утилизации, они строго реализуют концепцию 3R: сокращение, повторное использование и переработку.

Конкурентоспособные развивающиеся страны, такие как Нигерия, Бангладеш, Индия и Пакистан, отстают в гонке за новейшими технологиями, хотя у них есть возможность поучиться на опыте развитых стран. Отсутствие опыта, финансовых ресурсов и других сбоев в правовой базе являются коренными причинами проблем накопления ТКО во всей Азии. Наряду с этим основными причинами неконтролируемого избавления от твердых отходов являются недостаточная осведомленность общественности и элементарная экологическая

этика.

Развивающиеся страны обычно сосредотачиваются на утилизации отходов, и наиболее распространенным способом является захоронение отходов. Это вызывает не только сокращение средней продолжительности жизни на свалках, но и загрязнение воздуха и глобальное потепление из-за выброса CO_2 и CH_4 . Последние технологии решили эту проблему, внедрив микротурбины и топливные элементы на основе свалочного газа. Следовательно, необходимо время для внедрения новейших, экологически чистых и менее дорогих технологий по обращению с ТКО для поддержания устойчивости планеты.

Новые технологии хранения ТКО – это подземные и полуподземные системы хранения. В этих технологиях мусорные баки или контейнеры заменяются подземными пунктами сбора, которые включают в себя размещение пластикового контейнера в котловане глубиной 2-3 м с единственным выходом в окружающую среду. Сбор и транспортировка мусора осуществляется с помощью специальных грузовых автомобилей. Эти типы контейнеров уже много лет используются во всем мире. Они имеют довольно широкий спектр применения: от вторсырья до органических отходов и масел. Эта технология выгодна для регионов с чрезвычайно жаркими климатическими условиями, поскольку отходы будут храниться под землей при относительно низкой температуре.

Актуальными для сферы обращения с ТКО являются цифровые технологии в управлении и в организации производства.

Веб-технология GIS (Географическая информационная система). За последние несколько лет ГИС-технология приобрела популярность практически во всех сферах жизни. Объединение технологий ГИС со сбором мусора стало популярным за последние несколько лет в таких развитых странах, как Италия. Благодаря этому муниципалитеты могут управлять всем циклом отходов от места производства до мест захоронения, оптимизируя и автоматизируя каждый этап цикла. Развитие информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) позволило создать эффективные интегрированные системы, которые также способны удовлетворить требования цикла отходов. Согласно итальянским и

европейским тематическим исследованиям, внедрение веб-технологии ГИС, оптимизированной для сбора отходов и разделения источников для вторичной переработки, стало эффективным до 80 % [105]. ГИС в сочетании с другим программным обеспечением может предоставить информацию о наиболее надежных маршрутах, количестве жителей, количестве контрактов, их подтверждении и потенциальных мошенничествах.

Технология мониторинга мусорных баков с использованием глобальной системы мобильной связи (GSM). Сочетание технологий Zigbee и GSM – это последняя тенденция в области сбора мусора. В этой технологии датчики размещаются в общественных мусорных баках для определения определенного оптимального уровня отходов. Когда мусор достигает порогового уровня, индикация будет передана контроллеру, который в дальнейшем будет указывать водителю мусоровоза на срочное опорожнение мусорного ведра. Индикация будет отправлена водителю посредством SMS через GSM [103].

Компактные мусоровозы. Во многих развивающихся странах из-за узких и загруженных дорог используются небольшие мусоровозы. Новейшие технологии внедрились уплотнители мусора в тележки-сборщики, чтобы увеличить вместимость транспортного средства. Благодаря постоянной модификации в настоящее время эти грузовики достигли высокой степени сжатия, поскольку они могут перевозить в 1,5 раза больше отходов по сравнению с грузовиками с плоскими сваями. Эта технология не только увеличивает емкость сбора, но также увеличивает топливную эффективность, что более целесообразно с экологической и экономической точек зрения. Исследователи работают над внедрением электродвигательных приводов и гибридных грузовиков-сборщиков для решения таких проблем, как выбросы парниковых газов и загрязнение воздуха [113].

Оптическая сортировка. Технология быстро развивалась за последние несколько лет. Различные типы пластика, композитов и других отходов сортируются с помощью цветочувствительных камер, УФ-датчиков и инфракрасной спектроскопии. С помощью датчиков определяется положение различных компонентов отходов. Этот тип сортировки чаще всего используется

для стеклянных отходов. Последняя технология включает в себя оптическую сортировку с помощью лазера, которая является относительно дорогой [107]. Согласно исследованиям, эта технология позволяет достичь чистоты бесцветного стекла 99,7 % [100].

Механическая биологическая обработка (далее – МБО). Термин МБО используется для сочетания биологических и механических процессов транспортировки и разделения отходов на различные продукты. МБО считается предварительной обработкой. Основная цель МБО – получение энергии из отходов. Биологические процессы предназначены для минимизации содержания воды, а механический процесс направлен на отделение металлов и стекла от отходов. Качество дигестата и компоста, производимого заводом МБО, может быть проблематичным для внесения на почву из-за присутствия химических загрязнителей, которые иногда превышают стандартные значения [115].

Автоклавирование. Технология предусматривает обработку отходов паром при температуре 140°C-160 °C в течение 30-40 мин. Это стерилизует отходы, и остаток подвергается скринингу. Там, где отходы разделяются по весу, органическое волокно отделяется от стекла и оплетки. Металлы и пластмассы отправляются на переработку. Органическое волокно находит множество применений, в том числе на земле и в качестве волокна в строительной промышленности или при производстве топлива из отходов. Остаток процесса затем отправляется на захоронение на полигон [114].

Взбивание. Недавно был разработан метод обработки, в котором твердые отходы отделяются, стерилизуются, а органическая часть обрабатывается с образованием материала, похожего на пух. Многие перерабатывающие предприятия имеют измельчители, которые уменьшают размер бумаги, металла, стекла и органических отходов до 2-5 см. Аккумуляторы, ковровые покрытия и другие отходы отделяются вручную. Продукт уменьшенного размера затем перемещается в конвейерный поток, где металлическая часть отделяется. Затем вводится высокотемпературный пар для дальнейшего разрыва молекулярных связей, который уничтожает болезнетворные микроорганизмы. Продукт дополнительно

измельчают, обезвоживают и отделяют от других видов отходов. Остающийся мелкодисперсный целлюлозный материал представляет собой продезинфицированный песок, зернистый пух [104]. Пух как побочный продукт можно использовать в качестве удобрения почвы из-за его органической основы и высокого содержания азота. Если не утилизировать таким образом, ворс может попасть на свалку с уменьшенным объемом на 30 %-75 % по сравнению с исходным содержанием. Эта технология в настоящее время принята в западных странах, где уровень рециклинга составляет 95 %.

Микротурбинная технология. На современных полигонах есть микротурбины для выработки электроэнергии из свалочного газа. Эта технология используется для электроснабжения небольших близлежащих объектов. Кроме того, данная технология помогает решить проблему загрязнения воздуха и глобального потепления из-за выбросов в атмосферу свалочного газа [101].

Правильное внедрение новейших технологий в сфере обращения с ТКО может сыграть важную роль в обеспечении экологически чистой и устойчивой окружающей среды.

В странах, в которых реализованы принципы экономики замкнутого цикла ТКО учитываются в общей системе потребления человеком, что активизирует новый экономический поток. В этом случае рециркуляция материалов [43] становится более актуальной, чем рекуперация энергии (превращение механической энергии в электрическую) из ТКО в контексте макроэкономики. В таблице 1.15 представлено описание имеющихся технологий переработки, их преимущества и недостатки.

Таблица 1.15 – Описание технологий переработки твердых коммунальных отходов с выделением преимуществ и недостатков

Наименование технологии	Описание	Преимущества	Недостатки
Брикетирование	Используют для прессования и упаковки однородных материалов	1) Уменьшается площадь земельного участка, занимаемого мусором (уменьшается площадь полигона); 2) Удобство	1) Не все отходы можно сформировать в один брикет 2) Дополнительные затраты

Наименование технологии	Описание	Преимущества	Недостатки
		<ul style="list-style-type: none"> транспортировки; 3) Повышение плотности мусора; 4) Уменьшение вероятности возгорания отходов 	
Переработка	<p>Разнообразные методы утилизации отходов разных типов с целью повторного использования и возвращения в оборот полезных компонентов мусора</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) Улучшение экологической ситуации; 2) Создание новых рабочих мест на МПЗ; 3) Увеличение доходов отрасли переработки мусора; 4) Увеличение количества вторичных ресурсов; 5) Сокращение количества отходов на полигонах 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Значительные финансовые затраты на начальных этапах (покупка техники и организация производства); 2) На землях вблизи МПЗ нельзя жить и выращивать культурные растения, пасти животных; 3) Изделия из вторсырья получаются недолговечными; 4) Производственный процесс довольно затратный
Захоронение на полигоне	<p>Отводят ровный участок земли, расположенный на водоупорных грунтах с уровнем грунтовых вод ниже 3 м от поверхности площадки, размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона должен быть не менее 500 м.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) Дешевый способ; 2) Простой способ утилизации отходов 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Образование свалочного газа 2) Выделение токсичных веществ при возгорании 3) При испарении загрязняются грунтовые и поверхностные воды 4) Большие затраты на восстановление земель
Компостирование	<p>технология переработки отходов, основанная на их естественном биоразложении</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1) В органической массе повышается содержание питательных веществ (азот, фосфор, калий); 2) В усвояемой растениями форме, обезвреживается патогенная микрофлора; 3) Уменьшается количество целлюлозы и пектиновых веществ; 4) Безвредный для окружающих 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Предварительно требуется сортировка отходов 2) Довольно длительный процесс 3) Применим только к органике 4) Привлекательный для образования паразитов

Наименование технологии	Описание	Преимущества	Недостатки
Термическая обработка:			
1. Сжигание	Проводят в окислительной среде при температуре не ниже 600 °С, процесс протекает автотермично и не требует для поддержания горения введения дополнительного топлива. Наиболее часто метод применяют при работе МСЗ	1) Простота организации шламового хозяйства; 2) Компактность оборудования; 3) Низкая стоимость очистки отходящих газов	1) Необходимость предварительной сортировки отходов; 2) Большие затраты на строительство МСЗ; 3) Небезопасный остаток для захоронения
2. Пиролиз	Основан на глубоком окислении органических остатков. В качестве конечных продуктов получают CO ₂ , H ₂ O, CH ₄	1) Практически полная ликвидация отходов; 2) Получение жидкостного и газового сырья для производства	1) Дороговизна оборудования; 2) Необходимость большого количества штатных сотрудников
3. Газификация	Заключается в переработке отходов при температуре 600 – 1100 °С с водяным паром, кислородом или углекислым газом		1) Сложная установка требует предварительного обучения персонала; высокая стоимость печей

Источник: таблица составлена автором на основе [26]

В исследовании будут приоритетны технологии переработки и сжигания. Основная задача – показать перенаправления потоков ТКО с технологии захоронения на полигоне к переработке.

Во многих развитых странах для управления в зависимости от выгод как экономических, так и экологических, применяется наиболее фундаментальный подход – Иерархия управления отходами (рис. 1.14).

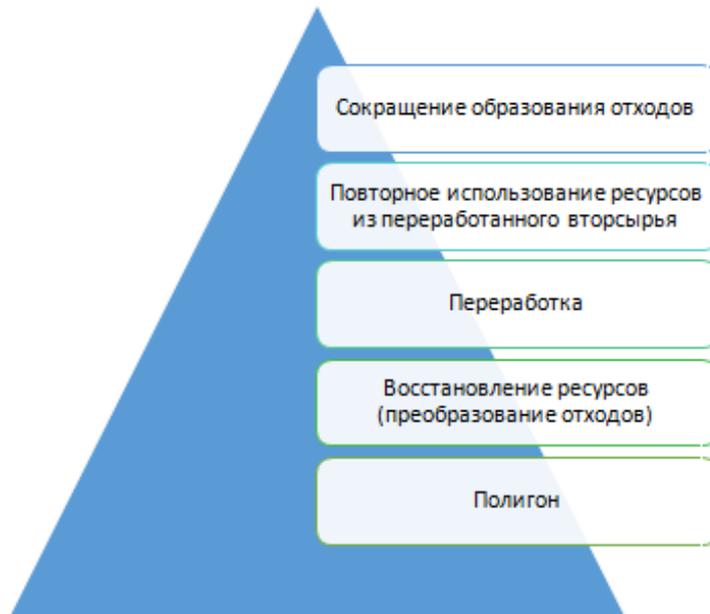


Рис. 1.14 – Иерархия управления сферой обращения с твердыми коммунальными отходами

Источник: составлено автором на основе [119]

Иерархия управления сферой обращения с ТКО является полезным инструментом в политике. Она используется в качестве регулятора сохранения ресурсов. К иерархии обращаются в целях решения проблем, связанных с необходимостью организации дополнительных мест для процессов захоронения несжигаемых и не утилизируемых фракций, а также по вопросам уменьшения экологического ущерба, его компенсации и защиты здоровья населения. При этом многообразие существующих в мировой практике подходов оценки экологических рисков и их составляющих (вероятности и экологического вреда), а также различная специфика деятельности хозяйствующих субъектов, требуют системного рассмотрения методологических принципов и методического обеспечения, выявления проблем и направлений совершенствования применяемого расчетного инструментария [77].

Технология компостирования применяется на мусороперерабатывающих заводах по схеме (рис. 1.15). Для ее реализации используют бункер-накопитель, загрузочные воронки, дробилки, биотермические башни, виброгрохоты, электрофильтры и котлоагрегаты.

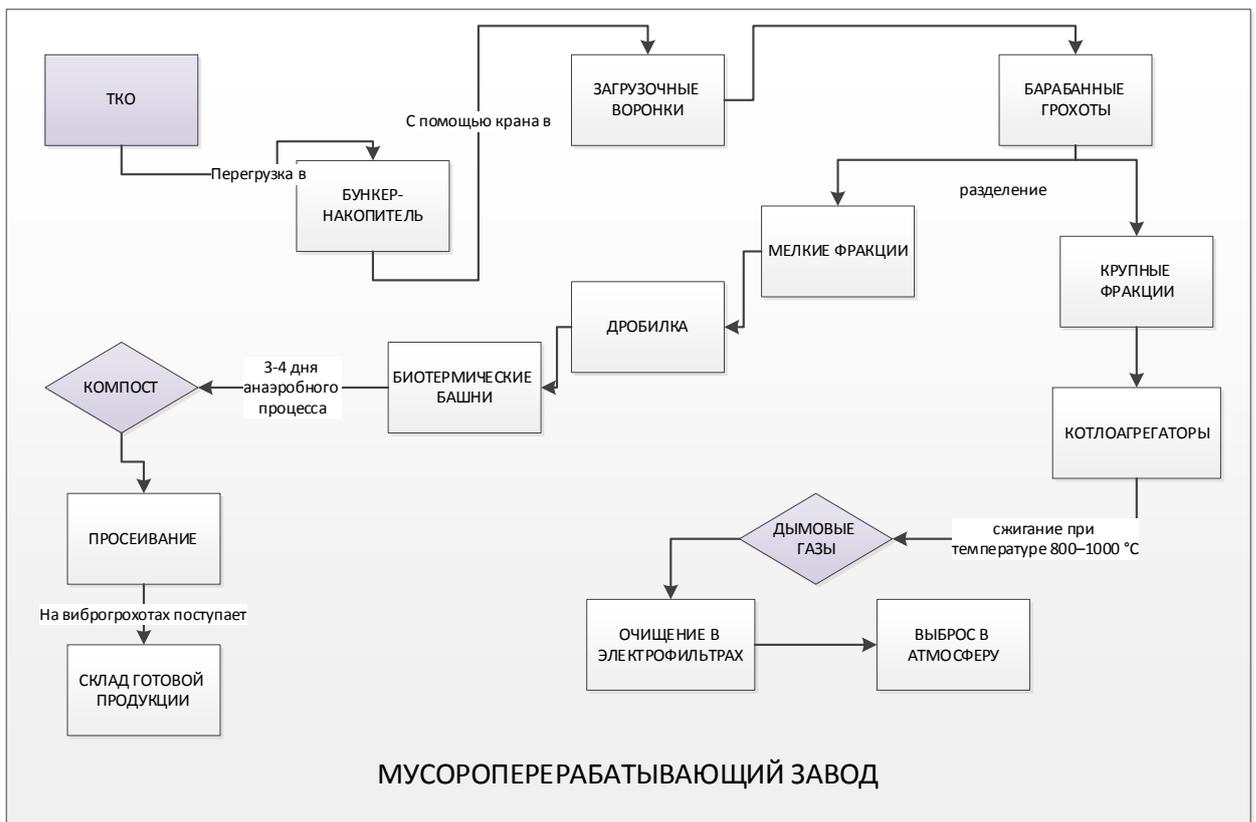


Рис. 1.15 – Схема технологии компостирования на мусороперерабатывающем заводе

Источник: [103]

Пиролиз можно определить как термическое разложение углеродных материалов в атмосфере с дефицитом кислорода с использованием тепла для производства синтез-газа (рис. 1.16). При этом отсутствует воздух или кислород и не происходит прямого горения. Данный процесс считается эндотермическим. Обычно большинство органических соединений термически нестабильны, и при высоких температурах химические связи органических молекул разрываются, образуя молекулы меньшего размера, такие как углеводородные газы и газообразный водород. При высоких температурах образующаяся газовая смесь состоит преимущественно из термодинамически стабильных небольших молекул CO и H₂. Эта газовая смесь CO и H₂ называется «синтез-газом». Эта последняя стадия термического процесса известна как газификация.

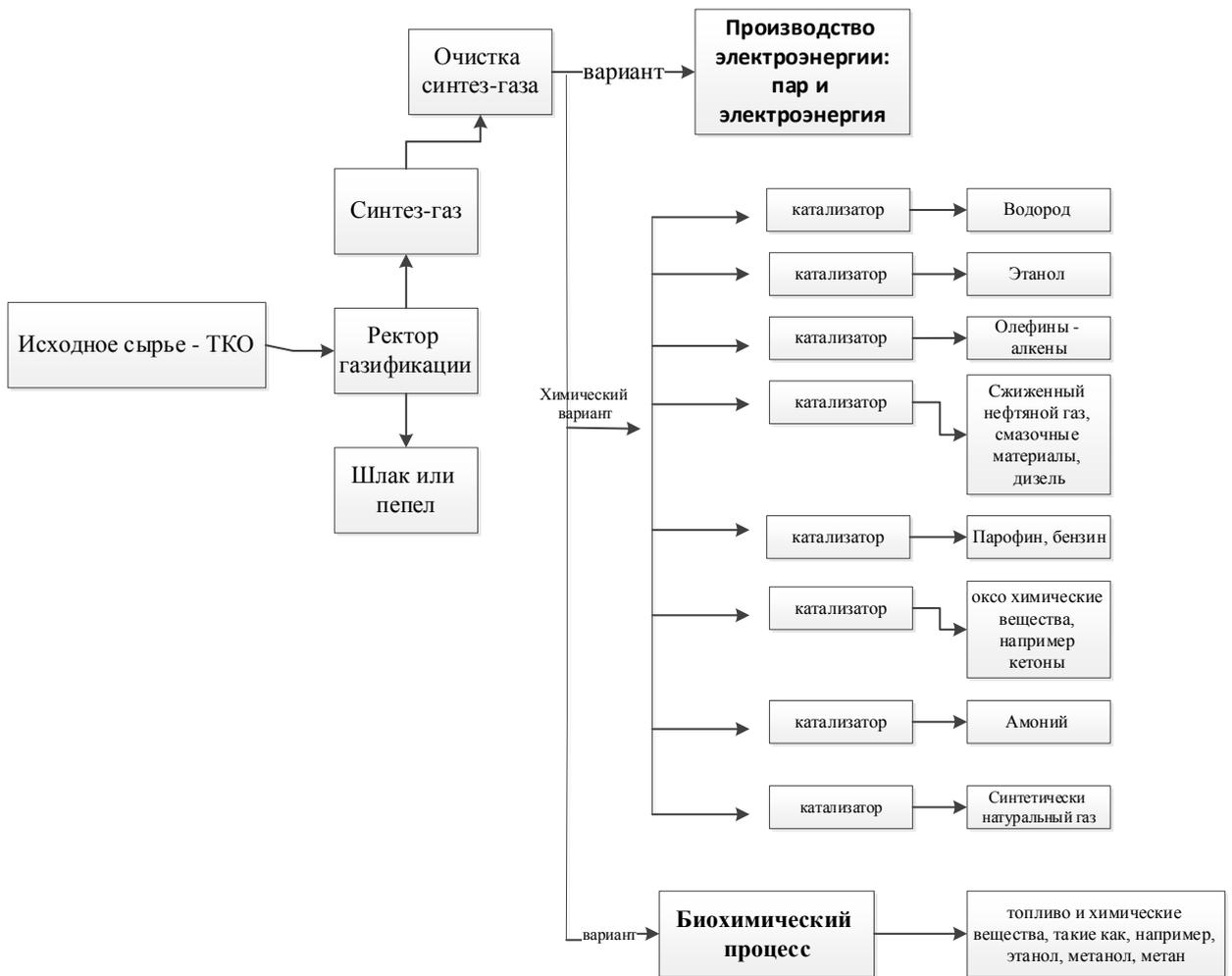


Рис.1.16 – Варианты использования синтез-газа

Источник: [103]

Как показано на рис. 1.17, исходное сырье в виде ТКО предварительно обрабатывается для удаления выгодных вторичных отходов. Затем предварительно обработанный материал подается в реактор пиролиза, где прямой источник тепла поднимает содержимое до температуры от 1200 F до 2,200 F для получения сырой золы, углеродного угля и металлов из реактора. Некоторые сообщают, что процесс пиролиза происходит при температуре реактора от 750 F до 1650 F. Процесс пиролиза происходит в атмосфере с дефицитом кислорода.

Углеродистый уголь и металлы используются в качестве вторичной переработки в промышленности. Однако зола от процесса пиролиза обычно утилизируется на свалке, что является одним из основных экологических недостатков процесса пиролиза при использовании для обращения с ТКО.

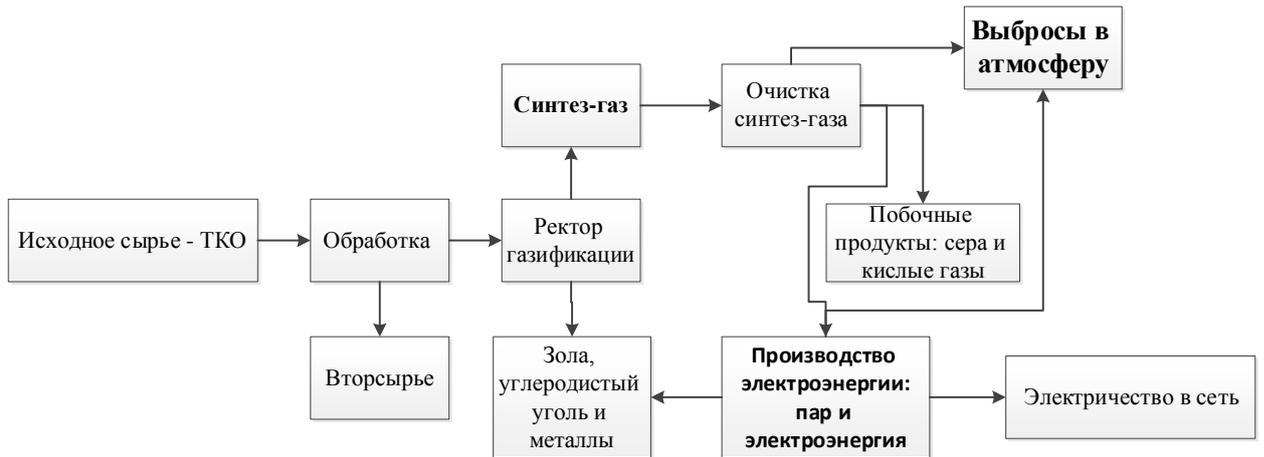


Рис. 1.17 – Технологическая схема производства электроэнергии из твердых коммунальных отходов через пиролиз

Источник: [103]

Цифровые технологии могут стать огромным стимулом для поддержания экономики замкнутого цикла. Таким образом, цифровое развитие сектора обращения с ТКО должно быть одобрено в координации с развитием экономики замкнутого цикла. Это подразумевает два требования:

1) Сортировка и переработка являются жизненно важными составляющими экономики замкнутого цикла. Следовательно, данные процессы должны рассматриваться как неотъемлемая часть цифровой промышленной трансформации на системном уровне.

2) На технологическом уровне – подбор интерфейсов, а также обязательных, стандартизированных и интегрированных потоков данных между секторами и соответствующими заинтересованными сторонами экономики замкнутого цикла.

Таким образом, в диссертации будет исследоваться технологии, которые будут приносить доход РЭО и жальцам, а именно переработка.

Выводы по первой главе

В первой главе проанализированы теоретические подходы к развитию ОЭМ устойчивого обращения с ТКО опирающиеся на принципы экономики замкнутого цикла и зарубежный опыт.

В результате анализа теоретических подходов к развитию ОЭМ

устойчивого обращения с ТКО сделаны следующие выводы:

1) Так как сфера обращения с ТКО охватывает важные процессы человеческой деятельности, зависит от прогрессирующей урбанизации и является предметом для развития ЭЗЦ, необходима системная организация УБП на основе отечественного и зарубежного опыта обращения с ТКО с учетом рационального природопользования.

2) Для организации УБП в сфере обращения с ТКО необходим учет тенденций образования и свойств отходов, учитывающих численность населения страны, его благосостояние, урбанизацию территории, а также физико-механические свойства отходов, химический состав отходов, определение свойств горения отходов.

3) Для развития ОЭМ управления комплексом обращения с ТКО следует проводить анализ действующих инструментов регулирования данной сферы, а также способов технологий обработки отходов с учетом международного опыта.

4) В сочетании с инструментами государственной политики нужно использовать экономические инструменты для достижения целей в области образования и утилизации отходов.

5) Несмотря на то, что сейчас существует большое количество различных технологий обращения с ТКО, наиболее перспективными и экологичными являются переработка отходов и производство ВМР из вторичного сырья, что полностью вписывается в концепцию ЭЗЦ.

6) В результате анализа отечественного и зарубежного опыта в области обращения с ТКО сформулированы основы к построению ОЭМ устойчивого управления комплексом обращения с ТКО, базирующегося на цифровом моделировании бизнес-процессов и их оптимизации с учетом экономической оценки экологического ущерба и включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО.

Глава 2 Исследование системы обращения с ТКО и цифровое моделирование ее устойчивых бизнес-процессов

2.1 Описание и классификация основных бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО

Рассмотрим вопросы управления в сфере обращения ТКО с позиций проектно-процессного подхода, который ориентирован на бизнес-процессы. При этом система управления ориентируется как на управление каждым БП в отдельности, так и всеми БП в целом. БП в данном случае рассматривается как комплекс действий, в котором на основе исходных данных создается ценный для потребителя результат [29; 35]. Проект можно рассматривать как решение задачи с желаемой конечной точкой. Проекты достигают определенной цели в рассматриваемый период времени и по запланированной стоимости [29].

Появление новых подходов в проектной и процессной деятельности предполагает использование информационных технологий. Одним из наиболее значимых является процессный подход, для реализации которого предлагается базироваться на концепции управления бизнес-процессами BPM (Business Process Management). Грамотное управление бизнес-процессами способно обеспечить быструю реакцию топ-менеджмента компании на изменяющиеся условия рынка и ее клиентоориентированность. При таком подходе к управлению возникает возможность решать поставленные задачи через усовершенствование бизнес-процессов, а не через создание дополнительных функциональных подразделений. Каждый бизнес-процесс имеет свои входы, выходы, инструменты и методы регулирования (рис. 2.1).

Устойчивый бизнес-процесс – логически выстроенная последовательность действий в комплексе обращения с твердыми коммунальными отходами, способная учитывать любые внешние изменения в экономике замкнутого цикла, включая экологический ущерб и включение во вторичный оборот продуктов их переработки.



Рис. 2.1 – Схематическое изображение бизнес-процесса

Источник: рисунок составлен автором

Для эффективного функционирования БП важно не только описать последовательность действий, но и организовать управление этим процессом по следующей схеме: постановка целей, планирование и мониторинг работы, сбор и анализ информации, принятие управленческих решений, обеспечивающих достижение поставленных целей.

Суть проектов комплекса обращения с ТКО состоит в реализации мероприятий, которые направлены на создание объектов по обработке и утилизации отходов в целях уменьшения экологического ущерба окружающей среде и вовлечения в хозяйственный оборот переработанных полезных фракций. Процессное управление организациями, оказывающими, например, услуги в сфере переработки и утилизации ТКО, включает:

- a) построение клиентоориентированных цепочек создания ценности;
- b) мониторинг и анализ параметров и показателей реализации клиентоориентированных цепочек создания ценности;
- c) разработку моделей бизнес-архитектуры (архитектуры систем управления);
- d) выделение процессов, связанных с управлением оказанием услуг и стратегическим планированием, что позволяет повысить эффективность моделей

владельческого управления для сферы услуг;

е) разработку и оценку ключевых показателей удовлетворенности клиентов [16];

ф) модернизацию бизнес-моделей.

Обращение с ТКО – это организованный процесс сбора, хранения, транспортировки, обработки и их утилизации. Такие отходы могут утилизироваться на специально спроектированной санитарной свалке, путем энергетической утилизации (мусоросжигание), получение вторичного сырья на мусороперерабатывающем заводе [16]. Это интегрированный процесс, включающий различные методы сбора отходов, транспортное оборудование, хранение, механизмы восстановления перерабатываемых материалов с, целью уменьшения объема образования и количества перерабатываемых отходов [74]. Все БП сферы обращения с ТКО можно представить в виде типовой схемы, однако, у каждого БП будут свои входы и выходы (рис. 2.2-2.7).



Рис. 2.2 – Входы и выходы бизнес-процесса «Образование ТКО»

Источник: рисунок составлен автором

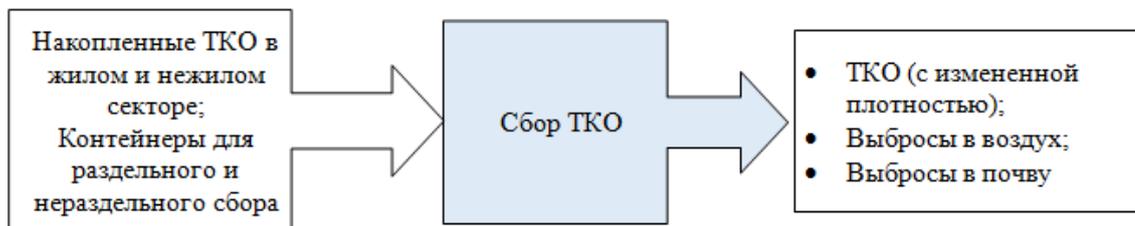


Рис. 2.3 – Входы и выходы бизнес-процесса «Сбор ТКО»

Источник: рисунок составлен автором



Рис. 2.4 – Входы и выходы бизнес-процесса «Сортировка»

Источник: рисунок составлен автором

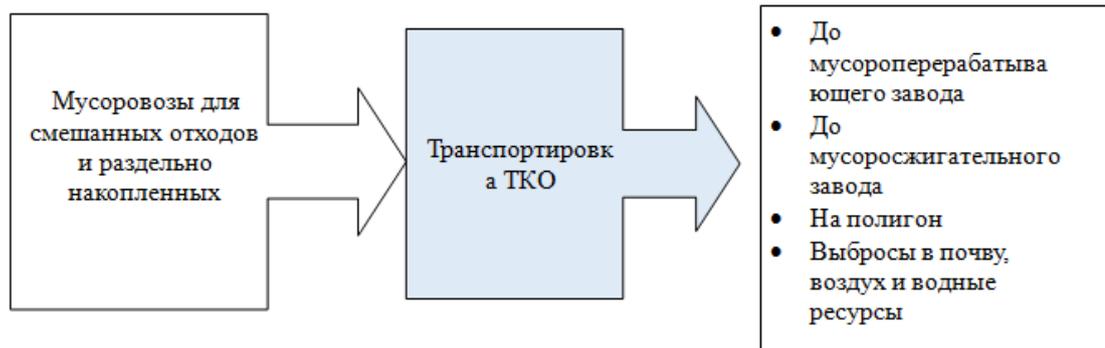


Рис. 2.5 – Входы и выходы бизнес-процесса «Сортировка»

Источник: рисунок составлен автором

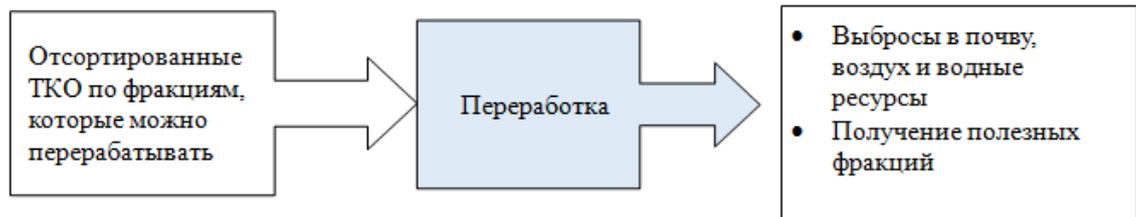


Рис. 2.6 – Входы и выходы бизнес-процесса «Переработка»

Источник: рисунок составлен автором

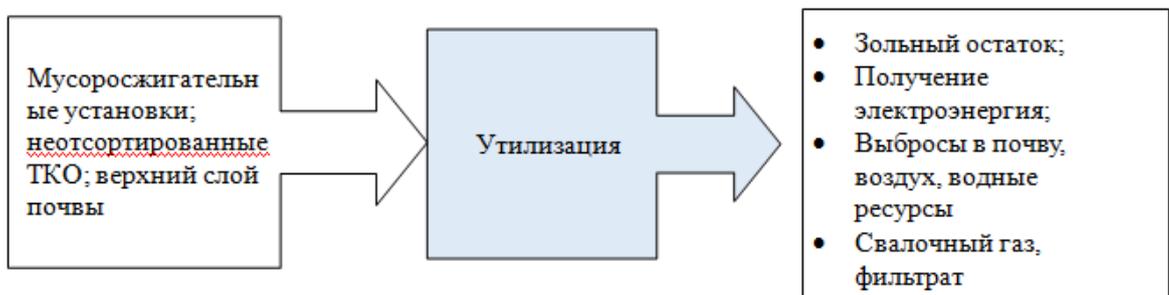


Рис. 2.7 – Входы и выходы бизнес-процесса «Утилизация»

Источник: рисунок составлен автором

Все БП обращения с ТКО неочевидны с точки зрения экономической эффективности. Для обоснованного управления этими БП и их оптимизации по экономическому (стоимость) и организационному (время) критериям предлагается создать цифровую имитационную модель.

С помощью данной модели возможно обосновать различные способы (технологии переработки) обращения с такими отходами и выбрать наилучший вариант по организационно-экономическим критериям. Такая цифровая модель является многовариантной и позволяет учитывать различные изменения в системе, обеспечивая ее устойчивость. Кроме того, на основе данной модели можно оптимизировать процесс управления БП в сфере переработки и утилизации также по разным дополнительным критериям, включая экономию природных ресурсов и энергии, минимизация экологического ущерба и другим.

Очевидно, что процессы утилизации и переработки ТКО могут осуществляться с применением различных технологий и охватывать все фазы проекта, включая утилизацию вторичного сырья, получение энергии из отходов, рекультивацию нарушенных земель в результате размещения таких отходов на полигонах. В результате применения предложенной модели находится оптимальное с точки зрения выбранного критерия решения, что позволяет обосновать меры в целях ресурсосбережения и охраны окружающей среды [21].

Возможные эффекты от основных БП сферы обращения с ТКО показаны в таблице 2.1.

Одной из сторон описываемой проблемы являются имеющиеся свалки и действующие полигоны ТКО. К примеру, только в Московской области под объектами накопленного экологического ущерба, связанного с размещением ТКО на полигонах в прошлом, занято почти 400 тыс. га, в зоне негативного влияния данных объектов проживает 447,9 тыс. человек (приложение В).

Восстановление земли после закрытия на ней полигона это сложный и затратный процесс (как по времени, так и по стоимости). Рекультивация представляет собой комплекс работ по воссозданию плодородия почвы и растительного покрова, которые были утрачены из-за неэкологичного

производства, строительства, горных разработок и других действий [70].



Рис. 2.8 – Структурная декомпозиция основных бизнес-процессов обращения с ТКО

Источник: рисунок составлен автором

Таблица 2.1 – Эффекты бизнес-процессов сферы обращения с ТКО по классификационному признаку – типы технологий

Основные бизнес- процессы	Положительный эффект	Отрицательный эффект
Процессы утилизации	Выработка свалочного газа в целях отопления. Дешевый способ	Загрязнение атмосферного воздуха, грунтовых вод. Изъятие земель для размещения отходов
Процессы на мусороперерабатывающем заводе	Переработка сырья в полезные фракции. Продажа вторичного сырья (получение прибыли). Создание рабочих мест	Загрязнение атмосферного воздуха путем выбросов газов
Процессы на мусоросжигательном заводе	Получение электричества, снижение выбросов парниковых газов, создание рабочих мест	Высокие затраты на энергетическую утилизацию отходов
Компостирование	Использование органической части отходов в качестве компоста	Возможное загрязнение почвы
Ликвидация санкционированных и несанкционированных свалок	Возвращение в хозяйственный оборот нарушенных земель, ликвидация накопленного экологического ущерба [13]	Высокие затраты на восстановление нарушенных земель

Основные бизнес- процессы	Положительный эффект	Отрицательный эффект
Рекультивация нарушенных земель	Снижение загрязнения окружающей среды, возврат в хозяйственный оборот земельных ресурсов	Высокие затраты на реализацию проекта

Источник: таблица составлена автором на основе анализа научной литературы

Современная система обращения ТКО с экономической точки зрения недостаточно изучена, многие ее БП по действующей методике оценки не являются вполне эффективными. Разработка адекватной модели обращения с ТКО с учетом минимизации причиненного экологического ущерба позволит обосновать эффективную организацию УБП в этой области, снизить нагрузку на природу, сохранить здоровье людей и обеспечить устойчивое развитие экономики. Следует учитывать, что возможности обезвреживания ТКО, например, путем их размещения на полигонах во многих регионах отсутствует в силу ограниченности земельных участков, пригодных для их размещения, что вынуждает переходить на более современные технологии и БП утилизации и переработки таких отходов. Также для улучшения рационального природопользования необходимо выстраивать УБП в соответствии с формулированным в диссертации принципом – включение во вторичный оборот продуктов переработки ТКО, что позволит снизить общее потребление ресурсов.

2.2 Цифровое имитационное моделирование устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО

Все секторы экономики затронуты цифровой трансформацией. В свою очередь она дает возможность обмениваться данными между участниками, открывает для них сетевые возможности и, таким образом, заинтересованные стороны инициируют процессы. Цифровая трансформация бизнес-моделей играет важную роль, преобразовывая отдельные элементы бизнес-моделей в цифровую форму.

Анализ БП сегодня очень широко распространен и проводится в каждой организации, которая хочет повысить свою эффективность. Грамотно проведенная оптимизация или реинжиниринг БП может помочь организациям решить всевозможные актуальные для них проблемы.

Сегодня существует несколько причин, чтобы организации активно создавали собственные модели БП или использовали эталонные модели. Во-первых, быстрая адаптация компании к внешним изменениям, во-вторых, компания должна быть лидером в инновациях, и готова внедрять новые технологии и подходы в свою деятельность, и, в-третьих, компания должна быть конкурентоспособной.

Цифровая трансформация экономики стала важнейшим событием 21-го века, затрагивающим все сферы повседневной жизни, экономики, политики и т. д. Цифровые технологии в сфере обращения с ТКО обещают более эффективный режим управления, то есть более безопасный, прозрачный, экономичный. Сфера обращения с ТКО находится на ранней стадии своего развития в цифровой среде.

Цифровая трансформация характеризуется Европейской комиссией (ЕК) как слияние передовых технологий и интеграция физических и цифровых систем, преобладание инновационных бизнес-моделей и новых процессов, создание интеллектуальных продуктов и услуг [102].

Использование цифровых технологий сопровождается изменением структуры затрат. В то время как эффективность повышается, что приводит к более низким эксплуатационным расходам, таким как оплата труда, обычно инвестиционные затраты на эти цифровые решения выше, чем на их традиционные альтернативы, что приводит к более высокой стоимости капитала. Состав рабочей силы будет меняться из-за изменения набора навыков, необходимых для работы с цифровыми технологиями, и потенциально потребуется меньше неквалифицированного труда из-за автоматизации. Цифровая связь со всеми заинтересованными сторонами стала важным фактором для замены повторяющихся задач, чтобы справиться с ограничениями кадрового резерва.

На рис. 2.9 представлены декомпозированные основные УБП с помощью



Рис. 2.10 – Схема бизнес-процессов обращения с твердыми коммунальными отходами в экономике замкнутого цикла

Источник: рисунок составлен автором

Имитационная модель дает возможность получить глубокое представление о внутренних операциях любой системы, взаимодействии между различными частями системы и будущем поведении их физического аналога таким образом, чтобы можно было учесть интересы всех сторон.

Поскольку комплекс обращения с ТКО достаточно сложная система и подразумевает большое количество входных и выходных данных, то путь к созданию адекватного цифрового двойника лежит через использование современных информационных технологий, таких как обработка больших данных, искусственный интеллект, распределенный реестр и др. Однако на этапе разработки новых методических подходов по развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО достаточно провести имитационное моделирование ключевых УБП с их укрупненной экономической оценкой, включая стоимость экологического ущерба и доходы от реализации вторичной продукции, полученной в процессе переработки.

Основными индикаторами эффективности процессной модели выступают

стоимости УБП и их продолжительности, которые можно использовать в известных экономических методах для цифровой аналитики, таких как:

- a) Функционально-стоимостной анализ (далее – ФСА);
- b) ABC-анализ по принципу Парето.

Такая имитационная модель позволит экономически обосновать направления развития ОЭМ, которые заключаются в улучшении устойчивых бизнес-процессов обращения с ТКО за счет перераспределения основных потоков отходов в процессы получения вторичных продуктов, что позволит снизить общее потребление природных ресурсов и реализовать сформулированный приоритетный принцип ЭЗЦ – включение во вторичный оборот продуктов переработки ТКО.

2.3 Разработка методики расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и принципа экономики замкнутого цикла

Чтобы провести экономическую оценку УБП, которые учитывают экологический ущерб, нужно учитывать огромное количество факторов, особенностей и неопределенностей, что вытекает в чрезвычайно сложную задачу. Очень часто точная математическая формализация таких УБП оказывается невозможной. В таких случаях очень часто прибегают к моделированию УБП, в том числе, цифровому имитационному моделированию. Цифровые модели БП позволяют учитывать множество факторов, накапливать огромные массивы данных для последующей аналитической обработки. Уже не один десяток лет одним из самых распространённых аналитических инструментов в области анализа эффективности бизнес-процессов является ФСА. В последнее время с развитием цифровой техники и цифровых технологий этот инструмент стал очень популярным. Как правило, экономическая эффективность имитационных-моделей оценивается при помощи стоимостных и временных затрат.

Для проведения ФСА такой модели в сфере организации УБП обращения с

ТКО нужна новая устойчивая методика, которая будет отражать не только затраты на УБП, но и затраты на экологический ущерб от таких процессов. Более того, моделирование таких УБП должно опираться на принцип замкнутой экономики, где первичные ресурсы для производства товаров частично заменяются вторичными ресурсами из отходов. Так как бизнес-процессы обращения с ТКО разнообразны и зависят от различных вариаций территориальных схем логистики, захоронения, переработки, сжигания, то в некоторых УБП будет и доходная часть за счет вторичного использования продуктов переработки и вторичной выработки энергии. Эту часть тоже можно учесть в методике при помощи выделения таких УБП в отдельную категорию производства продуктов потребления из вторичных ресурсов. В этом случае образование ТКО будет происходить, как из товаров, произведенных из первичных ресурсов, так и из вторичных ресурсов. В некоторых случаях для оценки затрат на бизнес-процессы обращения с ТКО процессы переработки отходов можно считать, как процессы, уменьшающие стоимость основных УБП. Такой комплексный подход позволит рассмотреть стоимость УБП с позиций устойчивости и ЭЗЦ.

Общее потребление природных ресурсов в экономике замкнутого цикла рассчитывается по формуле (2) [33; 15].

$$N_a = N_r + N_s + N_w, \quad (2)$$

где N_a – общее потребление природных ресурсов;

N_r – рациональное потребление природных ресурсов в рамках экономики замкнутого цикла [15];

N_s – «структурное» потребление (отходы, избыточное потребление, перепотребление) природных ресурсов в процессах производства;

N_w – отходы на стадии потребления, которые аккумулируют природные ресурсы [33].

В УБП обращения с ТКО можно выделить два вида природных ресурсов:

- a) первичные природные ресурсы (первичное сырье) из которых формируются товары потребления и затем ТКО;
- b) техногенные ресурсы вторичного происхождения (вторичное сырье),

которые формируются из ТКО и в дальнейшем тоже участвуют в создании товаров потребления.

Стоимость общего потребления природных ресурсов можно представить и в виде суммы этих двух видов природных ресурсов

$$C_{\text{ТОПР}} = C_{\text{ТПР}} + C_{\text{ТВР}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{ТОПР}}$ – стоимость общего потребления природных ресурсов (р.);

$C_{\text{ТПР}}$ – стоимость потребления первичных природных ресурсов (р.);

$C_{\text{ТВР}}$ – стоимость потребления вторичных природных ресурсов (р.).

Для устойчивой организации бизнес-процессов обращения с ТКО нужно снижать N_a – общее потребление природных ресурсов за счет увеличения доли потребления вторичных ресурсов. При этом стоимость потребления первичных природных ресурсов будет зависеть от количества этих ресурсов и должна снижаться за счет увеличения количества и стоимости потребления вторичных природных ресурсов.

Известно, что при проведении ФСА БП используются два основных параметра – стоимость и длительность.

Развитие методики расчета стоимости УБП комплекса обращения [44] с ТКО можно представить в виде трех последовательных этапов (рис. 2.11). Выделенные 3 этапа вместе с учетом экологического ущерба и формируют устойчивость экономики.

В стоимость бизнес-процесса транспортировки ТКО включаются затраты на эксплуатацию машины, кроме заработной платы водителя, учитывается амортизация автомобиля, а также накладные расходы и прибыль транспортной компании. Стоимость бизнес-процессов обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и получения, и использования вторичных ресурсов рассчитывается по формуле 4.



Рис. 2.11 – Развитие методики расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с твердыми коммунальными отходами

Источник: рисунок составлен автором

$$C_{\text{БПТКО}} = \sum_{i=1}^n \left(C_i \text{БП} + \frac{C_i \text{УБП}}{365} - C_i \text{ДБП} \right), \quad (4)$$

где $C_i \text{БП}$ – стоимость каждого i -го бизнес-процесса, р./сут;

$C_i \text{УБП}$ – стоимость экологического ущерба каждого i -го бизнес-процесса, р./г.;

$C_i \text{ДБП}$ – стоимость доходной части за счет повторного использования ТКО, как вторичного сырья, р./сут;

$C_i \text{ДБП}$ определяют только бизнес-процессы переработки ТКО, где в качестве вторичных природных ресурсов (вторичного сырья) выступают ТКО.

Стоимость бизнес-процессов $C_i \text{БП}$ – это полная себестоимость (то есть весь круг затрат: материальные, трудовые, машинные, включая управленческие).

Стоимость доходной части за счет повторного использования вторичных ресурсов $C_i \text{ДБП}$ будет представлять собой расчет между МПЗ и РЭО, когда МПЗ приобретает ТКО у РЭО (формула (5)). Эту стоимость можно приравнять к $C_{\text{ТВР}}$ – стоимости потребления вторичных природных ресурсов для конкретного бизнес-процесса, например, переработки ТКО. Такой подход интересен в случае сравнения стоимости всех бизнес-процессов регионального оператора с начислениями в

платежках, которые оплачивают, например, жильцы за вывоз ТКО.

$$C_{i\text{ДБП}} = M_{\text{ТКОпер}} \times C_{\text{ТКОпер}}, \quad (5)$$

где $C_{i\text{ДБП}}$ – стоимость доходной части за счет повторного использования ТКО, как вторичного сырья, р./сут;

$M_{\text{ТКОпер}}$ – масса ТКО, отправляемая на переработку, т/сут;

$C_{\text{ТКОпер}}$ – стоимость продажи 1 т на МПЗ, р./т.

Довольно сложную формулу с учетом количества загрязняющих элементов, состава этих элементов, который зависит от химического состава ТКО, токсичностью этих элементов и т.п. представляет расчет стоимости экологического ущерба по каждому УБП. В каждом УБП обращения с ТКО будут участвовать, как сами отходы, так и сопутствующие загрязнители атмосферы, воды и почвы, например, мусоровозы для перевозки ТКО из одного пункта в другой. Стоимость экологического ущерба можно рассчитать при помощи существующих методик [92; 90], либо по упрощенной для некоторых случаев методике [17]. Расчетные формулы для экологического ущерба приведены в таблице 2.2.

Для удобства расчетов полную стоимость ущерба всех бизнес-процессов обращения с ТКО можно представить в виде подстановки в формулу (4) выведенных выражений (таблица 2.3). В итоге получим расчетную формулу (7).

Таблица 2.2 – Формулы расчета экологического ущерба

1. Расчет экологического ущерба в денежном эквиваленте (упрощенная формула)	
$C_{i\text{УБП}} = \frac{C_{i\text{УАБП}} + C_{i\text{УВВП}} + C_{i\text{УПБП}}}{365} \quad (6)$	$C_{i\text{УАБП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения атмосферы, р./г., $C_{i\text{УВВП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения водных ресурсов, р./г., $C_{i\text{УПБП}}$ – стоимость ущерба от загрязнения почв, р./год
2. Стоимость экономического ущерба от загрязнения атмосферы	
$C_{i\text{УАБП}} = Y_A F M_A \Omega_{3A}$	Y_A – удельный ущерб, или ущерб, который наносится окружающей среде одной тонной конкретного загрязнителя, выброшенного в атмосферу за год, р. /т х г. F – коэффициент, учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере,

	M_A – приведенная масса годового выброса, усл.т / т. $\Omega_{ЗА}$ – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферы
3. Стоимость экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов	
$C_{iУВВП} = Y_B M_B \Omega_{ЗВ}$	Y_B – удельный ущерб, или ущерб, который наносится окружающей среде одной тонной конкретного загрязнителя, выброшенного в водоемы за год, р./ усл.т х г. M_B – приведенная масса годового выбросов водоемы, усл.т / т. $\Omega_{ЗВ}$ – коэффициент относительной опасности загрязнения акватории
4. Стоимость экономического ущерба от загрязнения почв	
$C_{iУПВП} = Y_P M_P \Omega_{ЦП}$	Y_P – удельный ущерб, который наносится почве при выбросе загрязнителя. Для ТКО коэффициент $Y_P = 3$, $\Omega_{ЦП}$ – показатель, который характеризует относительную ценность земельных ресурсов. Почвы делят на 4 категории. В соответствии с категорией выбирают коэффициент $\Omega_{ЦП}$ (таблица 2.3), M_P – приведенная масса годового выброса в почвы, усл.т / т.
5. Приведенная масса годового выброса	
$M_A = \sum_{j=1}^k A_j m_j$ $M_B = \sum_{j=1}^k B_j m_j$ $M_P = \sum_{j=1}^k P_j m_j$	$A_j / B_j / P_j$ – коэффициент относительной агрессивности, усл.т/т., или приведения примеси вида j_k конкретному загрязнителю, m_j – масса годового выброса, т.
6. Масса годового выброса	
$m_j = \sum_{j=1}^k N_j V_j$	N_j – концентрации j -го вещества в сточных водах, г/м ³ , V_j – объем годового сброса сточных вод, тыс. м ³ /г.

Источник: составлено автором

Таблица 2.3 – Показатель $\Omega_{ЦП}$ в зависимости от категории почв

Категория почв	$\Omega_{ЦП}$
Полесье и суглинки	0,5
Лесостепи	0,7
Черноземы	1,0
Орошаемые сельхоз.земли	2,0

$$C_{\text{УБП}} = \Omega_{\text{ЗА}} Y_{\text{АФ}} \sum_{j=1}^k A_j m_j + \Omega_{\text{ЗВ}} Y_{\text{В}} \sum_{j=1}^k B_j \sum_{j=1}^k N_j V_j + Y_{\text{П}} \Omega_{\text{ЗП}} \sum_{j=1}^k P_j m_j \quad (7)$$

Теперь для расчета стоимости УБП для любой формируемой территориальной схемы обращения с ТКО, которая будет учитывать экологический ущерб и возврат стоимости от вторичного использования продуктов переработки отходов, можно использовать формулу (4) с выведенной формулой стоимости экологического ущерба (7).

Предложенная методика удобна при ее использовании в специализированных цифровых системах моделирования БП [19; 109; 110], в которых реализуется ФСА.

Чем больше вторичного сырья из ТКО, тем меньше стоимость $C_{\text{БПТКО}}$ и тем меньше придется первичного сырья на изготовление товаров в ЭЗЦ. Получаемые вторичные продукты не всегда могут заменить первичные ресурсы, поэтому в диссертационной работе отмечаем только стоимостное замещение.

Выводы по второй главе

Во второй главе автором разработана цифровая имитационная модель типовых УБП комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и принципа включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО. Устойчивость такой модели основана на экономической оценке экологического ущерба УБП обращения с ТКО и экономической оценке полученных в результате переработки вторичных природных ресурсов взамен первичных в экономике замкнутого цикла. Для этого была сформирована типовая схема УБП комплекса обращения с ТКО. УБП классифицированы и формализованы. Классификация позволила системно исследовать проблемы экономического механизма управления комплексом обращения с ТКО, включающей стоимость экологического ущерба и стоимости продуктов переработки ТКО, вовлеченных в оборот.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) Разработана типовая схема УБП комплекса обращения с ТКО, в которой процессы классифицированы, формализованы и осуществлена их

структурная декомпозиция как основа для их функционально-стоимостного анализа и имитационного моделирования комплекса обращения с ТКО, что позволило выделить ключевые процессы для организации экономики замкнутого цикла, экономически обосновать различные способы обращения с ТКО.

2) Синтезирована типовая цифровая модель УБП обращения с ТКО с присвоением им показателей стоимости и продолжительности и обладающая способностью гибко адаптироваться к разным территориальным схемам обращения с ТКО на территории страны, в том числе с учетом возможности использования широкого набора экономических, организационных и экологических характеристик.

3) Предложена методика определения стоимости УБП, включающая стоимостную оценку экологического ущерба каждого УБП и их агрегацию, а также оценку дохода от включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО.

Глава 3 Развитие организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО на основе цифрового моделирования

3.1 Цифровое моделирование территориального комплекса обращения с ТКО

Разработанная цифровая имитационная модель типовых УБП комплекса обращения с ТКО с учетом положений предложенной методики расчета их стоимости принята за основу для разработки практических рекомендаций по развитию ОЭМ устойчивого управления комплексом обращения с ТКО.

Для достоверной верификации результатов имитационного моделирования были выбраны две схемы обращения с ТКО от различных источников накопления на территории Москвы и Московской области. Наиболее полными территориальными схемами, которые можно считать типовыми и использовать как экспериментальные площадки, можно считать схему обращения с ТКО Московского района Бирюлево-Восточное и аэропорта Домодедово в Московской области.

По данным ТСОО наибольшее образование ТКО происходит в Южном административном округе города Москвы (13 %) (рис. 3.1).

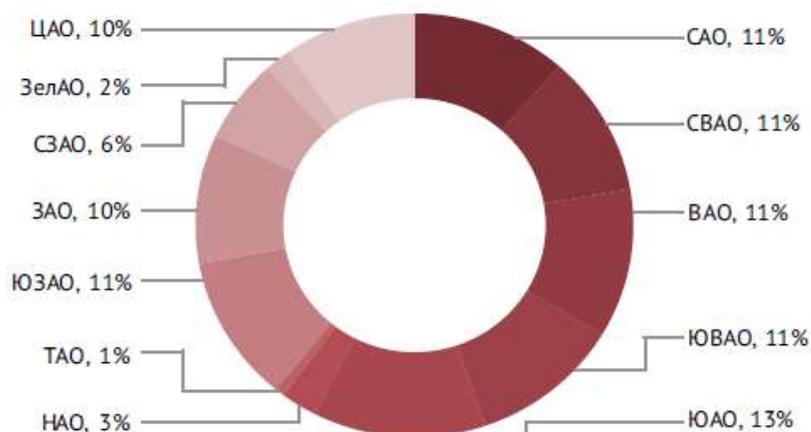


Рис. 3.1 – Образование твердых коммунальных отходов в административных округах города Москвы¹

¹данные территориальной схемы г.Москвы

Актуальные данные для цифровой модели БП загружались из электронной модели территориальной схемы обращения с отходами города Москвы¹. Рассматривались различные варианты, которые предусматривали электронные модели обращения с ТКО, которые накоплены отдельно и смешанно, в рамках вывоза исполнителями по государственным контрактам и региональным оператором. Приложении Г приведены примеры визуализации в геоинформационной системе электронной модели территориальной схемы обращения с отходами города Москвы объектов сбора, сортировки ТКО, а также основные маршруты и направления движения мусоровозов.

Кроме того, в электронной модели территориальной схемы обращения с отходами города Москвы [9] показаны расположения контейнеров для сбора ТКО (Приложение Г).

Места накопления твердых коммунальных отходов по району Бирюлево-Восточное указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Места накопления отходов в Бирюлево-Восточное

Административный округ	Район	Адрес
ЮАО	Бирюлево-Восточное	1-я Стекольная ул., д.7 к.15
		Элеваторная ул., д.13
		Липецкая ул., д.32, д.50 стр. 2
		Донбасская ул., д.1
		Ягодная ул., д.14
		Бирюлёвская ул., д.49 к.4 стр.2, д.38 стр.3

Источник: данные территориальной схемы г. Москвы

В результате анализа электронной модели ТСОО города Москвы и планов развития ТСОО Московской области был сделан прогноз развития на 2023 год,

¹Приложение № 1 к распоряжению Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы №01-01-14-590/19 от 26.12.2019

который тоже был учтен в моделировании УБП. На рис. 3.2 показана перспективная схема потоков отходов на территории Московской области к 2023 году.

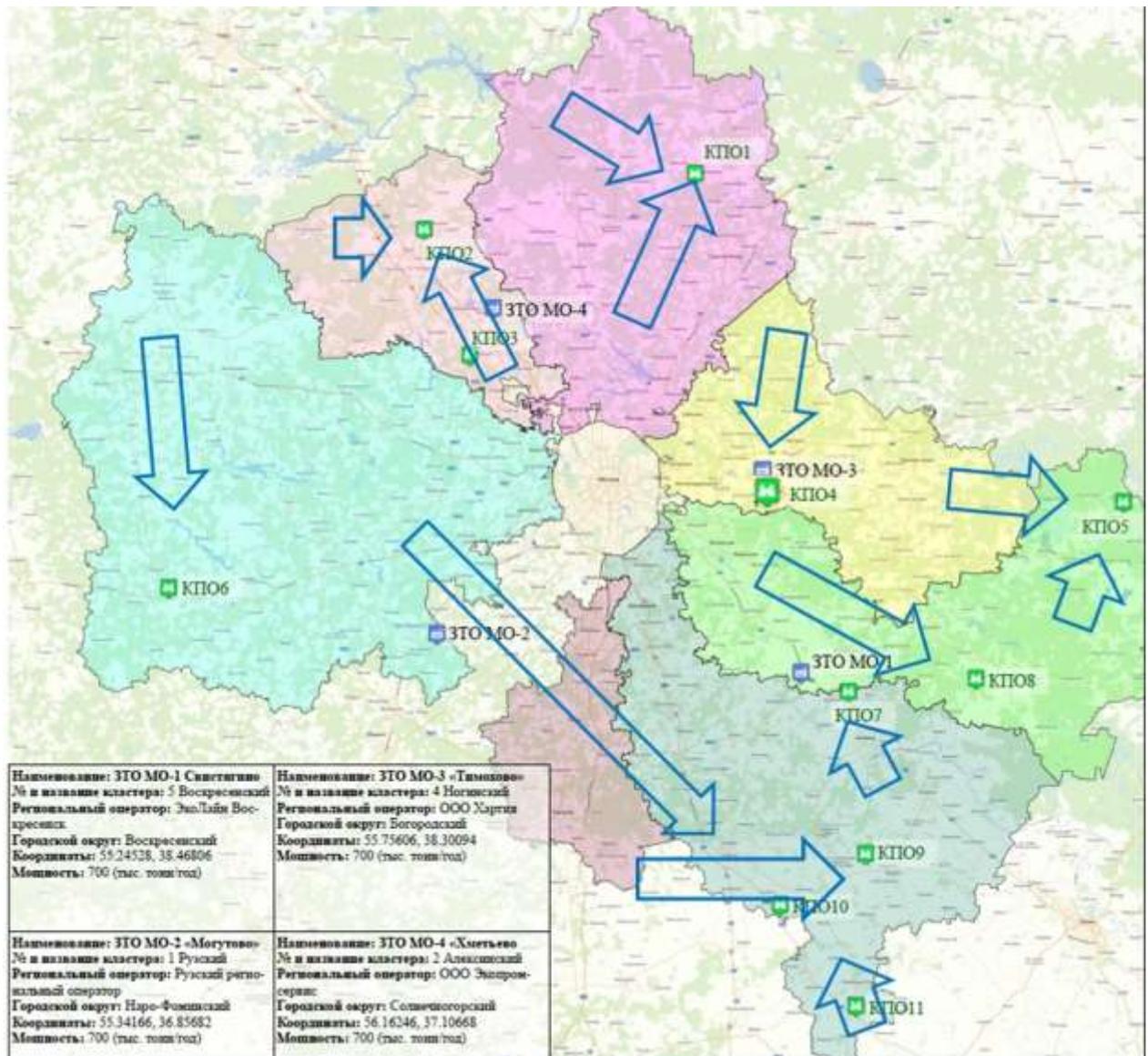


Рис. 3.2 – Перспективная схема потоков твердых коммунальных отходов на территории Московской области к 2023 году

Источник: данные территориальной схемы г. Москвы

Электронные данные с привязкой к геоинформационной системе позволили создать типовую территориальную схему УБП обращения с ТКО для Бирюлево-Восточное. На рис. 3.3 зеленым выделены основные УБП, желтым – организации, обеспечивающие выполнение БП.

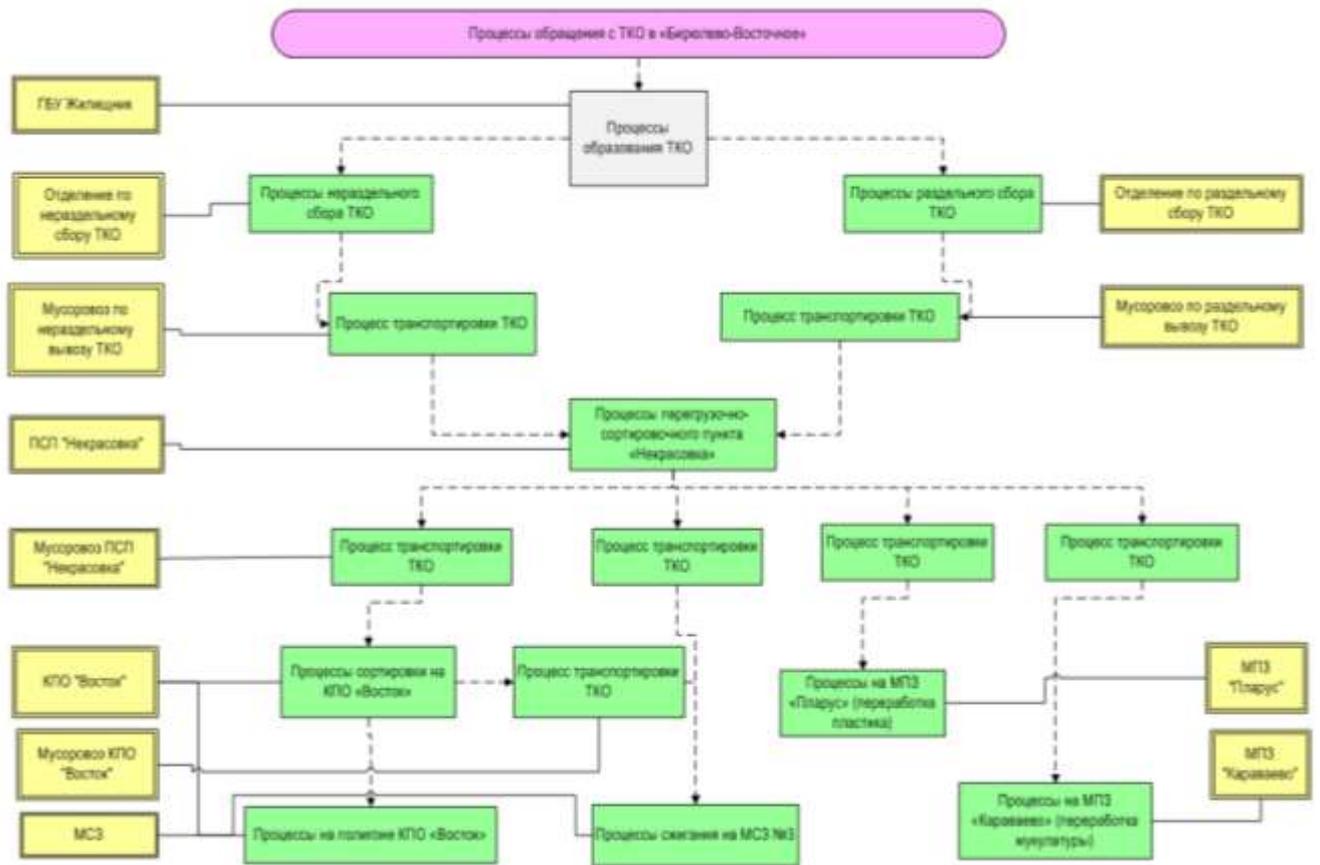


Рис. 3.3 – Предлагаемая территориальная схема устойчивых бизнес-процессов обращения с твердыми коммунальными отходами в Бирюлево-Восточном (имитационная модель)

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

Как видно на территориальной схеме УБП (рис. 3.3) нет завода по переработке стекла. Все заводы по переработке изделий из стекла находятся на значительной территориальной удаленности от выбранного округа, поэтому не добавлены на схему, что связано со значительной затратной частью. Если завод будет построен ближе к месту накопления отходов, то в территориальную схему будет добавлен еще один УБП со своей стоимостью. Так как схема гибкая, то она может учитывать любые изменения и варианты, однако от выбранного варианта будет зависеть стоимость всех БП.

Территориальная схема позволяет прогнозировать размещение объектов (заводов, пунктов сбора, переработки). Проблема обращения с отходами является ключевой в разрезе экологической ситуации не только в жилых домах, офисах и

других учреждениях, но и в аэропортах. Важность связана со значительным увеличением числа пассажиров и, как следствие, объемов образующихся отходов. В аэропортах образуются такие же по фракционному составу твердые коммунальные отходы (пластик, бумага, пищевые отходы).

Особенностью такого предприятия как аэропорт является неукоснительное соблюдение государственного законодательства и нормативных актов, касающихся всех процессов, в том числе и обращения с ТКО. Именно поэтому в качестве сравнительного подхода была создана территориальная схема УБП обращения с ТКО на примере аэропорта Домодедово (рис. 3.4). Аэропорт располагается в Подмоскowie, граничащем с ЮАО.

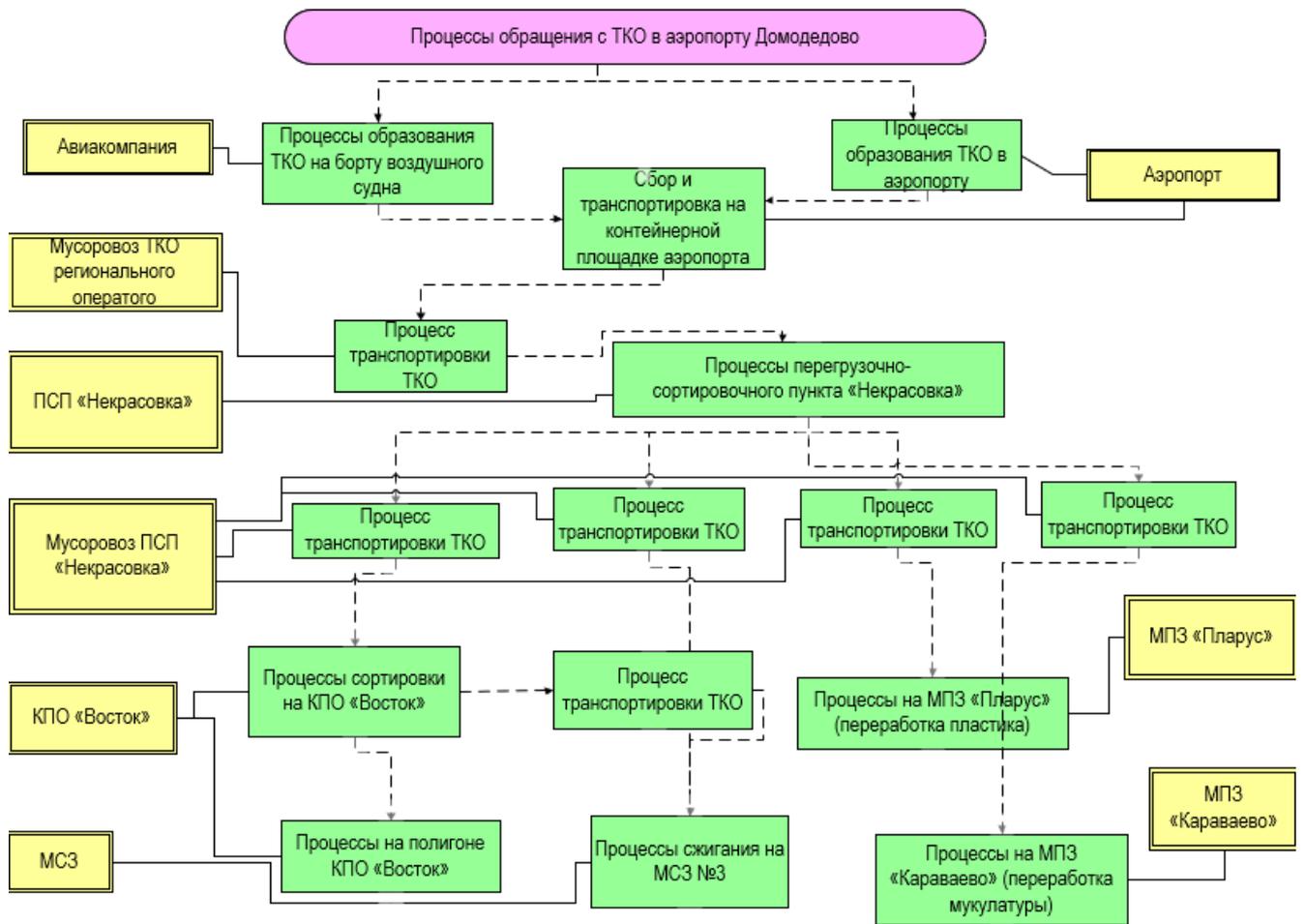


Рис. 3.4 – Предлагаемая территориальная схема устойчивых бизнес-процессов обращения с ТКО в аэропорту Домодедово (имитационная модель)

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

Аэропорт Домодедово достаточно крупный аэропорт, который способен обслуживать за сутки более 50 тыс. пассажиров, оставляющих за собой более 3000 м³ ТКО.

Для урбанизированных регионов это дополнительная нагрузка на экологию и даже на безопасность полетов. Так в 2019 году в Московской области совершил аварийную посадку пассажирский самолет в кукурузное поле из-за попадания чаек, которые взлетели с мусорного полигона. В случае с аэропортом большинство логистических БП затрагивают те же схемы, что и в Бирюлево-Восточном, так как пункты сортировки, переработки и утилизации принадлежат к той же территориальной схеме Московской области. Вместе с тем эта территориальная схема имеет и свои принципиальные особенности. Образование ТКО происходит в аэропорте с воздушных судов и аэропортовых организаций. Как правило, высокая и качественная организация любых бизнес-процессов в гражданской авиации связана с требованиями по обеспечению безопасности полетов. Это приводит к тому, что организовать, например, отдельный сбор ТКО на борту самолета можно директивно, что не вызовет дополнительных трудностей по выработке культуры отдельного сбора мусора у населения, как в многоквартирных домах. Как правило, авиакомпании заключают договор с аэропортом для вывоза отдельного мусора от самолетов до контейнерных площадок, но в некоторых случаях авиакомпании могут самостоятельно заключать договор с РЭО по вывозу ТКО.

Отходы образуются в аэропортах из различных источников. К основным относятся:

- a) отходы, образующиеся в результате питания на бортах воздушных судов;
- b) отходы, образующиеся в офисах аэропортов;
- c) торговые точки и рестораны;
- d) туалеты.

В таблице 3.2 перечислены места накопления и количество отходов в аэропорту Домодедово.

Таблица 3.2 – Нахождение мест накопления и количество отходов в аэропорту Домодедово

Наименование объекта	Категория объекта	Фактический адрес	Масса отходов, т/г.
Fashion Look	Торговый объект	М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 2 этаж	2,986
Fashion Style		М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 2 этаж	1,813
Frey Wille		М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 1 этаж	1,173
Swarovski		М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 1 этаж	3,626
Игрушки, товары для детей		М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, цокольный этаж	4,906
Московское время		М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 2 этаж	6,932
Пункты общественного питания (рестораны и киоски)	Объекты питания	М.О., г. Домодедово, территория «Аэропорт «Домодедово», стр.1, 2 этаж	10,542
ИТОГО	-	-	31,978

Источник: таблица составлена автором

В таблице 3.3. перечислены данные по расчету стоимости утилизации 1 м³ ТКО в аэропорту Домодедово.

Таблица 3.3 – Расчет стоимости утилизации 1 м³ ТКО в аэропорту Домодедово

Показатель	Ед. изм.	Значение	Расчет
Накоплено за год ТКО в аэропорту Домодедово за год	т/г.	31, 978	-
Накоплено за день ТКО в аэропорту Домодедово	т/сут	-	$31,978 / 365 = 0,0876$ т
Перевод т в м ³	-	$1 \text{ т} = 300 \text{ м}^3$	-
Накоплено за день ТКО в аэропорту	м ³ /сут	-	$0,0876 \times 300 = 26,28$ м ³ /сут
Стоимость утилизации за 1 м ³	р./м ³	1 300	-

Показатель	Ед. изм.	Значение	Расчет
Стоимость утилизации в аэропорту в день за м ³	-	-	26,28 x 1 300 = 34168 р./сут

Источник: таблица составлена автором

Апробация цифровой системы обращения с ТКО на примере территориальных схем Москвы и Московской области подтвердила практическую возможность гибкого имитационного моделирования различных вариантов обращения с ТКО с достаточной степенью достоверности.

3.2 Анализ и реинжиниринг устойчивых бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО

Эффективность системы управления комплексом ТКО во многом зависит от ОЭМ, который должен определять эффективное исполнение БП при рациональном распределении трудовых и материальных ресурсов. Разработанная в разделе 2.3 диссертации методика расчета стоимости УБП комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба заложена в цифровую модель и применена в аналитической системе ФСА.

Имитация бизнес-процессов обращения с ТКО для двух территориальных схем проводилась во временном интервале 24 ч, так как за этот промежуток времени один раз по расписанию вывозятся все ТКО со всех контейнерных площадок. На этом интервале времени можно увидеть работу всех УБП на всех уровнях и оценить их по стоимости и длительности. Стоимость каждого УБП увеличивается на стоимость соответствующего экологического ущерба, затем агрегируется в общую стоимость обращения ТКО за сутки. Общая стоимость бизнес-процессов обращения ТКО за сутки также зависит от доли переработанных ТКО. В этом случае, учет принципа экономики замкнутого цикла снижает общую стоимость бизнес-процессов за счет доходной части от производства вторичных продуктов.

Такой подход позволяет проанализировать УБП обращения с ТКО, учитывая экологический ущерб, и выполнить трансформацию процессов в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла. Трансформация УБП заключается в их улучшении за счет перераспределения основных потоков ТКО в процессы получения продуктов из вторичных природных ресурсов, что позволит снизить общее потребление природных ресурсов и реализовать общие принципы устойчивости экономики.

На рис. 3.7 при помощи цифровой модели визуализированы графически результаты проведенного ФСА для территориальной схемы Бирюлево-Восточное. Красным выделены процессы, которые наиболее затратны по деньгам и времени (ABC-анализ по принципу Парето), это:

- 1) процессы транспортировки ТКО;
- 2) процессы сортировки и на полигоне КПО «Восток»;
- 3) процессы сжигания на МСЗ № 3;
- 4) процессы на МПЗ «Пларус»;
- 5) процессы на МПЗ «Каравачево».

Несмотря на то, что процессы МПЗ попали в самые затратные даже с учетом оплаты региональному оператору за вторичные природные ресурсы, используемые при производстве товаров. Для организации ЭЗЦ количество и за счет этого стоимость вторичных ресурсов должны увеличиваться относительно первичных природных ресурсов (формула (8)). Вторичные природные ресурсы поступают на переработку в конкретной схеме обращения с ТКО. Именно поэтому в Национальном проекте «Экология» поставлена задача резко увеличить эту долю. При помощи цифровой имитационной модели можно прогнозировать рост экономического эффекта от организации экономики замкнутого цикла при существующих возможностях МПЗ, а также делать прогноз по строительству новых МПЗ.

$$O = (V_p / V) \times 100, \quad (8)$$

где O – доля ТКО, направленных на переработку, в общем объеме образованных ТКО, %;

V_p – количество ТКО, направленных на обработку за 24 часа, т/сут;

V – количество образованных ТКО, т/сут.

Прибыль перерабатывающих предприятий за счет производства товаров в данной схеме не учитывается, так как выходит за рамки УБП обращения с ТКО.

Процессы захоронения на полигоне также попали в перечень наиболее затратных. Однако здесь сильное влияние на стоимость оказывает экологический ущерб (формула (5)). Организация на полигоне УБП по получению вторичных источников энергии позволит несколько уменьшить стоимость за счет использования вторичных природных ресурсов, однако это не приведет к такому эффекту, как в процессах на МПЗ.

Наиболее оптимальная схема с системной позицией, которая учитывает и экологический ущерб, и вторичные природные ресурсы переработки, и общее снижение использования ресурсов в экономике замкнутого цикла (формула (2)) будет выглядеть простой последовательностью, которая зависит от конкретных возможностей территориальной схемы:

- a) отдельный сбор и вывоз большей части ТКО на МПЗ;
- b) утилизация неперерабатываемых ТКО на МСЗ;
- c) захоронение на полигонах несжигаемых ТКО.

В таблицах 3.4-3.5 и на рис. 3.5-3.6 приведена детализация результатов ФСА УБП обращения с ТКО в Бирюлево-Восточном в системе «Бизнес-инженер».

Таблица 3.4 – Расчет стоимости временных ресурсов комплекса обращения с ТКО в Бирюлево-Восточном

Код подпроцессов «Обращение с ТКО»	Время выпол., мин.	Ответственные за устойчивый бизнес-процесс	Стоим. ресурс., р./ч	Общая стоим. времен. ресурс., р.
В2.1.1.2. Процессы нераздельного сбора ТКО	1440	ГБУ Жилищник	13265	318360
В2.1.1.3. Процессы раздельного сбора ТКО	1440		1474	35376
В2.1.1.4. Процессы перегрузочно-	180	ПСП "Некрасовка"	117910	353730

Код подпроцессов «Обращение с ТКО»	Время выпол., мин.	Ответственные за устойчивый бизнес- процесс	Стоим. ресурс., р./ч	Общая стоим. времен. ресурс., р.
сортировочного пункта «Некрасовка»				
В2.1.1.5. Процессы на полигоне КПО «Восток»	1440	КПО "Восток"	88433	2122392
В2.1.1.6. Процессы сжигания на МСЗ №3	480	Мусоросжигательный завод	176865	1414920
В2.1.1.7. Процессы на МПЗ «Пларус» (переработка пластика)	480	Мусороперерабатывающий завод "Пларус"	88433	707464
В2.1.1.8. Процессы сортировки на КПО «Восток»	300	КПО "Восток"	88433	442165
В2.1.1.9. Процесс транспортировки ТКО	120	Региональный оператор ГУП «Экотехпром»	53056	106112
В2.1.1.10. Процесс транспортировки ТКО	120		477536	955072
В2.1.1.11. Процессы на МПЗ «Каравaeво» (переработка мукулатуры)	480	Мусороперерабатывающий завод "Каравaeво"	88433	707464
В2.1.1.12. Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз ПСП "Некрасовка"	56148	112296
В2.1.1.13. Процесс транспортировки ТКО	30	Мусоровоз ПСП "Некрасовка"	56148	28074
В2.1.1.14. Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз ПСП "Некрасовка"	56148	112296
В2.1.1.15. Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз ПСП "Некрасовка"	56148	112296
В2.1.1.16. Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз КПО "Восток"	176865	353730
ИТОГО	-	-	-	7881747

Источник: составлено автором с помощью программного продукта BPM

Таблица 3.5 – Стоимость и длительность организационных единиц в системе обращения с ТКО в Бирюлево-Восточном и его временных трудозатрат

Ответственный за устойчивый бизнес-процесс (организационная единица)	Стоимость, р.	Длительность, ч
МСЗ	594392	8,0
Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	463827	6,5
Авиапредприятие	413520	48,0
МПЗ «Пларус»	387648	8,0
МПЗ «Каравачево»	387648	8,0
Мусоровоз ТКО регионального оператора	387646	2,0
Мусоровоз КПО «Восток»	353730	2,0
КПО «Восток»	312272	29,0
ПСП «Некрасовка»	142713	3,0
Авиакомпания	103368	24,0
ИТОГО	3546764	138,5

Источник: таблица составлена автором с помощью программного продукта BPM

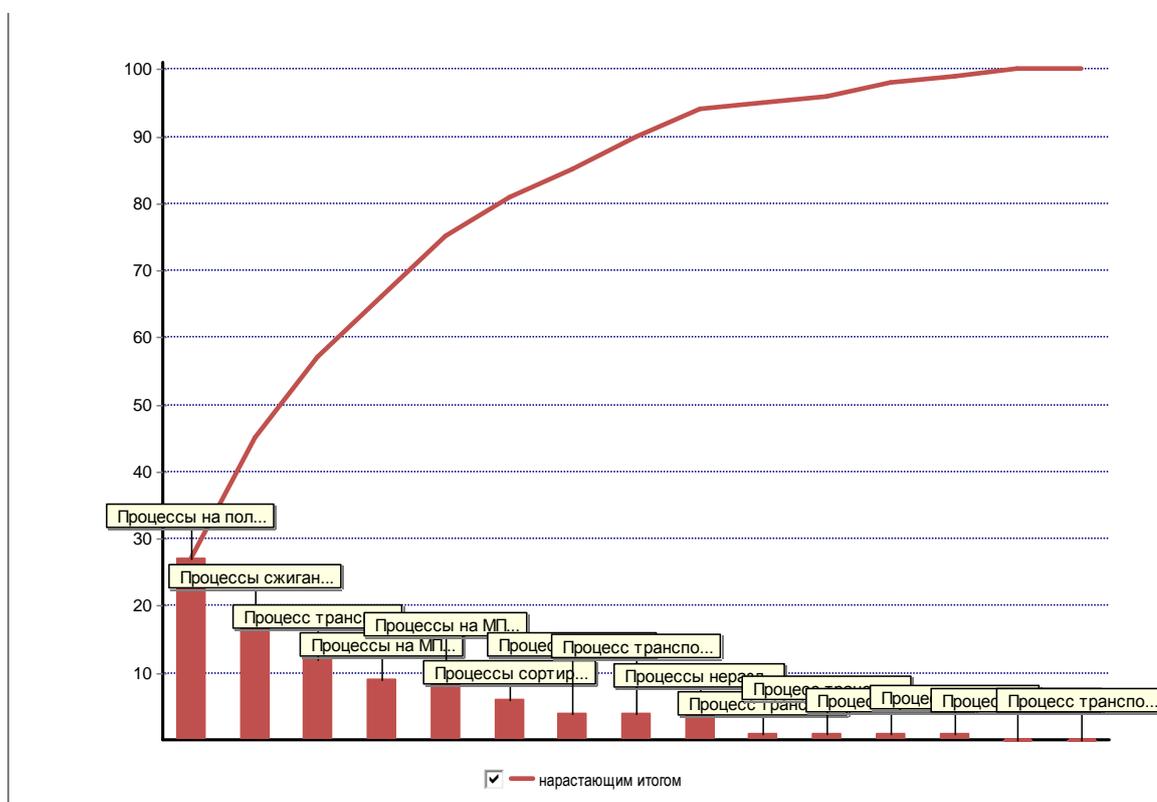


Рис. 3.5 – Стоимостная диаграмма процесса «Обращения с ТКО»

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

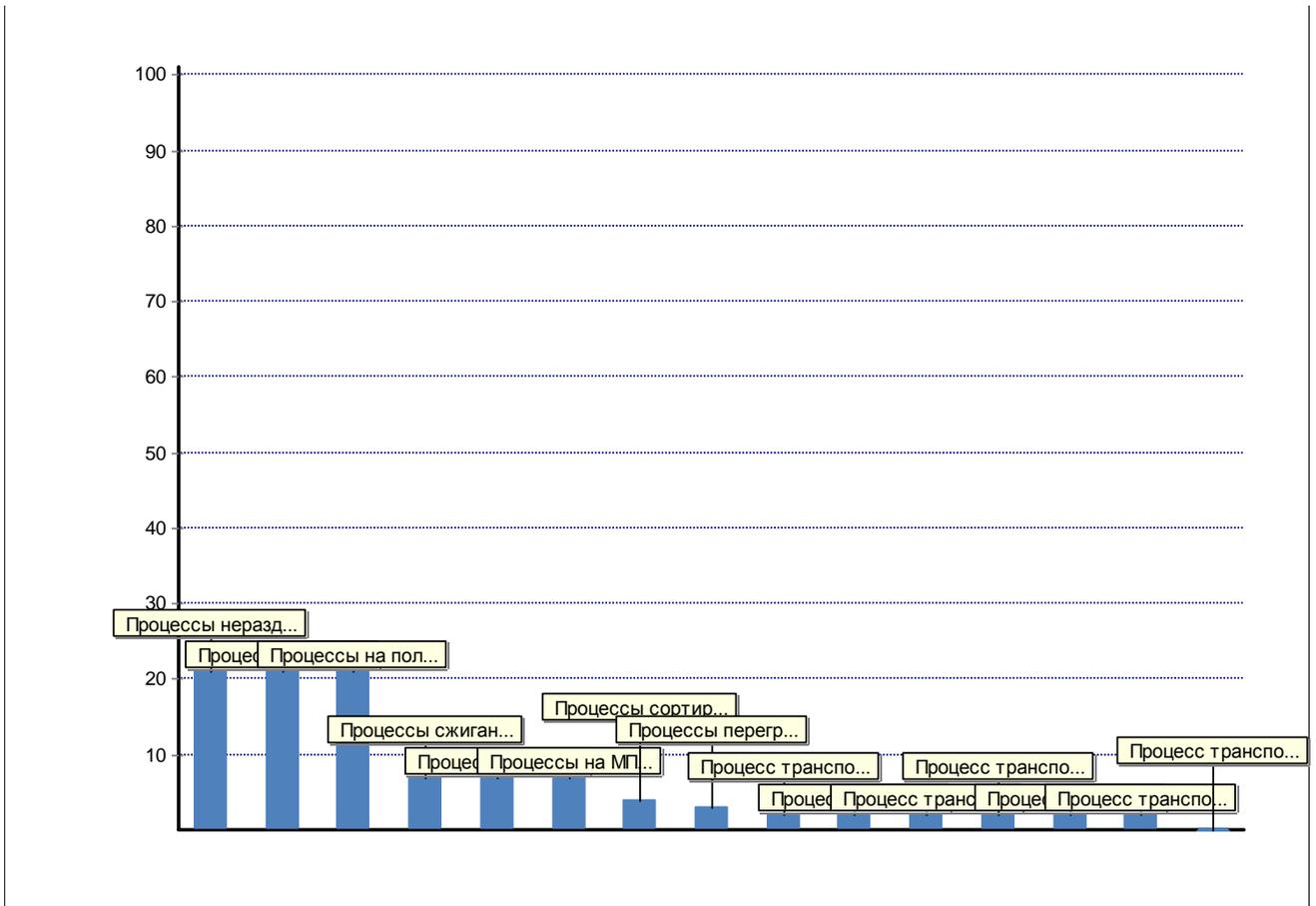


Рис. 3.6 – Временная диаграмма процесса «Обращение с ТКО»

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

В таблице 3.6 значения коэффициентов для расчета экологического ущерба территориальной схемы Бирюлево-Восточное, а в таблице 3.7 – расчет полной стоимости устойчивых бизнес-процессов.

На рис. 3.7 автоматизированный расчет функционально-стоимостного анализа для территориальной схемы Бирюлево-Восточное.

Таблица 3.6 – Коэффициенты для расчета экологического ущерба территориальной схемы Бирюлево-Восточное¹

Код бизнес-процесса	Удельный ущерб, наносимый 1 т конкретного загрязнителя, р./ усл.т х г.			Коэфф., учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере	Приведенная масса годового выброса в атмосферу, усл. т.	Коэфф. относ. Опасности загрязнения атмосферы	Приведенная масса годового выброса в водные ресурсы, усл. т.	Коэфф. относ. Опасности загрязнения водных ресурсов	Приведенная масса годового выброса в почву, усл. т.	Коэфф. относ. Опасности загрязнения почв
	Y _A	Y _B	Y _П							
B2.1.1.1.	7	5	3	1	311006	0,79	199783	0,72	210853	0,7
B2.1.1.2.	4	6	3	1	4106	0,82	3397	0,66	9469	0,7
B2.1.1.3.	5	3	3	1	3057	0,50	5769	0,30	1436	0,7
B2.1.1.4.	6	4	3	1	3467	0,62	4175	0,74	1265	0,7
B2.1.1.5.	4	5	3	1	3248	0,77	15464	0,68	8796	0,7
B2.1.1.6.	6	2	3	1	40586	0,69	45867	0,63	46964	0,7
B2.1.1.7.	5	4	3	1	76597	0,75	24529	0,80	77560	0,7
B2.1.1.8.	4	3	3	1	68740	0,71	49480	0,63	27582	0,7
B2.1.1.9.	3	2	3	1	15869	0,74	16968	0,69	12894	0,7
B2.1.1.10.	4	2	3	1	16367	0,84	4511	0,78	7590	0,7
B2.1.1.11.	3	5	3	1	11290	0,71	10168	0,66	1038	0,7
B2.1.1.12.	2	2	3	1	3640	0,78	2350	0,77	4682	0,7
B2.1.1.13.	2	1	3	1	10473	0,67	7538	0,58	2572	0,7

¹Согласно методическим рекомендациям Оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды: учеб.-метод. Пособие / В. С. Децук; Респ. Беларусь, Белорус. Гос. Ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 50 с.

Код бизнес-процесса	Удельный ущерб, наносимый 1 т конкретного загрязнителя, р./ усл.т х г.			Коэфф., учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере F	Приведенная масса годового выброса в атмосферу, усл. т. M _A	Коэфф. относ. Опасности загрязнения атмосферы $\Omega_{ЗА}$	Приведенная масса годового выброса в водные ресурсы, усл. т. M _B	Коэфф. относ. Опасности загрязнения водных ресурсов $\Omega_{ЗВ}$	Приведенная масса годового выброса в почву, усл. т. M _П	Коэфф. относ. Опасности загрязнения почв $\Omega_{ЦП}$
	Y _A	Y _B	Y _П							
B2.1.1.14.	3	4	3	1	42856	0,54	1579	0,60	1856	0,7
B2.1.1.15.	4	2	3	1	3389	0,50	2594	0,64	4286	0,7
B2.1.1.16.	3	2	3	1	7321	0,76	5394	0,68	2863	0,7

Источник: таблица составлена автором

Таблица 3.7 – Расчет стоимости устойчивых бизнес-процессов (УБП) по предлагаемой методике для территориальной схемы обращения с ТКО Бирюлево-Восточное

Код	Процесс и подпроцессы	Стоимость УБП р./сут C_i БП	Экологический ущерб, р./сут			Стоимость доходной части, р./сут C_i ДБП	Стоимость УБП, р./сут C_{Σ} ТКО
			Атмосфере $C_{iУАБП} = Y_A F M_A \Omega_{ЗА}$	Водным ресурсам $C_{iУВБП} = Y_B M_B \Omega_{ЗВ}$	Почвам $C_{iУПБП} = Y_P M_P \Omega_{ЗП}$		
В2.1.1.1.	Обращение с ТКО	4739897	1719863	719219	442792	-	7881747
В2.1.1.2.	Процессы нераздельного сбора ТКО	271555	13468	13452	19885	-	318360
В2.1.1.3.	Процессы раздельного сбора ТКО	19526	7643	5192	3016	-	35376
В2.1.1.4.	Процессы перегрузочно-сортировочного пункта «Некрасовка»	325818	12897	12358	2657	-	353730
В2.1.1.5.	Процессы на полигоне КПО «Восток»	2041339	10004	52578	18472	-	2122392
В2.1.1.6.	Процессы сжигания на МСЗ № 3	953296	168026	57792	442792	-	1414920
В2.1.1.7.	Процессы на МПЗ «Пларус» (переработка пластика)	178856	287239	78493	162876	100000	607464
В2.1.1.8.	Процессы сортировки на КПО «Восток»	95504	195222	93517	57922	-	442165
В2.1.1.9.	Процесс транспортировки ТКО	20390	35229	23416	27077	-	106112

Код	Процесс и подпроцессы	Стоимость УБП р./сут C_i БП	Экологический ущерб, р./сут			Стоимость доходной части, р./сут C_i ДБП	Стоимость УБП, р./сут $C_{\text{БПТКО}}$
			Атмосфере $C_{i\text{УАБП}}$ $= Y_A F M_A \Omega_{3A}$	Водным ресурсам $C_{i\text{УВБП}}$ $= Y_B M_B \Omega_{3B}$	Почвам $C_{i\text{УПБП}}$ $= Y_{\text{П}} M_{\text{П}} \Omega_{3\text{П}}$		
B2.1.1.10.	Процесс транспортировки ТКО	877103	54993	7037	15939	-	955072
B2.1.1.11.	Процессы на МПЗ «Каравеево» (переработка макулатуры)	647682	24048	33554	2180	98000	609464
B2.1.1.12.	Процесс транспортировки ТКО	93166	5678	3619	9832	-	112296
B2.1.1.13.	Процесс транспортировки ТКО	4267	14034	4372	5401	-	28074
B2.1.1.14.	Процесс транспортировки ТКО	35182	69427	3790	3898	-	112296
B2.1.1.15.	Процесс транспортировки ТКО	93197	6778	3320	9001	-	112296
B2.1.1.16.	Процесс транспортировки ТКО	323690	16692	7336	6012	-	353730

Источник: таблица составлена автором

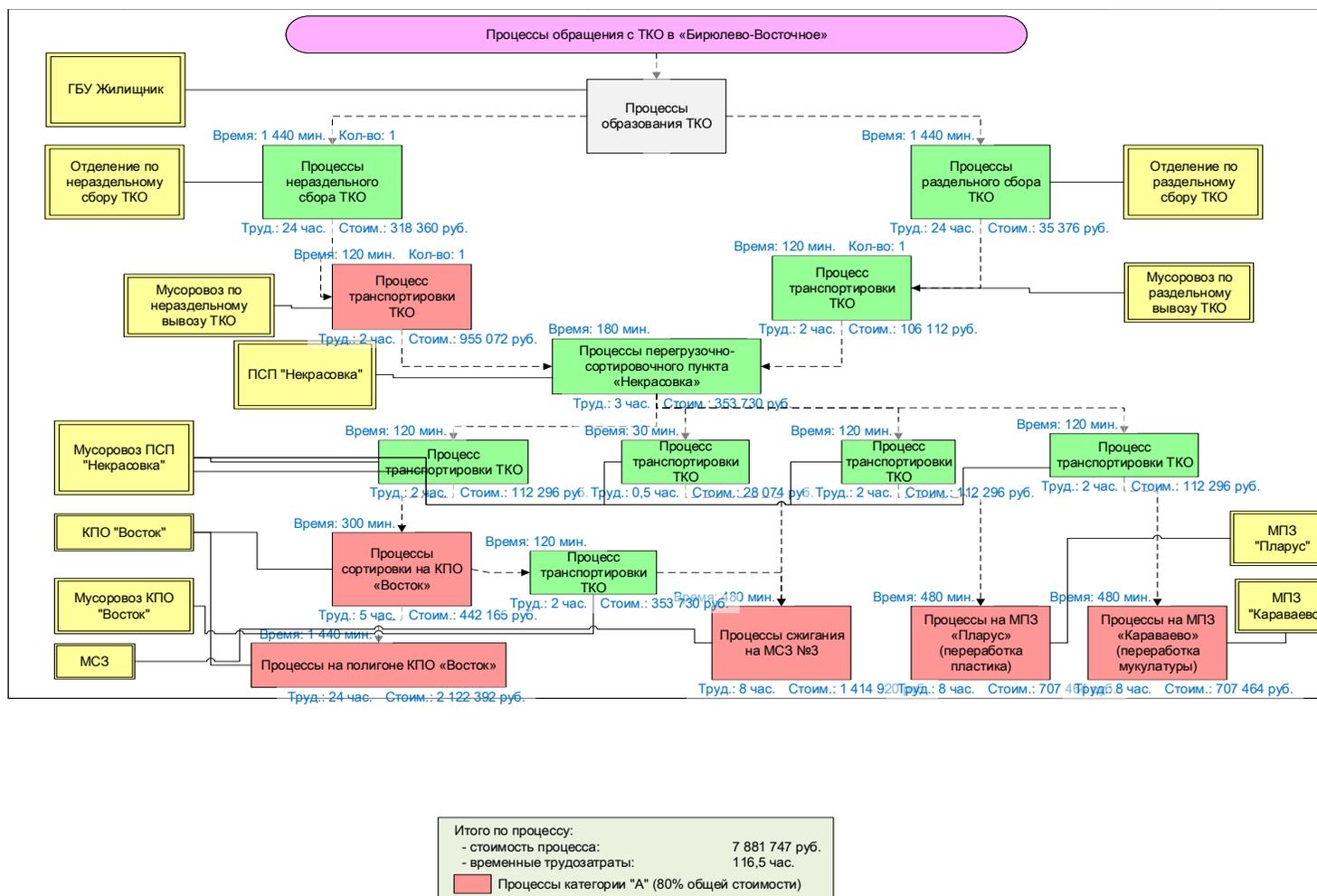


Рис. 3.7 – Результаты автоматизированного проведения ФСА и АВС-анализа устойчивых бизнес-процессов территориальной схемы Бирюлево-Восточное за сутки
 Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

Далее в цифровой модели проведен анализ бизнес-процессов обращения с ТКО в аэропорту Домодедово.

В таблицах 3.8-3.9 и на рис. 3.8-3.9 приведены подробные результаты функционально-стоимостного анализа системы обращения с ТКО в аэропорту Домодедово при помощи цифрового моделирования в системе «Бизнес-инженер».

Таблица 3.8 – Расчет стоимости временных ресурсов системы обращения с ТКО в аэропорту Домодедово

Код подпроцессов «Обращение с ТКО»	Время выпол., мин.	Ответственные за устойчивый бизнес-процесс	Стоим. ресурс., р./ч	Общая стоим. времен. ресурс., р.
В3.1.1.1 Сбор и транспортировка на контейнерной площадке аэропорта	1440	Авиапредприятие	8615	206760
В3.1.1.2 Процессы образования ТКО на борту воздушного судна	1440	Авиакомпания	4307	103368
В3.1.1.3 Процессы образования ТКО в аэропорту	180	Авиапредприятие	8615	206760
В3.1.1.4 Процессы перегрузочно-сортировочного пункта «Некрасовка»	1440	ПСП «Некрасовка»	47571	142713
В3.1.1.5 Процессы на полигоне КПО «Восток»	480	КПО «Восток»	10768	258432
В3.1.1.6 Процессы сжигания на МСЗ №3	480	МСЗ	74299	594392
В3.1.1.7 Процессы на МПЗ «Пларус» (переработка пластика)	300	МПЗ «Пларус»	48456	387648
В3.1.1.8 Процессы сортировки на КПО «Восток»	120	КПО «Восток»	10768	53840
В3.1.1.9 Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз ТКО регионального оператора	193823	387646
В3.1.1.10 Процессы на МПЗ «Каравaeво» (переработка	480	МПЗ «Каравaeво»	48456	387648

Код подпроцессов «Обращение с ТКО»	Время выпол., мин.	Ответственные за устойчивый бизнес-процесс	Стоим. ресурс., р./ч	Общая стоим. времен. ресурс., р.
мукулатуры)				
В3.1.1.11 Процесс транспортировки ТКО	120	Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	71358	142716
В3.1.1.12 Процесс транспортировки ТКО	30	Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	71358	35679
В3.1.1.13 Процесс транспортировки ТКО	1440	Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	71358	142716
В3.1.1.14 Процесс транспортировки ТКО	1440	Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	71358	142716
В3.1.1.15 Процесс транспортировки ТКО	1440	Мусоровоз КПО «Восток»	176865	353730
ИТОГО	-	-	-	3546764

Источник: таблица составлена автором с помощью программного продукта BPM

Таблица 3.9 – Стоимость и длительность организационных единиц системы обращения с ТКО в аэропорту Домодедово

Ответственный за устойчивый бизнес-процесс (организационная единица)	Стоимость, р.	Длительность, ч
МСЗ	594392	8,0
Мусоровоз ПСП «Некрасовка»	463827	6,5
Авиапредприятие	413520	48,0
МПЗ «Пларус»	387648	8,0
МПЗ «Караваево»	387648	8,0
Мусоровоз ТКО регионального оператора	387646	2,0
Мусоровоз КПО «Восток»	353730	2,0
КПО «Восток»	312272	29,0
ПСП «Некрасовка»	142713	3,0
Авиакомпания	103368	24,0
ИТОГО	3546764	138,5

Источник: таблица составлена автором с помощью программного продукта BPM

В таблице 3.9 представлены коэффициенты для расчета экологического

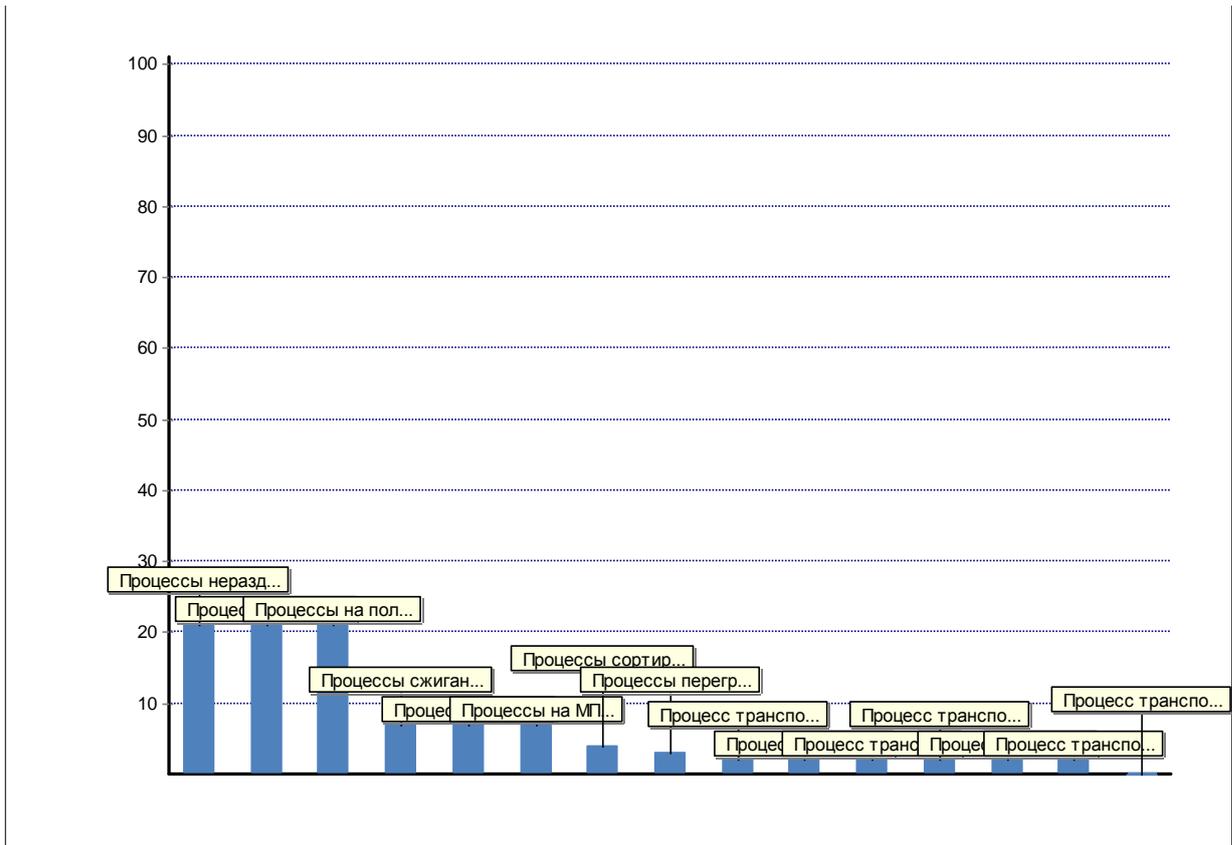


Рис. 3.9 – Временная диаграмма процесса «Обращение с ТКО в аэропорту»

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

ФСА показал, что здесь также процессы МПЗ попали в затратные даже с учетом получения прибыли от продажи вторичных продуктов, поэтому в соответствии с формулой 10 доля, которая поступает на переработку должна быть увеличена. Соответственно в этой же территориальной схеме целесообразно открытие и новых МПЗ.

Процессы захоронения здесь организованы на тех же полигонах с таким же экологическим ущербом (формула (8)).

Анализ организации УБП обращения с ТКО в аэропорту Домодедово подтверждает оптимальную схему, учитывающую экологический ущерб и вторичные продукты переработки с точки зрения устойчивости:

- a) раздельный сбор и вывоз большей части ТКО на МПЗ;
- b) утилизация неперерабатываемых ТКО на МСЗ;
- c) захоронение на полигонах несжигаемых ТКО.

Таблица 3.10 – Коэффициенты для расчета экологического ущерба территориальной схемы аэропорта Домодедово¹

Код бизнес-процесса	Удельный ущерб, наносимый 1 т конкретного загрязнителя, р./ усл.т х г.			Коэфф., учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере	Приведенная масса годового выброса в атмосферу, усл. т.	Коэфф. относ. опасности загрязнения атмосферы	Приведенная масса годового выброса в водные ресурсы, усл. т.	Коэфф. относ. опасности загрязнения водных ресурсов	Приведенная масса годового выброса в почву, усл. т.	Коэфф. относ. опасности загрязнения почв
	Y _A	Y _B	Y _П							
V3.1.1.	7	5	3	1	115970	0,79	110666	0,72	96860	0,7
V3.1.1.1.	4	6	3	1	1952	0,82	10654	0,66	9469	0,7
V3.1.1.2.	5	3	3	1	7652	0,50	5769	0,30	1436	0,7
V3.1.1.3.	6	4	3	1	2145	0,62	1475	0,74	3856	0,7
V3.1.1.4.	4	5	3	1	3154	0,77	1546	0,68	8796	0,7
V3.1.1.5.	6	2	3	1	6154	0,69	3627	0,63	2512	0,7
V3.1.1.6.	5	4	3	1	7597	0,75	2450	0,80	7760	0,7
V3.1.1.7.	4	3	3	1	6740	0,71	4948	0,63	2782	0,7
V3.1.1.8.	3	2	3	1	5789	0,74	3569	0,69	7845	0,7
V3.1.1.9.	4	2	3	1	16837	0,84	9451	0,78	7390	0,7
V3.1.1.10	3	5	3	1	15129	0,71	10156	0,66	12038	0,7
V3.1.1.11	2	2	3	1	6480	0,78	10850	0,77	4682	0,7
V3.1.1.12	2	1	3	1	8473	0,67	7538	0,58	2572	0,7

¹Согласно методическим рекомендациям Оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды: учеб.-метод. Пособие / В. С. Децук; Респ. Беларусь, Белорус. Гос. Ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 50 с.

Код бизнес-процесса	Удельный ущерб, наносимый 1 т конкретного загрязнителя, р./ усл.т х г.			Коэфф., учитывающий поправку на характер рассеяния примеси в атмосфере F	Приведенная масса годового выброса в атмосферу, усл. т. M _A	Коэфф. относ. опасности загрязнения атмосферы Ω _{ЗА}	Приведенная масса годового выброса в водные ресурсы, усл. т. M _B	Коэфф. относ. опасности загрязнения водных ресурсов Ω _{ЗВ}	Приведенная масса годового выброса в почву, усл. т. M _П	Коэфф. относ. опасности загрязнения почв Ω _{ЦП}
	Y _A	Y _B	Y _П							
ВЗ.1.1.13	3	4	3	1	3285	0,54	4427	0,60	1805	0,7
ВЗ.1.1.14	4	2	3	1	12096	0,50	10548	0,64	2458	0,7
ВЗ.1.1.15	3	2	3	1	12487	0,76	23658	0,68	21459	0,7

Таблица 3.11 – Расчет стоимости устойчивых бизнес-процессов (УБП) по предлагаемой методике для территориальной схемы обращения с ТКО аэропорта Домодедово

Код	Процесс и подпроцессы	Стоимость УБП р./сут C_i БП	Экологический ущерб, р./сут			Стоимость доходной части, р./сут C_i ДБП	Стоимость УБП, р./сут C_{Σ} БПТКО
			Атмосфере $C_{iУАБП}$ $= Y_A F M_A \Omega_{3A}$	Водным ресурсам $C_{iУВБП}$ $= Y_B M_B \Omega_{3B}$	Почвам $C_{iУПБП}$ $= Y_{\Pi} M_{\Pi} \Omega_{3\Pi}$		
В3.1.1.	Обращение с ТКО в аэропорту	2303648	641312	398398	203407	-	3546764
В3.1.1.1.	Сбор и транспортировка на контейнерной площадке аэропорта	138283	6403	42190	19885	-	206760
В3.1.1.2.	Процессы образования ТКО на борту воздушного судна	76030	19130	5192	3016	-	103368
В3.1.1.3.	Процессы образования ТКО в аэропорту	186317	7979	4366	8098	-	206760
В3.1.1.4.	Процессы перегрузочно-сортировочного пункта «Некрасовка»	109271	9714	5256	18472	-	142713
В3.1.1.5.	Процессы на полигоне КПО «Восток»	223110	25476	4570	5276	-	258432
В3.1.1.6.	Процессы сжигания на МСЗ №3	541767	28489	7840	16296	-	594392
В3.1.1.7.	Процессы на МПЗ «Пларус» (переработка пластика)	353312	19142	9352	5842	93000	294648
В3.1.1.8.	Процессы сортировки на КПО	19589	12852	4925	16475	-	53840

Код	Процесс и подпроцессы	Стоимость УБП р./сут C_i БП	Экологический ущерб, р./сут			Стоимость доходной части, р./сут C_i ДБП	Стоимость УБП, р./сут $C_{\text{БПТКО}}$
			Атмосфере $C_{i\text{УАБП}} = Y_A F M_A \Omega_{3A}$	Водным ресурсам $C_{i\text{УВБП}} = Y_B M_B \Omega_{3B}$	Почвам $C_{i\text{УПБП}} = Y_{\text{П}} M_{\text{П}} \Omega_{3\text{П}}$		
	«Восток»						
В3.1.1.9.	Процесс транспортировки ТКО	300811	56572	14744	15519	-	387646
В3.1.1.10	Процессы на МПЗ «Караваяво» (переработка макулатуры)	296629	32225	33515	25280	79000	308648
В3.1.1.11	Процесс транспортировки ТКО	106066	10109	16709	9832	-	142716
В3.1.1.12	Процесс транспортировки ТКО	14552	11354	4372	5401	-	35679
В3.1.1.13	Процесс транспортировки ТКО	122979	5322	10625	3791	-	142716
В3.1.1.14	Процесс транспортировки ТКО	99861	24192	13501	5162	-	142716
В3.1.1.15	Процесс транспортировки ТКО	248021	28470	32175	45064	-	353730

Источник: таблица составлена автором

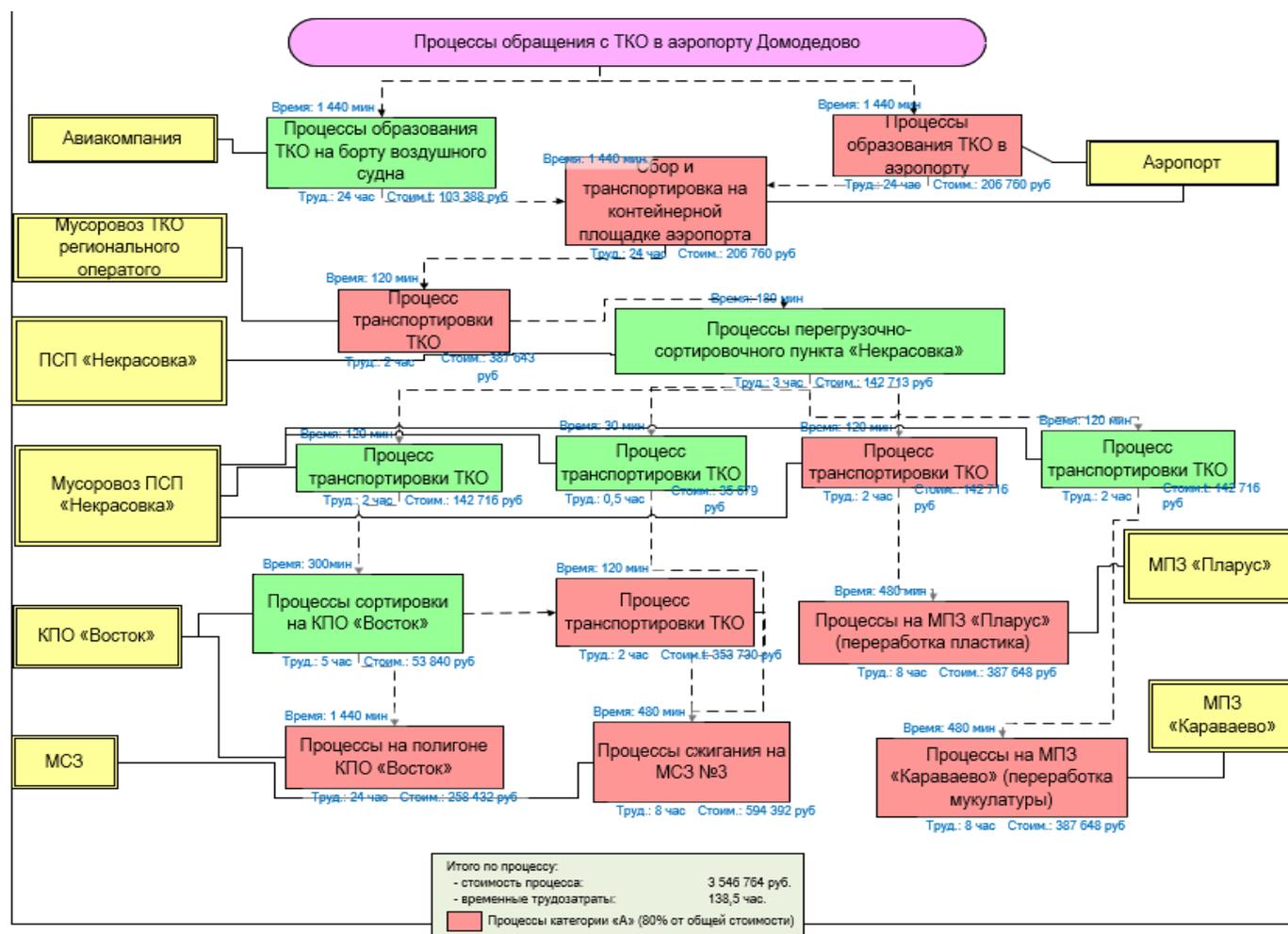


Рис. 3.10 – Результаты автоматизированного проведения ФСА и АВС-анализа устойчивых бизнес-процессов территориальной схемы аэропорта Домодедово за сутки

Источник: рисунок составлен автором с помощью программного продукта BPM

Предложенная цифровая аналитическая имитационная модель позволяет экономически обоснованно трансформировать УБП комплекса обращения с ТКО в модель экономики замкнутого цикла с учетом рационального природопользования.

Основу такой трансформации составит постепенный переход на отдельный сбор ТКО и на их последующую отдельную переработку. То есть эта модель дает нам приоритеты – куда надо направлять ТКО.

3.3 Разработка практических рекомендаций по развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО

С 2019 года практически во всех регионах изменилась система обращения с отходами, изменился платеж для населения за удаление ТКО, были избраны и начали работу РЭО, которые организуют обращение с отходами в соответствии с принятыми в каждом субъекте РФ территориальными схемами обращения с отходами.

Тариф на обработку ТКО учитывается в расчете единого тарифа на услугу РЭО по обращению с ТКО. От того, насколько эффективные технологии обработки будут использоваться, будет зависеть и конечный платеж потребителя. То есть, чем больше доля извлекаемых вторичных ресурсов, чем лучше качество сырья, идущего после обработки на последующую утилизацию, тем инвестиционная составляющая такого объекта обработки меньше влияет на увеличение тарифа и платежа потребителя.

По результатам проведенного сравнения двух территориальных схем можно сделать вывод, что фракционный состав ТКО не отличается. Кроме того объемы образования отходов также в двух примерах достаточно велики. В связи с эпидемиологической обстановкой в стране пассажиропоток аэропорта уменьшился, но отходы образуются все равно.

Отличается подход по организации системы управления: в аэропорту все УБП строго регламентированы, и выстраиваются более качественно за счет

директивных методов управления, чем в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Для того, чтобы реализовать экономику замкнутого цикла, нужно уменьшить количество общих отходов, отправляя большее количество отходов на переработку. Чем больше отходов будет уходить на переработку, тем дешевле будут становиться УБП в системе управления комплексом обращения с ТКО и тем меньше будет общих ресурсов потребления, но с использованием экономических регуляторов.

Кроме того, нужно учитывать, что в потоки ТКО входят дополнительно отходы от использования товаров (ОИТ), за которые отвечает региональный оператор. РЭО выстраивает потоки ТКО, включая ОИТ, в соответствии с территориальными схемами. При этом региональный оператор не заинтересован в увеличении объемов смешанных отходов, поскольку тарифы на услугу регионального оператора формируются исходя из объема или массы вывезенных ТКО, независимо от того, смешанные это или отдельно собранные ТКО. При установлении единого тарифа на услугу регионального оператора не учитываются его затраты на утилизацию ТКО, за исключением затрат на энергетическую утилизацию. Более того, доходы от всего реализованного вторичного сырья, которое получено в результате сортировки отходов, должны быть учтены при формировании тарифа. То есть тариф должен быть снижен ровно на ту сумму, которую получил региональный оператор от реализации вторичного сырья. Между тем, РЭО сообщает, что, если следовать отдельному сбору ТКО, то возрастают расходы. И это никак не учтено в тарифе в платежах ЖКХ. Подавляющая часть упаковки теряет свои потребительские качества при попадании в ТКО и уже не может быть извлечена из смешанных отходов, а если будет извлечена, то обеспечение утилизации значительно удорожается из-за её загрязнения.

В РФ ответственность за выполнение нормативов утилизации, предоставление достоверной отчетности и выполнение нормативов утилизации несёт только производитель, импортёр товаров и упаковки. Напрямую требования законодательства в области обращения с отходами от использования товаров не

ущерба уменьшается при организации процессного подхода.

2) Стоимость отдельных БП может увеличиваться при условии, если доля перерабатываемых ТКО увеличивается.

3) Доля перерабатываемых ТКО увеличивается при увеличении детализации разделения отходов.

4) При увеличении доли перерабатываемых ТКО увеличивается количество вторичных природных ресурсов и уменьшается количество первичных природных ресурсов, что вписывается в принципы построения экономики замкнутого цикла.

5) При увеличении доли перерабатываемых ТКО общее количество потребления природных ресурсов в экономике замкнутого цикла снижается.

6) При системной организации УБП обращения с ТКО устанавливается баланс между стоимостью БП и принципами устойчивого развития в экономике замкнутого цикла.

7) Налоговые, тарифные и корпоративные решения стимулирования переработки ТКО должны опираться на экономически обоснованные показатели, полученные с применением интеллектуальных информационных систем.

8) В силу большой вариативности территориальных схем и огромных потоков данных экономически обоснованные решения по устойчивому развитию должны приниматься при помощи современных алгоритмов искусственного интеллекта обработки больших данных, образующихся в комплексе обращения с ТКО.

В соответствии с новыми методическими подходами к организации бизнес-процессов комплекса обращения с ТКО на рис. 3.12 представлена схема устойчивой трансформации БП, которая учитывает экологический ущерб и вторичные природные ресурсы для производства новых отходов общей схеме ЭЗЦ.

В этой схеме количество V_p из общего объема V (формула (9)), либо доля O (формула (9)) должны максимально увеличиваться, количество V_c должно уменьшаться в перспективе (на первых этапах может возрасти с целью уменьшения V_3), а доля V_3 должна максимально уменьшаться в любом случае за счет

относительного увеличения V_p и V_c .

$$V = V_p + V_c + V_z, \quad (9)$$

где V – количество образованных ТКО за 24 часа, тонн;

V_p – вывоз на МПЗ большей части собранных отдельным способом фракций ТКО;

V_c – сжигание на МСЗ неперерабатываемых фракций ТКО;

V_z – захоронение на полигоне несжигаемых фракций ТКО.

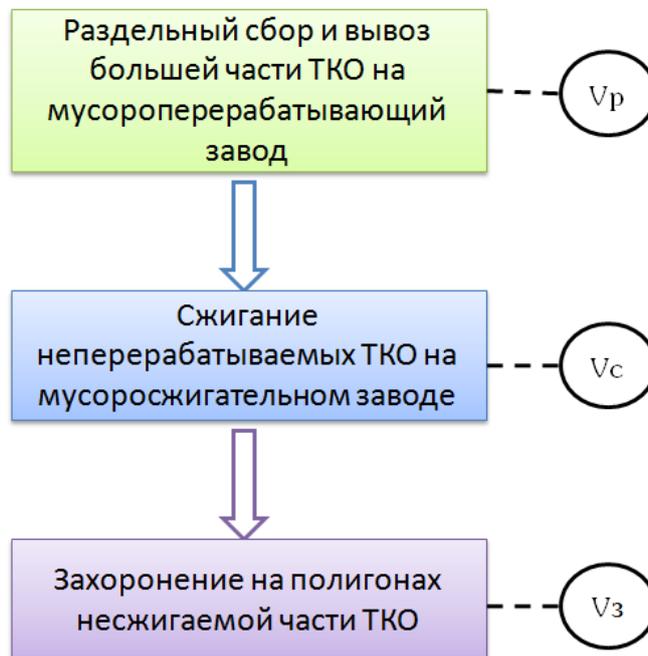


Рис. 3.12 – Схема устойчивой трансформации бизнес-процессов обращения с твердыми коммунальными отходами

Источник: рисунок составлен автором

С точки зрения рационального природопользования и ЭЗЦ перерабатываться должны все ТКО и только те, что не могут быть переработаны, должны утилизироваться методом сжигания. На захоронение должны поступать только неперерабатываемые, несжигаемые ТКО и твердые продукты сжигания, если их невозможно снова использовать для производства ВМР.

С уже ранее накопленными ТКО на полигонах целесообразно организовать процессы рекультивации, что в целом повысит эффективность использования УБП обращения с ТКО. ОЭМ устойчивого управления комплексом обращения с ТКО

должен опираться на рациональное природопользование за счет учета экологического ущерба и организации экономики замкнутого цикла.

Изначально УБП накопления смешанных и отдельных ТКО отличаются в цене на 10 %, так как инфраструктура для отдельного сбора более затратная (требуются больше контейнеров, большие площадки для контейнеров), однако общая стоимость с учетом экологического ущерба для смешанного накопления в 2022 году значительно выше за счет того, что доля смешанных отходов в этом случае составляет 90 %. Следуя обозначенной трансформации УБП видно, что стоимость отдельного накопления будет стремительно расти и к 2030 году достигнет плановых значений доли V_p в 60 %.

Такая же динамика наблюдается и для БП транспортировки смешанных и отдельных ТКО. Отличие лишь в том, что затраты на мусоровозы для отдельного вывоза ТКО ориентировочно на 30 % выше.

Стоимость бизнес-процессов на перегрузочно-сортировочном комплексе в предложенной парадигме уменьшится за счет того, что доля ТКО, требуемых сортировки тоже уменьшится за счет отдельного сбора. Однако здесь следует заметить, что такое развитие событий идеализированно и больше подходит для более дисциплинированного подхода отдельного сбора мусора в аэропорту. Для жилых районов, учитывая медленное привыкание населения к сортировке мусора, на пункты сортировки может возлагаться большая нагрузка и уменьшаться она будет по мере выработки культуры отдельного сбора у населения. Такие БП трудно прогнозируемые.

Стоимость УБП на полигоне захоронения ТКО по мере трансформации должна стремительно уменьшаться, однако модель учитывает затратные процессы рекультивации, а также выработки на полигонах таких вторичных ресурсов, как газ, которые могут давать добавленную стоимость.

Процессы сжигания требуют больших экологических платежей за выброс в атмосферу, что в разработанной модели выражается в большом экологическом ущербе.

Описанная общая динамика трансформации УБП комплекса обращения с

ТКО (рис. 3.12) в цифровой модели должна анализироваться с точки зрения интересов участников этого комплекса и их взаимодействия (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Интерес основных сторон комплекса обращения с твердыми коммунальными отходами

Участник комплекса обращения с ТКО	Интерес
Государство	организация рационального природопользования за счет уменьшения экологического ущерба и снижения использования первичного сырья для производства товаров в экономике замкнутого цикла
Регион	решение проблем несанкционированных свалок и уменьшение размеров полигонов захоронения ТКО
Товаропроизводитель	заинтересованность снижения затрат на сырье за счет увеличения доли вторичного сырья в производстве товаров
Жильцы и организации, производящие ТКО	интерес к снижению платы за вывоз ТКО
Региональный оператор	интерес к снижению издержек за счет организации эффективного взаимодействия и непрерывного улучшения устойчивых бизнес-процессов по обращению с ТКО
Предприятие по переработке и утилизации ТКО	

Источник: составлена автором

Проанализируем организацию УБП обращения с ТКО с точки зрения интересов РЭО на примере ТСОО Бирюлево-Восточное. РЭО является ключевым звеном между жильцами, организациями производящими ТКО и предприятиями по захоронению, утилизации и переработке ТКО. Для РЭО часть УБП будут затратными, а часть доходными. Перераспределение стоимостей будет зависеть от перераспределения потоков ТКО по формуле (9). К затратным УБП будут относиться все процессы РЭО плюс плата за захоронение на полигоне и сжигание на МСЗ. Таких процессов большинство на 2022 год для регионального оператора. К доходным – УБП продажи ТКО на МПЗ, как вторичных природных ресурсов для производства товаров.

На рис. 3.13 представлены ответственные за УБП и их возможные экономические регуляторы предлагаемой схемы устойчивой трансформации.

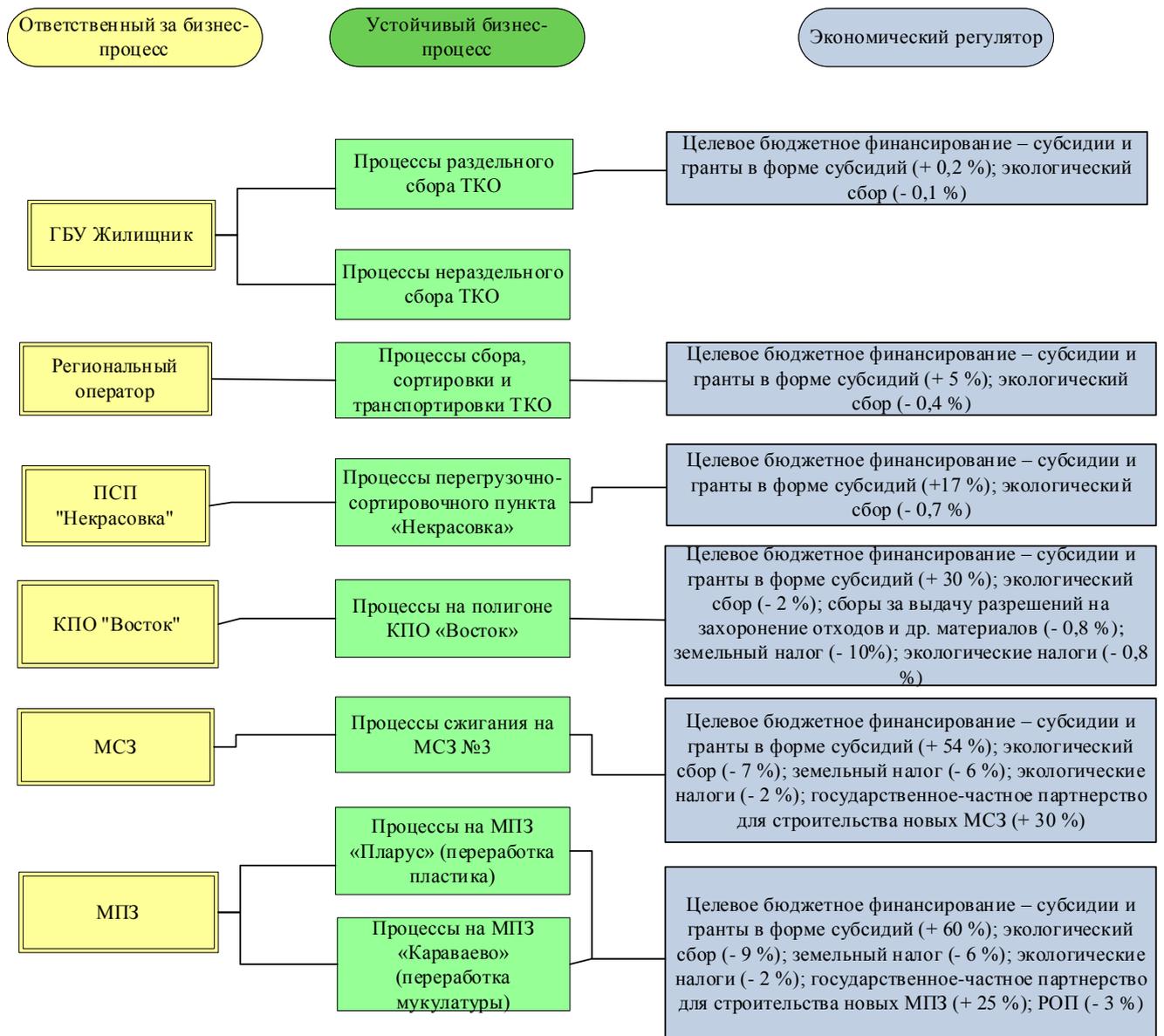


Рис. 3.13 – Схема экономических регуляторов устойчивых бизнес-процессов

Примечание: экономический регулятор отражен в % от стоимости соответствующих УБП
 Источник: составлен автором

Схема экономических регуляторов устойчивых бизнес-процессов составлена с указанием процентов увеличения (+) или уменьшения (-) их стоимости с точки зрения ответственных за процесс.

С точки зрения РЭО стоимость УБП рассчитывалась по формуле (4). В таблице 3.13 отражена интерполированная стоимость бизнес-процессов с учетом экологического ущерба в динамике увеличения доли перерабатываемых ТКО V_p на 2022 год – 10 %, на 2024 год – 36 % и 2030 год – 60 % в соответствии с прогнозными значениями, определенными в Национальном проекте «Экология».

Таблица 3.13 – Интерполированная стоимость устойчивых бизнес-процессов с учетом экологического ущерба в динамике увеличения доли перерабатываемых твердых коммунальных отходов разрезе интересов регионального оператора, р.

Наименование устойчивого бизнес-процесса	Стоимость по годам, р./сут		
	2022	2024	2030
	Vp 10%	Vp 36%	Vp 60%
Процессы нераздельного накопления	318360	226387	141492
Процессы раздельного накопления	35376	127343	212238
Процессы транспортировки	1779876	2313839	3007990
Процессы сортировки	795895	716306	644675
Процессы захоронения на полигоне	2122392	764061	458437
Процессы сжигания	1414920	1556412	1712053
Процессы переработки пластика	1414928	1924302	2263885
ИТОГО	7881747	7628650	8440770

Источник: составлена автором

Полигоны для захоронения отходов и МСЗ берут плату за свои услуги, поэтому для РЭО выгодно, чтобы доля ТКО на эти предприятия уменьшалась. МСЗ, наоборот, покупают раздельно накопленное ТКО, как вторичное сырье, поэтому РЭО выгодно организовывать УБП именно с ним. От эффективной организации таких УБП будут зависеть и интересы жильцов, и организаций, производящих ТКО. При правильной организации раздельного сбора ТКО жильцы и организации, производящие ТКО, в этой схеме могут рассматриваться не как плательщики за услуги вывоза ТКО, а как поставщики вторсырья.

Рассмотрим затратные и доходные УБП для регионального оператора (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Распределение затратных и доходных устойчивых бизнес-процессов в разрезе интересов регионального оператора

Устойчивый бизнес-процесс	Интерес регионального оператора	
	Затратный БП	Доходный БП
Процессы нераздельного накопления	✓	-
Процессы раздельного накопления	✓	-
Процессы транспортировки	✓	-
Процессы сортировки	✓	-
Процессы захоронения на полигоне	✓	-
Процессы сжигания	✓	-
Процессы переработки	-	✓

Примечание
✓ - обозначение соответствия затратному или доходному БП

Источник: составлена автором

В графическом виде данные представлены на рис. 3.14.

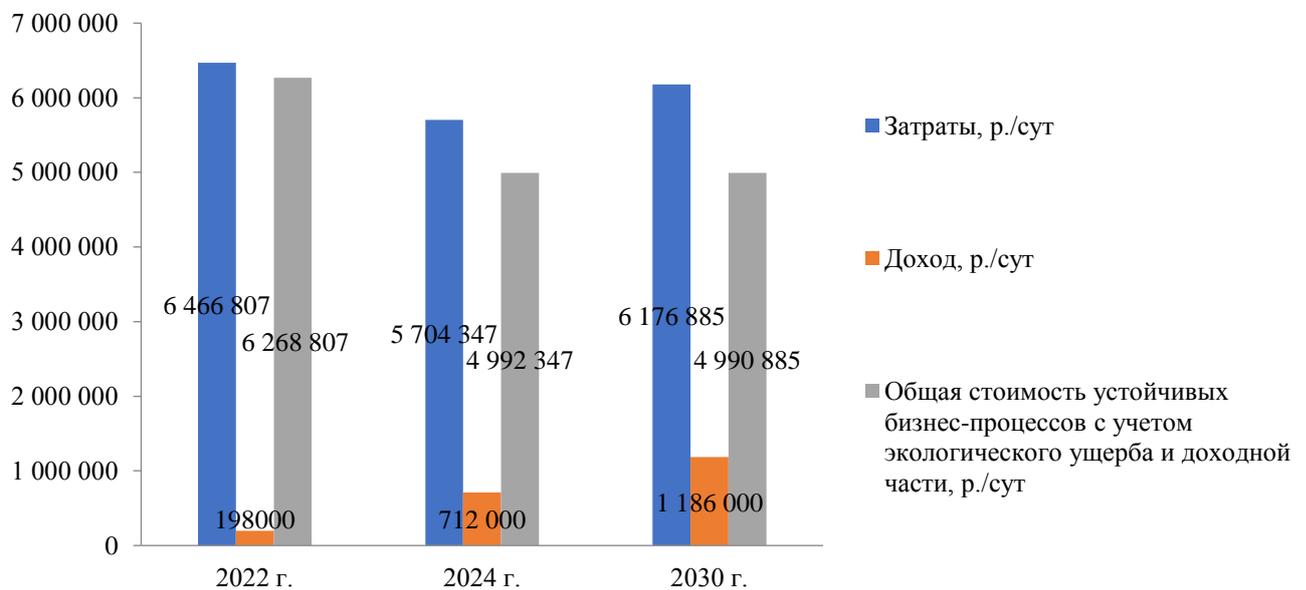


Рис. 3.14 – Динамика затратной и доходной части стоимости устойчивых бизнес-процессов для регионального оператора, р./сут

Источник: составлен автором

Распределим стоимости затрат и доходов для регионального оператора по годам в зависимости от доли перерабатываемых ТКО V_p на 2022 год – 10 %, на

2024 год – 36 % и 2030 год – 60 % в соответствии с прогнозными значениями (таблица 3.15) и представим на рис. 3.14 в динамике.

Таблица 3.15 – Расчет затратной и доходной части стоимости устойчивых бизнес-процессов для регионального оператора по годам, р./сут

Показатель	Значение		
	2022 г.	2024 г.	2030 г.
Затраты, р./сут	6466807	5704347	6176885
Масса ТКО, отправляемая на переработку, т/сут	198	712	1186
Стоимость продажи 1 т ТКО на МПЗ, р./т	1000	1000	1000
Доход, р./сут	198000	712000	1186000
Общая стоимость устойчивых бизнес-процессов с учетом экологического ущерба и доходной части, р./сут	6268807	4992347	4990885
Эффективность внедрения схемы трансформации устойчивых бизнес-процессов, %	3	12	19

Источник: составлена автором

На МСЗ БП дорогие, но у них своя финансовая модель рентабельности и их можно рассматривать в общей системе обращения с ТКО, как самостоятельные единицы. Интересом МПЗ, как товаропроизводителя, в этой схеме будет являться стоимость вторсырья, которая не должна быть выше стоимости первичных природных ресурсов. От этого будет зависеть его рентабельность. Для строительства дорогостоящих МПЗ могут быть задействованы инструменты ГЧП, так как и государство и регионы имеют свои интересы в комплексе обращения с ТКО и в первую очередь это будет организация рационального природопользования за счет экологических платежей, которые в цифровой модели отражены экологическим ущербом для каждого БП.

Если рассматривать интересы жильцов многоквартирных домов, учитывая схему трансформации УБП обращения с ТКО, можно рассмотреть возможность снижения тарифа (рис. 3.15) за услуги вывоза ТКО в единой платежке за счет

доходов РЭО от продажи ТКО на МПЗ, который суммарно к 2030 году составит 2 096 тыс. р./сут.

Т.к. жильцы многоквартирных домов часть БП из общей схемы берут на себя такие УБП, как сортировка ТКО, то и этот вклад должен компенсироваться за счет пропорционального снижения тарифа.

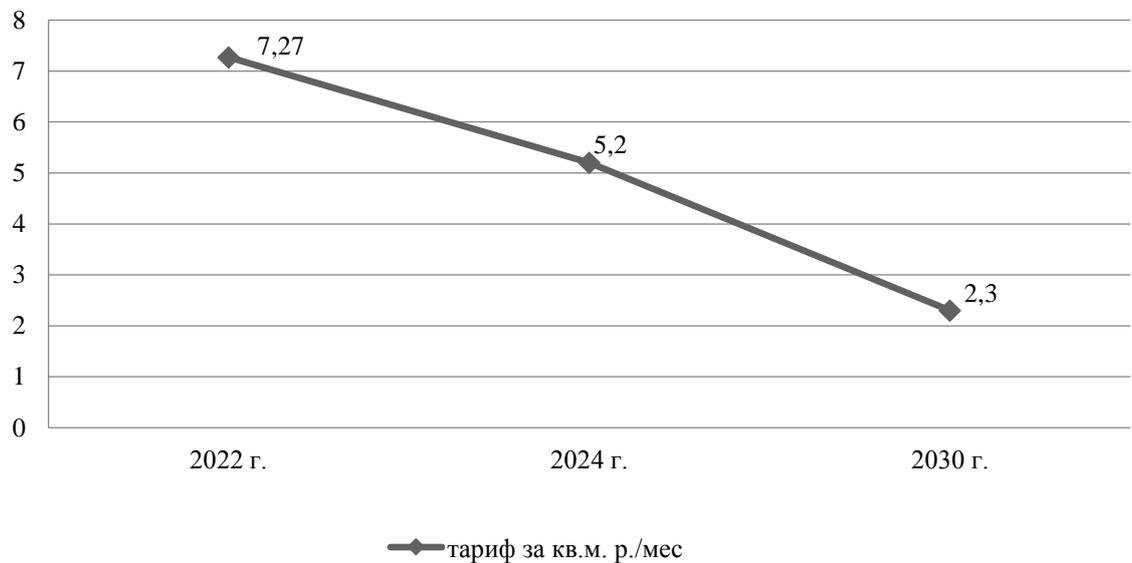


Рис. 3.15 – Динамика снижения тарифа за услуги вывоза ТКО в единой платежке ЖКХ в разрезе интересов жителей многоквартирных домов, рублей за 1 м² в месяц

Источник: составлен автором

На рис. 3.16 представим общую стоимость УБП комплекса обращения с ТКО для РЭО в сутки, которая, в связи с новой организацией БП, будет уменьшаться за счет доходной части от продажи ТКО на мусороперерабатывающий завод в качестве вторичного сырья. В этом случае МПЗ сможет покупать у РЭО ТКО по ценам, которые будут покрывать его транспортные расходы до территориального месторасположения завода.

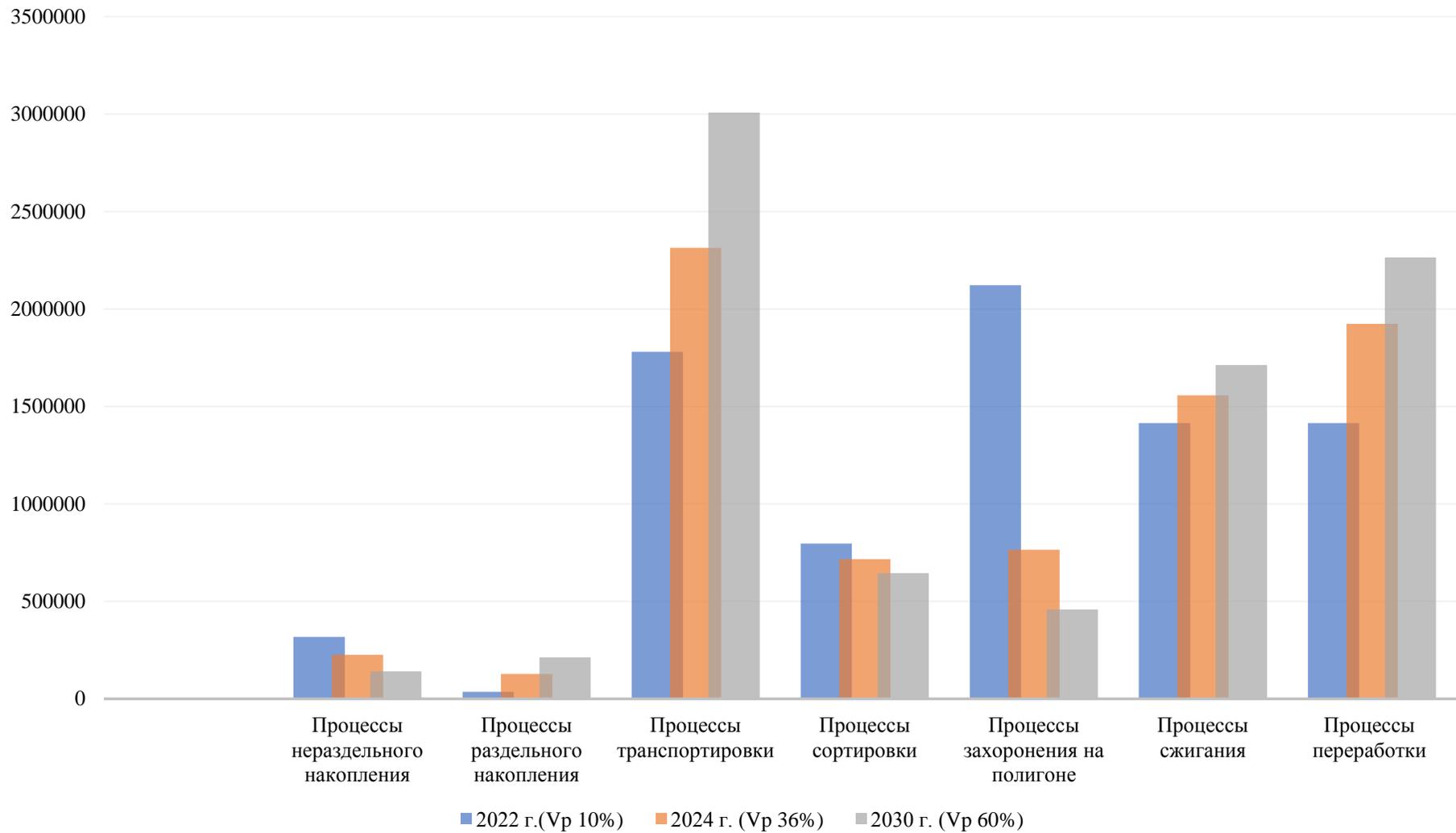


Рис. 3.16 – Гистограмма динамики стоимости устойчивых бизнес-процессов в разрезе интересов регионального оператора, в рублях

Источник: рисунок составлен автором

При организации УБП с учетом экологического ущерба и включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО эффект от внедрения схемы трансформации устойчивых бизнес-процессов к 2030 году для жителей составит 68 %, а для РЭО – 19 %.

Выводы по третьей главе

В третьей главе обобщены результаты анализа имитационного моделирования и разработан методический подход и практические рекомендации по развитию ОЭМ устойчивого управления комплексом обращения с ТКО, которые заключаются в улучшении УБП обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и экономически обоснованном перераспределении основных потоков отходов в процессы получения вторичных природных ресурсов, которые используются при производстве товаров, что позволит снизить общее потребление природных ресурсов и реализовать общие принципы ЭЗЦ.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1) Цифровое моделирование УБП комплекса обращения с ТКО на примере двух территориальных схем Москвы и Московской области показала возможность использования новой методики расчета стоимости УБП комплекса обращения с ТКО с учетом экологического ущерба и включения во вторичный оборот продуктов переработки ТКО для принятия экономических решений по развитию ОЭМ устойчивого управления комплексом обращения с ТКО, что позволит повысить эффективность рационального природопользования.

2) Предложен методический подход для разработки рациональной схемы обращения с ТКО на основе инструментария ФСА УБП и АВС-анализа их стоимости по принципу Парето в цифровой среде, позволяющий выявить приоритеты в технологиях, применяемых на отдельных этапах управления комплексом обращения с ТКО.

3) Разработаны практические рекомендации по развитию ОЭМ управления комплексом обращения с ТКО, которые заключаются в перераспределении первичных и вторичных природных ресурсов в сторону

увеличения вторичных, а также в учете в стоимости БП экологического ущерба, которые вместе позволили сформировать общую схему трансформации УБП обращения с ТКО.

Заключение

В диссертационной работе разработан научно-обоснованный методический подход к развитию организационно-экономического механизма устойчивого управления комплексом обращения с ТКО при помощи цифрового моделирования бизнес-процессов с учетом экологического ущерба и принципа экономики замкнутого цикла для повышения эффективности рационального природопользования.

Для решения этой актуальной задачи был выполнен анализ тенденций образования ТКО в России и за рубежом, обоснована взаимосвязь увеличения образования отходов с улучшением качества жизни населения, а также с урбанизацией территорий. Проведен анализ применения современных технологий в области обращения с ТКО на примере международного опыта, а также анализ действующих инструментов регулирования сферы обращения с ТКО в России и за рубежом. Это позволило выявить общую ключевую проблему, которая заключается в отсутствии в экономическом механизме управления комплексом обращения с ТКО системных принципов устойчивости, которые характеризуются учетом экологического ущерба и принципа реализации экономики замкнутого цикла.

Проведена классификация и формализация бизнес-процессов системы обращения с ТКО, что позволило разделить все процессы на основные, вспомогательные и обеспечивающие с последующей декомпозицией и цифровым моделированием.

При помощи цифрового имитационного моделирования разработана гибкая цифровая территориальная схема обращения с ТКО, которая позволяет оперативно включать и добавлять в схему нужные бизнес-процессы для конкретной территории и учитывать ее особенности.

Разработана методика расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов всего комплекса обращения с ТКО для проведения автоматизированного функционально-стоимостного анализа. Новизна представленных формул

заключается в учете в них экологического ущерба и общего принципа экономики замкнутого цикла. Данная методика апробирована при проведении автоматизированного функционально-стоимостного анализа бизнес-процессов для территориальных схем района Москвы Бирюлево-Восточное и аэропорта Домодедово, что имеет практическую значимость при развитии экономического механизма устойчивого управления конкретным комплексом обращения с ТКО.

Анализ результатов оценки суточной стоимости бизнес-процессов с учетом экологического ущерба и общего принципа экономики замкнутого цикла составил для территориальной схемы Бирюлево-Восточное 7881747 р., для аэропорта Домодедово – 3546764 р. Наибольшую долю в общей стоимости бизнес-процессов обращения с ТКО в Бирюлево-Восточное занимают «Процессы на полигоне», а аэропорту – «Процессы сжигания». Для обеих схем наиболее затратными оказались и процессы на МПЗ, в которых и был реализован принцип экономики замкнутого цикла. Цифровое моделирование БП обращения с ТКО с различными долями переработки, сжигания, захоронения позволило разработать общую схему устойчивой трансформации БП обращения с ТКО, которая с точки зрения рационального природопользования и экономики замкнутого цикла предполагает следующие принципы: перерабатываться должны все ТКО и только те, что не могут быть переработаны должны утилизироваться методом сжигания. На захоронение должны поступать только неперерабатываемые, несжигаемые ТКО и твердые продукты сжигания, если их невозможно снова использовать для производства вторичных продуктов.

Предложенная трансформации УБП комплекса обращения с ТКО в цифровой модели должна анализироваться с точки зрения интересов участников этого комплекса и их взаимодействия. Учитывая, что доля перерабатываемых ТКО V_p должна расти в соответствии с показателями, определенными в национальном проекте «Экология», с 10 % (2022 год) до 60 % (2030 год), то и модель должна отражать данную динамику.

В результате проведенных исследований было определено ключевое звено между жильцами, организациями производящими ТКО и предприятиями по

захоронению, утилизации и переработке ТКО, которым является РЭО. При этом основным плательщиком за услуги РЭО являются жильцы и организации, производящие ТКО. Именно здесь пересекаются основные интересы участников комплекса обращения с ТКО и очевиден экономический эффект от предложенной трансформации.

Для организации устойчивых бизнес-процессов в комплексе обращения с ТКО необходимо вносить правки в организационно-экономический механизм. Для этого предлагается учитывать, что:

1) Для РЭО часть УБП будут затратными, а часть доходными. Перераспределение стоимостей будет зависеть от перераспределения потоков ТКО в сторону переработки. К затратным УБП будут относиться все процессы РЭО плюс плата за захоронение на полигоне и сжигание на МСЗ. Таких процессов большинство на 2022 год для регионального оператора. К доходным будут относиться УБП продажи ТКО на МПЗ, как вторичных природных ресурсов для производства товаров.

2) Полигоны для захоронения отходов и МСЗ берут плату за свои услуги, поэтому для РЭО выгодно, чтобы доля ТКО на эти предприятия уменьшалась. МСЗ, наоборот, покупают отдельно накопленное ТКО, как вторичное сырье, поэтому РЭО выгодно организовывать УБП именно с ним. От эффективной организации таких УБП будут зависеть и интересы жильцов, и организаций, производящих ТКО.

3) При правильной организации отдельного сбора ТКО жильцы и организации, производящие ТКО, в этой схеме могут рассматриваться не как плательщики за услуги вывоза ТКО, а как поставщики вторсырья. Именно они берут на себя реализацию часть бизнес-процессов за отдельное накопление ТКО, что должно быть оплачено за счет снижения тарифов в платежках за вывоз ТКО.

4) В результате работы цифровой модели будут накапливаться огромные массивы информации Big Data, которые должны обрабатываться с использованием современных алгоритмов искусственного интеллекта, что упростит принятие управленческих решений, а также даст возможность внесения экономических

показателей по каждому бизнес-процессу для автоматизированной аналитики.

5) Налоговые, тарифные и корпоративные решения стимулирования переработки ТКО должны опираться на экономически обоснованные показатели, полученные с применением интеллектуальных информационных систем.

Список сокращений и условных обозначений

ТКО	—	Твердые коммунальные отходы
БП	—	Бизнес-процесс
УБП	—	Устойчивый бизнес-процесс
ЭЗЦ	—	Экономика замкнутого цикла
ОЭМ	—	Организационно-экономический механизм
РЭО	—	Региональный оператор
РФ	—	Российская Федерация
ФСА	—	Функционально-стоимостной анализ
ЖЦ	—	Жизненный цикл
МПЗ	—	Мусороперерабатывающий завод
МСЗ	—	Мусоросжигательный завод
КПО	—	Комплекс по переработке отходов
ТСОО	—	Территориальная схема обращения с отходами
ВМР	—	Вторичный материальный ресурс
ВОЗ	—	Всемирная организация здравоохранения
РНО	—	Раздельное накопление отходов

Список литературы

Нормативно-правовые документы

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2024 года : указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 N 204 : Президент России: офиц. сайт URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 24.04.2021). – Текст : электронный.
2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года : указ Президента Российской Федерации от 21.06.2020 N 474 : Президент России: офиц. сайт URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>(дата обращения: 26.05.2021). – Текст : электронный.
3. Об охране окружающей среды : Федер. закон от 10.01.2002 N 7 : [принят Государственной Думой 20 дек. 2001 г. : одобрен Советом Федерации 26 дек. 2001 г.]. // КонсультантПлюс : справ.-правовая система URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 24.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
4. Об отходах производства и потребления : Федер. закон от 24.06.1998 N 89 [принят Государственной Думой 22 мая 1998 г. : одобрен Советом Федерации 10 июня 1998 г.]. // КонсультантПлюс : справ.-правовая система URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/5074d915c513f487167b8dd8402cad9c30d22e16/ (дата обращения: 24.05.2021). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
5. О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд : Федер. закон от 21.07.2005 N 94 [принят Государственной Думой 08 июля 2005 г. : одобрен Советом Федерации 13 июля 2005 г.]. // Гарант : справ.-правовая система – URL: <https://base.garant.ru/12141175/> (дата обращения: 24.04.2021). Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
6. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федер. закон от 05.04.2013 N 44 [принят

Государственной Думой 22 марта 2013 г. : одобрен Советом Федерации 27 марта 2013 г.]. // КонсультантПлюс : справ.-правовая система URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 24.04.2021). Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

7. Об утверждении нормативов накопления ТКО : Распоряжение Министерства жилищно-коммунального хозяйства г. Москвы от 27.11.2019 N 01-01-14-513/19 : Мэр Москвы: офиц. сайт URL: <https://www.mos.ru/dgkh/documents/deistvuiushchie-normativnyie-pravovye-akty/view/233590220/> (дата обращения: 16.06.2022). – Текст : электронный.

8. Территориальная схема обращения с отходами города Москвы : Проект приложения к Распоряжению Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы : Мэр Москвы: офиц. сайт URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1934/1_Proektdokumenta.pdf (дата обращения: 04.06.2022). – Текст : электронный.

9. Территориальная схема обращения с отходами города Москвы : Приложение № 1 к Распоряжению Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы от 26.12.2019 N 01-01-14-590/19 : Мэр Москвы: офиц. сайт URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/5871/02_TSOO-Moskva-2019-12-26v19.pdf (дата обращения: 04.06.2022). – Текст : электронный.

10. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году : Данные Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и ППК «РЭО» : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: офиц. сайт <https://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/5e7/ecology.pdf> (дата обращения: 20.01.2021). – Текст : электронный.

Диссертации и авторефераты

11. Богданова, Е. Н. Развитие системы управления предприятием ЖКХ на основе роботизации бизнес-процессов: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : автореф. ... дис. канд. экон. наук. / Е. Н. Богданова. – Москва, 2021. – 24 с. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01010258504?page=>

3&rotate=0&theme=black (дата обращения: 26.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст : электронный.

12. Быстрова, Н. Ю. Учетное обеспечение управления бизнесом по разведению племенных биологических активов на основе системно-синергетической концепции: специальность 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» : автореф. дис. ... канд. экон. наук. / Н. Ю. Быстрова – Москва, 2020. – 27 с. URL: <https://dlib.rsl.ru/01010246649> (дата обращения: 16.06.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст : электронный.

13. Генгут, И. Б. Экономические механизмы управления ликвидацией накопленного экологического ущерба: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : дис. д-ра экон. наук. / И. Б. Генгут. – Москва, 2016. – 348 с. URL: <http://ords.rea.ru/wp-content/uploads/2017/02/Gengut.pdf> (дата обращения: 20.05.2021). – Текст : электронный.

14. Овсянникова, Д. К. Механизм реализации государственной политики в сфере обращения с отходами: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : дис. ... канд. экон. наук. / Д. К. Овсянникова. – Москва, 2022. – 181 с. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01011141603> (дата обращения: 14.06.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст : электронный.

15. Плотникова, Л. В. Экологическое управление качеством городской среды на высоко урбанизированных территориях: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : дис. ... д-ра экон. наук. / Л. В. Плотникова. – Москва, 2009. – 375 с. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01004296754> (дата обращения: 01.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст : электронный.

16. Чилова, Э. Г. Применение процессно-проектного подхода к построению систем управления организациями: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : автореф. ... дис. канд. экон. наук. / Э. Г. Чилова. – Москва, 2019. – 29 с. URL: <http://dlib.rsl.ru/01008589634> (дата обращения: 30.07.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст :

электронный.

Книги

17. Децук, В. С. Оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды. Учеб.-метод. Пособие / В. С. Децук; М-во транспорта и коммуникаций. Респ. Беларусь, Белорус. Гос. Ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 50 с. – Текст : непосредственный.
18. Денисов, В. В., Денисова И. А., Гутенев В. В., Фесенко Л. Н. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко // Ростов н/Д : Феникс, 2013. – 623 с. – Текст : непосредственный.
19. Корягин, Н. Д. Процессное управление на основе программной системы «Бизнес-инженер» / Н. Д. Корягин, А. И. Сухоруков, Л. Г. Большедворская. – М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского. – 2016. – 86 с. – Текст : непосредственный.
20. Перелет Р. Экономика и окружающая среда. Англо-русский словарь справочник. – Гарвардский ин-т международного развития, 1996. С. 29. – Текст : непосредственный.
21. Потравный, И. М., Захожай В. Б. Ресурсосбережение и охрана окружающей среды / И. М. Потравный, В. Б. Захожай. – Киев: Урожай, 1990. – 288 с. – Текст : непосредственный.
22. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. – 637 с. – Текст : непосредственный.
23. Соколов, Л. И. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов : монография / Л. И. Соколов, С. М. Кибардина, С. Фламме, П. Хазенкамп. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Инфра-Инженерия, 2019. – 176 с. – ISBN 978-5-97290-303-0 // Знаниум : электрон.-библиотечная система URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053360> (дата обращения: 31.07.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
24. Устойчивое пространственное развитие. Проектирование и управление : Монография / Под общ. ред. Комова Н. В., Шарипова С. А., Носова С. И., Цыпкина Ю. А. – М., 2021. – 752 с. – Текст : непосредственный.

25. Федорук А. Т. Экология: учеб. пособие / А.Т. Федорук. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 462 с. – ISBN 978-985-06-2312-6 // Айбукс.ру : электрон.-библиотечная система URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/339050/reading> (дата обращения: 30.07.2022). –Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
26. Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов [Текст] : учебное пособие для студ., обучающихся по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 "Строительство" (профиль – Городское строительство), всех форм обучения / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов; М-во образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, [Строительный ин-т]. –Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2016. – 218 с. // РГБ : электронный каталог URL: <http://dlib.rsl.ru> (дата обращения: 30.07.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст : электронный.

Статьи в научных изданиях, материалы в сборниках трудов, конференций

27. Аверченков, А. А. и др. Экономика и климат: участие России в решении глобальной экологической проблемы / А. А. Аверченков // Москва: Лефко, 2009. – Текст : непосредственный.
28. Акимова, Т. А. О методических подходах к организации управления устойчивым развитием региона / Т. А. Акимова // Региональная экономика: теория и практика. – 2012. – № 26. – С 2-9. – Текст : непосредственный.
29. Байнова, М. С., Надточий Ю. Б., Петров А. В. Взаимодействие власти и бизнеса в сфере сокращения бытовых отходов / М. С. Байнова, Ю. Б. Надточий, А. В. Петров // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2021. – Т 18. № 4 (118). – С 152-161. – Текст : непосредственный.
30. Балацкий, О. Ф. Теоретические проблемы оценки экономического потенциала региона, компании, предприятия / О. Ф. Балацкий. – 2004. – Текст : непосредственный.
31. Бачурина, С. С., Голосова Т. С. Инвестиционная составляющая в проектах внедрения BIM-технологий // Вестник МГСУ. – 2016. – № 2. – С. 126-134. – Текст : непосредственный.

32. Березюк, М. В., Румянцева А. В., Румянцева Е. И. Эколого-экономическое обоснование проекта по переработке твердых коммунальных отходов на основе современных технологий / М. В. Березюк, А. В. Румянцева, Е. И. Румянцева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 3. – С. 31-38. – Текст : непосредственный.
33. Бобылев, С. Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России / С. Н. Бобылев, С. В. Соловьева // Мир новой экономики. 2020. – № 14 (2). – С. 63-72. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 26.05.2021). – Текст : электронный.
34. Бобылев, С. Н. Экосистемный подход и его экономические механизмы / С. Н. Бобылев, Р. А. Перелет // Настоящее и будущее Ближнего Севера: экономика, экология, сообщества. – 2011. – С. 33-52. – Текст : непосредственный.
35. Вега, А. Ю., Ковальчук А. Ю., Милорадов К. А. Организационно-экономическая модель переработки отходов в контексте «зеленой» экономики / А. Ю. Вега, А. Ю. Ковальчу, К. А. Милорадов // Горизонты экономики. 2020. – № 6 (59). – С. 73-79. – Текст : непосредственный.
36. Генгут, Д. Б. Особенности внедрения российскими нефтегазовыми корпорациями элементов цифровой экономики // Публичные и частные финансы в условиях цифровой экономики. – 2018. – С. 58-66. – Текст : непосредственный.
37. Глазырина, И. П. Принцип «загрязнитель платит» и экологически неравноценный обмен / И. П. Глазырина // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т 22. – № 3. – С. 93-100. – Текст : непосредственный.
38. Гофман, К. Г. Экономические механизмы управления глобальными природными процессами / К. Г. Гофман, А. А. Голуб // Экономика и математические методы. – 1992. – Т 28. – № 5-6. – С. 687-694. – Текст : непосредственный.
39. Гусева, А. А. Современные проблемы и технологии переработки мусора в России и за рубежом / Ф. Д. Мубаракшина, А. А. Гусева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – № 4 (18). – С. 91-99. – Текст : непосредственный.

40. Евстигнеева, А. К. Принципы и механизмы перехода на новую систему обращения с твердыми коммунальными отходами / А. К. Евстигнеева // Актуальные проблемы современной науки. – 2019. – № 2. – С. 124-126. – Текст : непосредственный.
41. Елкина, Л. Г., Вилбданова Л. В. Функциональный и процессный подходы в бережливом управлении твердыми коммунальными отходами / Л. Г. Елкина, Л. В. Вилбданова // Известия Уральского государственного горного университета. – 2022. – № 1 (65). – С. 161-167. – Текст : непосредственный.
42. Зандер, Е. В. Оценка устойчивости развития эколого-экономической системы региона при помощи индикатора "истинных сбережений" (на примере Красноярского края) / Е. В. Зандер, Ю. И. Старцева, А. И. Пыжев // Экономика природопользования. – 2010. – № 2. – С. 6-17. – Текст : непосредственный.
43. Захарова, Е. А. Система управления коммунальными отходами в устойчивом развитии цифровой экономики замкнутого цикла / Е. А. Захарова, А. И. Сухоруков // Теория и практика управления: ответы на вызовы цифровой экономики URL: <https://www.rea.ru/ru/org/faculties/mngfak/Documents/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf> (дата обращения: 12.03.2021). – Текст : электронный.
44. Захарова, Е. А. Методика расчета стоимости устойчивых бизнес-процессов обращения с твердыми коммунальными отходами // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2022. – №. 4. – С 183-189. – Текст : непосредственный.
45. Казанцев, П. Ю. Логистика перевозки ТКО / П. Ю. Казанцев. Режим доступа: <https://www.uncrd.or.jp/content/documents/3297Parallel%20Session-6-Presentation-15-%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2.pdf> (дата обращения: 11.10.2021). – Текст : электронный.
46. Каллаур, Г. Ю. Обоснование инвестиций в технологии информационного моделирования / Г. Ю. Каллаур // Экономика строительства. – 2018. – № 1 (49). – С. 27-38. –Текст : непосредственный.
47. Касьянов, П. В. Переход к устойчивому развитию: экологические,

информационные, социальные и экономические предпосылки / П. В. Касьянов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – № 4. – С. 96-101. – Текст : непосредственный.

48. Кириллова, А. Н. Поиск рациональных подходов к развитию сферы обращения с отходами / А. Н. Кириллова, Н. Н. Мусинова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 9-3(86). – С. 788-791 // Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30692243> (дата обращения: 12.11.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

49. Коновалова, Ю. Б., Черкашина М. П. Воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров загрязняющих веществ полигона ТКО / Ю. Б. Коновалова, М. П. Черкашина // Материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок. – 2022. – С. 188-190. – Текст : непосредственный.

50. Корягин, Н. Д. Реализация современных методологических подходов к менеджменту в сбалансированной системе показателей и бизнес-инжиниринговых технологиях управления / Н. Д. Корягин // Статистика и экономика. – 2015. – № 3. – С. 72-76. – Текст : непосредственный.

51. Крельберг, А. Б. Перспективы перехода индустрии обращения с твердыми коммунальными отходами на экономику замкнутого цикла / А. Б. Крельберг // Экономика промышленности. – 2022. – Т 15. – № 1. – С. 49-57. – Текст : непосредственный.

52. Кривулькин, Д. А., Ефремова Л. Б. Международный опыт утилизации ТБО и возможности его применения в России / Д. А. Кривулькин, Л. Б. Ефремова // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2018. – Т 61 №3. – С. 8. – Текст : непосредственный.

53. Лебедева, Т. И. Особенности безотходных бизнес-процессов в условиях «зеленой» и циркулярной экономики / Т. И. Лебедева. URL: file:///D:/My%20downloads/2021_%D0%A2%D0%9C%D0%A1_%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8.pdf

(дата обращения: 12.05.2022). – Текст : электронный.

54. Лукьянчиков, Н. Н. О прошлом, настоящем и будущем государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды / Н. Н. Лукьянчиков // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2010. – Т 132. – С. 16-32. – Текст : непосредственный.

55. Ляндау, Ю. В. Процессно-проектное управление организациями комплекса ЖКХ / Ю. В. Ляндау // Вестник Российского экономического университета им. ГВ Плеханова. – 2014. – № 4 (70). – С. 52-60. – Текст : непосредственный.

56. Масленников, В. В. Формирование системы цифрового управления организацией / В. В. Масленников, Ю. В. Ляндау, И. А. Калинина // Вестник Российского экономического университета им. ГВ Плеханова. – 2019. – № 6 (108). – С. 116-123. – Текст : непосредственный.

57. Медведев, Е. В. Проблема трудоустройства молодёжи в омской области / Е. В. Медведев // ОНВ. ОИС. 2020. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-trudoustroystva-molodyozhi-v-omskoy-oblasti> (дата обращения: 30.07.2022). – Текст : электронный.

58. Мекуш, Г. Е. Подходы к разработке индикаторов устойчивого развития на региональном уровне / Г. Е. Мекуш // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 18-24. – Текст : непосредственный.

59. Мельник, Л. Г. Использование показателей эколого-экономических оценок в решении хозяйственных задач / Л. Г. Мельник. – 2007. – Текст : непосредственный.

60. Моткин Г. А. и др. Создание экономического механизма управления рисками экологического страхования. – Институт проблем рынка РАН, 1999. – №. r99-0211. – Текст : непосредственный.

61. Моткин, Г. А. Экономическая теория природопользования и охраны окружающей среды (лекции теоретической систематики). / Г. А. Моткин. – М.: Издат. дом «Тиссо», 2009. – 58-59 с. – Текст : непосредственный.

62. Мочалова Л. А. Циркулярная экономика в контексте реализации концепции устойчивого развития / Л. А. Мочалова // Journal of new economy. – 2020. – Т 21. – № 4. – С. 5-27. – Текст : непосредственный.

63. Новоселов, А. Л. Экономическая оценка прошлого ущерба с учетом неопределенности исходных данных / А. Л. Новоселов // Вестник университета. – 2012. – № 10-1. – Текст : непосредственный.
64. Новосёлова, И. Ю. Модель освоения минерально-сырьевых ресурсов в регионе на основе принципов "зеленой" экономики / И. Ю. Новосёлова, А. Л. Новосёлов, И. М. Потравный // Горный журнал. – 2017. – № 7. – С. 55-58. – Текст : непосредственный.
65. Носов С. И. Экономическая оценка водных ресурсов в управлении природопользованием / С. И. Носов, Д. Н. Хасанова, Г. Н. Юлаева // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. – 2017. – С. 124-129. – Текст : непосредственный.
66. Потравный, И. М., Дорис Б. Энергетическая утилизация твердых коммунальных отходов в контексте низкоуглеродного развития / И. М. Потравный, Дорис Б. // Управленческие науки. – 2021. – № 3. – С. 6-22. – Текст : непосредственный.
67. Потравный, И. М. Этнологическая экспертиза последствий аварийного загрязнения окружающей среды / И. М. Потравный // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2020. – Т 1. – № 5. – С. 282-286. – Текст : непосредственный.
68. Потравный, И. М., Новоселов А. Л., Новоселова И. Ю. Развитие методов экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды и их практическое применение / И. М. Потравный, А. Л. Новоселов, И. Ю. Новоселова // Экономическая наука современной России. – 2018. – № 3 (82). – Текст : непосредственный.
69. Рябова, Т. М., Амерсланова Э. Х. Основные направления в сфере утилизации твёрдых коммунальных отходов в Московской области: проблемы и перспективы / Т. М. Рябова, Э. Х. Амерсланова // Социодинамика. – 2022. – № 3. – С. 33-44. – Текст : непосредственный.
70. Свинцова, Т. Ю. Методы рекультивации земельных участков при

редевелопменте урбанизированных территорий для строительства / Т. Ю. Свинцова // Экономика строительства. 2021. – № 3 (69). – С. 26-36. – Текст : непосредственный.

71. Сергиенко, О. И. Экономика замкнутого цикла: анализ уровня осведомленности бизнеса в странах региона Балтийского моря / О. И. Сергиенко, А.С. Павлова, В. А. Савоскула, Карвинен Меери, Сорвари Яна, Вайра Обука, Марис Клавинс, Хиллман Карл, Сакари Аутио // Экономика и экологический менеджмент, 2018. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomika-zamknutogo-tsikla-analiz-urovnya-osvedomlennosti-biznesa-v-stranah-regiona-baltiyskogo-morya> (дата обращения: 11.07.2022). – Текст : электронный.

72. Соколова, О. Г. Формирование модели управления твердыми коммунальными отходами / О. Г. Соколова, М. В. Полежаева, Е. В. Чухарева // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2019. – №3. – С. 130-143. – Текст : непосредственный.

73. Сухоруков, А. И. Особенности проектов роботизации бизнес-процессов предприятий жилищно-коммунального хозяйства / А. И. Сухоруков, Е. Н. Богданова // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. – 2019. – С. 233-240. – Текст : непосредственный.

74. Сухоруков, А. И. Актуальные подходы к развитию экономики замкнутого цикла в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами / А. И. Сухорукова, Е. А. Захарова // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2021. – Т 18. – № 5 (119). – С. 6-17. – Текст : непосредственный.

75. Теория и практика управления: ответы на вызовы цифровой экономики : материалы XII Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов = Theory and Practice of Management: the Response to Challenges of Digital Economy : Proceedings of XII Scientific Conference for young scientists / под ред. М. Н. Кулапова и др. – Москва : ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2021. – 470 с. URL: <https://www.rea.ru/ru/org/faculties/mngfak/>

- Documents/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf (дата обращения: 20.07.2022). – Текст : электронный.
76. Тихомиров, Н. П. Методология оценки и учета натурального ущерба населению от антропогенных воздействий в хозяйственном механизме природопользования / Н. П. Тихомиров, Т. М. Ушмаева // Экономика природопользования. – 1995. – № 1. – С. 2-25. – Текст : непосредственный.
77. Тулупов, А. С. Оценка риска загрязнения окружающей среды: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения / А. С. Тулупов // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2021. – № 6. – С. 3-27. – Текст : непосредственный.
78. Тулупов, А. С., Обеспечение национальной безопасности с учетом эколого-экономических критериев / А. С. Тулупов, А. Д. Витухин, М. М. Исмадинов // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2019. – № 48. – С. 50-56. – Текст : непосредственный.
79. Тулупов, А. С. Производство и экспорт сжиженного газа: трансформация бизнес-моделей с учетом глобальных трендов декарбонизации и цифровизации / А. С. Тулупов // Проблемы рыночной экономики. – 2021. – № 4. – С. 102-111. – Текст : непосредственный.
80. Умнов, В. А. Использование подземного выработанного пространства и окружающая среда / В. А. Умнов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1995. – № 3. – С. 88-92. – Текст : непосредственный.
81. Чепурных, Н. В. Совершенствование хозяйственного механизма природопользования в агропромышленном комплексе. – 1991. – Текст : непосредственный.
82. Шевчук, А. В., Шумихин О. В. Эколого-экономические аспекты ликвидации накопленного экологического ущерба в Арктике / А. В. Шевчук, О. В. Шумихин // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. – 2019. – № 4. – С. 95-106. – Текст : непосредственный.
83. Шевчук, А. В. Экологические аспекты в системе стратегического

планирования / А. В. Шевчук // Теория и практика стратегирования : Сборник избранных научных статей и материалов IV Межд. научн.-практ. конф. – Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" Издательский Дом (типография). – 2021. – С. 45-53. – Текст : непосредственный.

84. Шевчук, А. В. и др. Стратегические приоритеты экологического развития Кузбасса на период до 2035 года / А. В. Шевчук // Экономика в промышленности. – 2020. – Т 13. – № 3. – С. 348-356. – Текст : непосредственный.

85. Яшалова, Н. Н., Рубан Д. А. Эколого-экономические предпосылки перехода России к низкоуглеродной экономике / Н. Н. Яшалова, Д. А. Рубан // Регионология. – 2021. – Т. 29. – № 4 (117). – С. 746-767. – Текст : непосредственный.

86. Яшалова, Н. Н., Чередниченко О. А., Довготько Н. А. Устойчивое развитие агропродовольственного сектора: российские приоритеты и направления адаптации Повестки дня–2030 / Н. Н. Яшалова, О. А. Чередниченко, Н. А. Довготько // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т 11. – № 6. – С. 89-108. DOI: 10.15838/esc.2018.6.60.6 – Текст : электронный.

Электронные ресурсы

87. Мусорные истории: способы переработки и утилизации отходов в России и мире URL: <https://robohunter.ru/news/musornie-istorii-sposobi-pererabotki-i-utilizacii-othodov-v-rossii-i-mire>10570. Дата публикации: 25.04.2018.

88. Мусоросжигание URL: <https://fabricators.ru/article/musoroszhiganie> (дата обращения: 11.03.2021). – Текст : электронный.

89. Мусоросжигательные заводы и инсинераторы в Российской Федерации URL: <http://www.ecoaccord.org/news2020/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%2015.06.2020.pdf> (дата обращения: 11.03.2021). – Текст : непосредственный.

90. Научный журнал КубГАУ URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/51.pdf> (дата обращения: 04.01.2022). – Текст : электронный.

91. Обзор законодательства за период с 15.07.2019 по 21.07.2019 URL: <https://zlatoust.bezformata.com/listnews/zakonodatelstva-za-period/76413876/>. Дата публикации: 22.07.2019.

92. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года URL: <https://pm.center/bazaznaniy/document/o-natsionalnykh-tselyakh-i-strategicheskikh-zadachakh-razvitiya-rossiyskoy-federatsii-na-period-do-2/> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст : электронный.
93. Определение экономического ущерба от загрязнения окружающей среды URL: <http://lib.4i5.ru/cu626.htm> (дата обращения: 04.01.2022). – Текст : электронный.
94. Основные технологии переработки твердых коммунальных отходов URL: https://bstudy.net/884607/estestvoznanie/osnovnye_tehnologii_pererabotki_tverdyh_komunalnyh_othodov (дата обращения: 04.06.2022). – Текст : электронный.
95. Университеты и бизнес объединились для подготовки кадров экономики замкнутого цикла : Офиц. сайт РЭУ им. Г.В. Плеханова URL: <https://www.rea.ru/ru/news/Pages/екс-konsorcium.aspx>. Дата публикации: 17.09.2021.
96. Промежуточные итоги реализации реформы в сфере ТКО URL: <https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%93%D1%83%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%98.%D0%AD..pdf> (дата обращения: 26.02.2021). – Текст : электронный.
97. Сайт о городах странах и их статистике URL: <https://www.sites.google.com/site/ruregdatav1/> (дата обращения: 22.02.2021). – Текст : электронный.
98. Экономика замкнутого цикла и здоровье: возможности и риски [Circular economy and health: opportunities and risks]. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ; 2019. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326859/9789289054300-rus.pdf> (дата обращения: 30.04.2022). – Текст : электронный.
99. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 21.02.2021). – Текст : электронный.

Ресурсы на иностранных языках

100. Alistair Hunt, Nick Dale, Frank George. Экономика замкнутого цикла и здоровье. Возможности и риски URL: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326859/9789289054300-rus.pdf> (дата обращения: 11.07.2022). – Текст : электронный.
101. Arebey M., Hannan M., Basri H., Begum R., Abdullah H. Integrated technologies for solid waste bin monitoring system. Environmental Monitoring and Assessment URL: https://www.researchgate.net/publication/45630693_Integrated_technologies_for_solid_waste_bin_monitoring_system (дата обращения: 12.04.2019). – Текст : электронный.
102. Chang N. B., Pires A. Sustainable solid waste management: a systems engineering approach URL: <https://www.wiley.com/en-us/Sustainable+Solid+Waste+Management+%3A+A+Systems+Engineering+Approach-p-9781119035848> (дата обращения: 11.10.2019). – Текст : электронный.
103. Christensen T. Solid waste technology & management URL: https://www.researchgate.net/publication/235672736_Solid_Waste_Technology_Management_Volume_1_2 (дата обращения: 17.06.2020). – Текст : электронный.
104. Hamidi Abdul Aziz, Amin Mojiri, Nastaein Qamaruz Zaman, Shuokr Qarani Aziz A Review on Anaerobic Digestion, Bio-reactor and Nitrogen Removal from Wastewater and Landfill Leachate by Bio-reactor URL: https://www.researchgate.net/publication/230601233_A_Review_on_Anaerobic_Digestion_Bioreactor_and_Nitrogen_Removal_from_Wastewater_and_Landfill_Leachate_by_Bio-reactor (дата обращения: 07.05.2020). – Текст : электронный.
105. Holger Berg (Wuppertal Institute), JánosSebestyén (Wuppertal Institute), Phillip Bendix (Wuppertal Institute), Kévin Le Blevenec (VITO), Karl Vrancken (VITO) Digital waste management, 2020. – Текст : непосредственный.
106. Municipal waste management across European countries URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/municipal-waste-management-across-european-countries> (дата обращения: 01.03.2021). – Текст : электронный.
107. Narayana T. Municipal solid waste management in India: From waste disposal to

recovery of resources. Waste Management URL: https://www.researchgate.net/publication/23293953_Municipal_solid_waste_management_in_India_From_waste_disposal_to_recovery_of_resources (дата обращения: 21.06.2021). – Текст : электронный.

108. Rada E, Ragazzi M, Fedrizzi P. Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. Waste Management URL: https://www.researchgate.net/publication/235603174_Web-GIS_oriented_systems_viability_for_municipal_solid_waste_selective_collection_optimization_in_developed_and_transient_economies (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

109. Rizos V., Tuokko K., Behrens A. The circular economy: a review of definitions, processes and impacts. Brussels: Centre for European Policy Studies URL: <https://www.ceps.eu/publications/circular-economyreview-definitions-processes-and-impacts> (дата обращения: 11.07.2022). – Текст : электронный.

110. Schott A. Modern solid waste management in practice URL: <file:///D:/Му%20downloads/1-9-18-466.pdf> (дата обращения: 11.07.2022). – Текст : электронный.

111. Sembiring E, Nitivattananon V. Sustainable solid waste management toward an inclusive society: Integration of the informal sector. Resources, Conservation and Recycling URL: https://www.researchgate.net/publication/223357965_Sustainable_solid_waste_management_toward_an_inclusive_society_Integration_of_the_informal_sector (дата обращения: 22.01.2021). – Текст : электронный.

112. Sukhorukov A., Koryagin N., Sulyagina J., Eroshkin S., Ulitskaya N. Digital transformation of airline management as the basis of innovative development. Advances in Intelligent Systems and Computing (см. В книгах), 2020. – Т 1115 AISC. С. 845-854. – Текст : непосредственный.

113. Sukhorukov A.I., Shuhong G., Koryagin N.D., Eroshkin S. Yu. Tendencies of information management development in the conditions of the origin of a new ecosystem of the digital economy. В сборнике: Proceedings of 2018 11th International Conference “Management of Large-Scale System Development”, MLSD URL: <https://capital->

- university.ru/upload/iblock/eee/eeefd2a39fccba90c8683a644d2ba41d.pdf (дата обращения: 22.01.2021). – Текст : электронный.
114. Swedish University Dissertations URL: <https://www.dissertations.se/> (дата обращения: 12.02.2021). – Текст : электронный.
115. The World Bank URL: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/> (дата обращения: 26.02.2021). – Текст : электронный.
116. Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. Cowes: Ellen MacArthur Foundation URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_EllenMacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf (дата обращения: 11.07.2022). – Текст : электронный.
117. Vehlow J. Municipal solid waste management in Germany. *Waste Management* 1996; 16(5-6):367-374. – Текст : непосредственный.
118. Wangyao K, Towprayoon S, Chiemchaisri C, Gheewala S, Nopharatana A. Application of the IPCC Waste Model to solid waste disposal sites in tropical countries: case study of Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment* URL: https://www.researchgate.net/publication/24401787_Application_of_the_IPCC_Waste_Model_to_solid_waste_disposal_sites_in_tropical_countries_Case_study_of_Thailand (дата обращения: 12.03.2021). – Текст : электронный.
119. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> (дата обращения: 22.02.2021). – Текст : электронный.

Приложение А
(справочное)

**Сведения об образовании отходов производства и потребления за 2019 год,
представленные региональными операторами, осуществляющими
деятельность с ТКО¹**

Таблица А.1 – Количество образования отходов производства и потребления по субъектам

Субъект Российской Федерации	Образовано ТКО, в том числе населением, т
1. Астраханская область	714508
2. Владимирская область	918618
3. Волгоградская область	1172122
4. Воронежская область	1000301
5. Ивановская область	632247
6. Иркутская область	754103
7. Камчатский край	625182
8. Кемеровская область	506077
9. Краснодарский край	974295
10. Красноярский край	1331879
11. Ленинградская область	1734052
12. Липецкая область	566050
13. Москва	5529529
14. Московская область	12223769
15. Нижегородская область	897308
16. Новосибирская область	816183
17. Пензенская область	682380
18. Пермский край	519539
19. Республика Алтай	4502
20. Республика Башкортостан	941657

¹Промежуточные итоги реализации реформы в сфере ТКО. URL:

<https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%93%D1%83%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%98.%D0%AD..pdf> (Дата обращения: 26.02.2021).

Субъект Российской Федерации	Образовано ТКО, в том числе населением, т
21. Республика Крым	894508
22. Республика Татарстан	1232767
23. Ростовская область	2063219
24. Самарская область	1410311
25. Санкт-Петербург	189384
26. Саратовская область	1268882
27. Свердловская область	2448468
28. Ставропольский край	910140
29. Тверская область	962985
30. Тульская область	808035
31. Тюменская область	807749
32. Ульяновская область	559023
33. Челябинская область	859088
34. Чеченская республика	499573
35. Чувашская республика	512334
Итого по Российской Федерации	61147655

Приложение Б
(справочное)
Координаты и адрес организаций, занимающихся обработкой
и утилизацией ТКО

Таблица Б.1 – Территориальное расположение заводов по обработке и утилизации ТКО

Широта	Долгота	Адрес	Наименование организации
55.872723	37.584981	Россия, Москва, Алтуфьевское шоссе, 51А	ООО "Хартия"
55.605829	37.455167	Россия, Москва, поселение Сосенское, территория Хованской промзоны	ООО "ВИВА Транс"
55.850626	37.593659	Россия, Москва, Сигнальный проезд, 37Б	ООО "ЭкоЛайн"
55.717168	37.710692	Россия, Москва, Остаповский проезд, 6А	ООО "МСК-НТ"
55.638694	37.627454	Россия, Москва, Тарный проезд, вл2	ГУП Экотехпром, МПК-1 «Котляково»
55.717954	37.935324	Россия, Москва, Пехорская улица, 1Ас1	ООО "Хартия" Руднево
55.421501	37.27067	Россия, Москва, поселение Краснопахорское	ООО "ЗигЗаг"
55.611739	37.635179	Россия, Москва, Дорожная улица, 3к14	ООО "МЖС Групп"
55.983444	37.256566	Россия, Москва, Зеленоград, 4921-й проезд	ООО «МСК-НТ», МПК-3
55.903065	37.532412	Россия, Москва, Вагоноремонтная улица, 10А	ООО "Эко Альянс"
55.836911	37.451455	Россия, Москва, ул. Свободы, 35, стр. 39	ООО "ЭкоСервис"
55.599906	37.634946	Россия, Москва, улица Подольских Курсантов, 22А	ООО «ЕФН-Экотехпром МСЗ 3», МСЗ № 3
55.717921	37.934695	Россия, Москва, Пехорская ул., 1А, стр. 1, Москва, Россия	ООО "Хартия" МСЗ № 4

Источник: составлена автором

Приложение В
(справочное)

**Объекты накопленного вреда окружающей среде, расположенные
в Московской области Центрального федерального округа
Российской Федерации, 2021 год**

Таблица В.1 – Сведения по объектам накопленного вреда окружающей среде

Наименование объекта накопленного вреда окружающей среде (полигоны ТКО)	Площадь, га	Численность населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие, тыс. человек
Полигон «Кучино», г. Балашиха	54,5	200,0
Полигон «Каширский» г. Кашира	9,5	11,0
Полигон «Быково» г. Павловский Посад	8,7	15,0
Полигон «Электросталь» г. Электросталь	9,9	10,0
Полигон «Аннино», г. Руза	7,0	1,5
Полигон «Съяново», г. Серпухов	10,3	3,6
Полигон «Кулаковский», г. Чехова, д. Манушкино	18,5	5,0
Полигон «Слизнево», г. Наро-Фоминск	8,0	4,5
Полигон «Дубна Левобережная», г. Дубна	27,4	15,0
Полигон «Долгопрудный», г. Долгопрудный	13,9	100,5
Полигон «Царево», с. Царево, г. Пушкино	21,6	5,0
Полигон «Князьи Горы», д. Князьи Горы	3,7	0,1
Полигон «Часцы», Одинцовский городской округ	17,2	4,5
Полигон «Каурцево», Наро-Фоминский городской округ	10,2	12,0
Полигон «Парфеново», Сергиево-Посадский городской округ	7,6	1,5
Полигон «Вальцово», Ступинский городской округ	7,1	2,1
Полигон «Левобережный», г. Химки	37,9	30,0
Полигон «Павловское», городской округ Истра	14,4	5,3
Полигон «Сафоново», городской округ Раменское	25,2	1,3
Полигон «Протвино», городской округ Протвино	6,2	1,3

Наименование объекта накопленного вреда окружающей среде (полигоны ТКО)	Площадь, га	Численность населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие, тыс. человек
Свалка вблизи д. Пуршево городского округа Балашиха	28,8	1,5
Полигон «Талдомский», Талдомский район	А 4,5	0,1
Свалка «Семенково», п. Серебряные Пруды	3,3	0,1
Свалка «Жерновка», городской округ Серпухов	4,3	0,2
Свалка «Ошенево», Лотошинский городской округ	3,4	0,1
Свалка «Заволенье», городской округ Ликино-Дулево Орехово-Зуевского района	14,2	2,0
Свалка, д. Поварово Солнечногорского городского округа	15,9	9,7
Территория земель лесного фонда, нарушенных при размещении отходов полигона «Кулаковский», городской округ Чехов	6,7	5,0
Итого:	399,9	447,9

Источник: составлено по данным Минприроды России

Приложение Г (справочное)

Рисунки электронных моделей ТСОО города Москвы

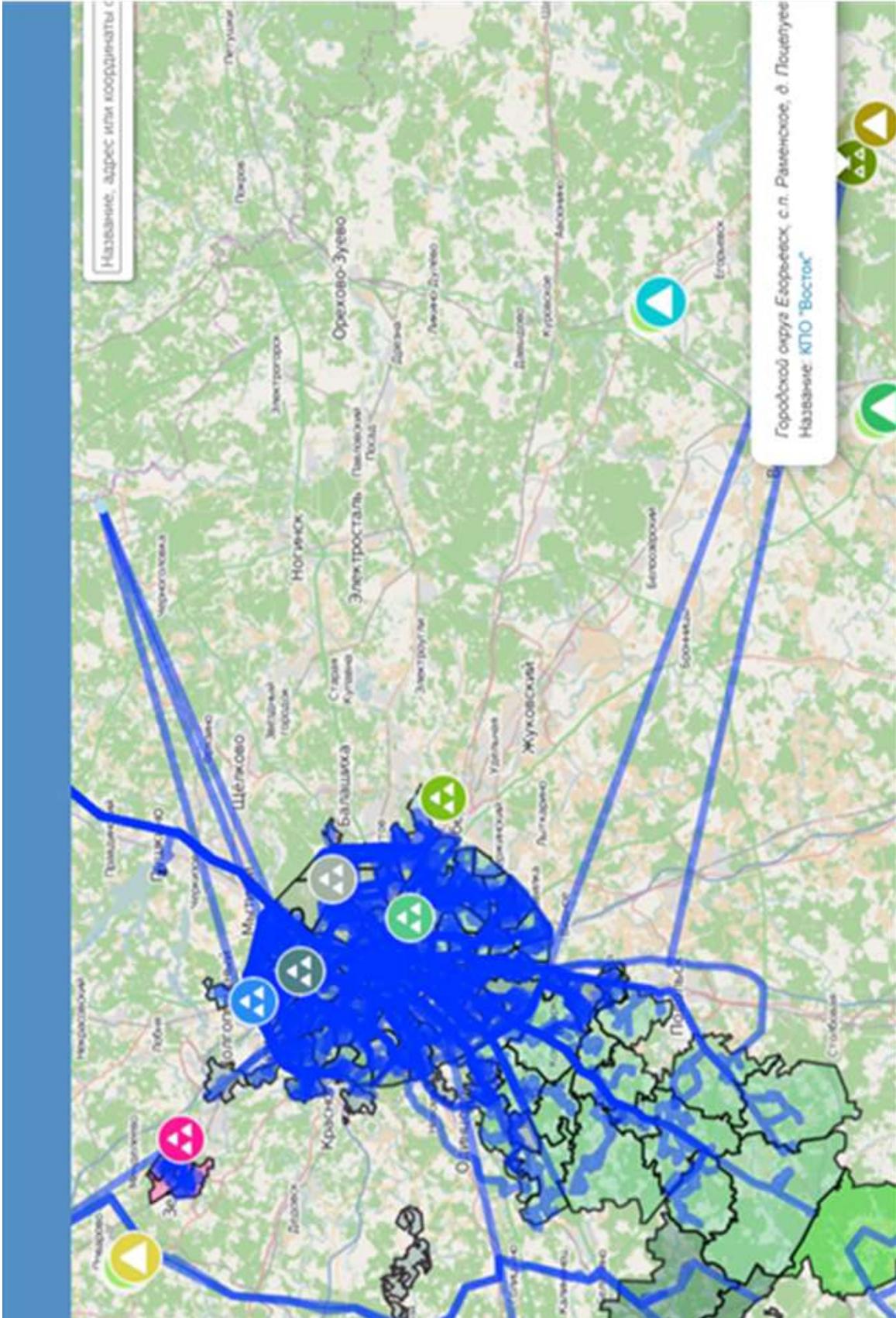


Рис. Г.1 – Электронная модель территориальной схемы обращения с твердыми коммунальными отходами города Москвы с нанесенными маршрутами движения мусоровозов и основными направлениями потоков движения твердых коммунальных отходов

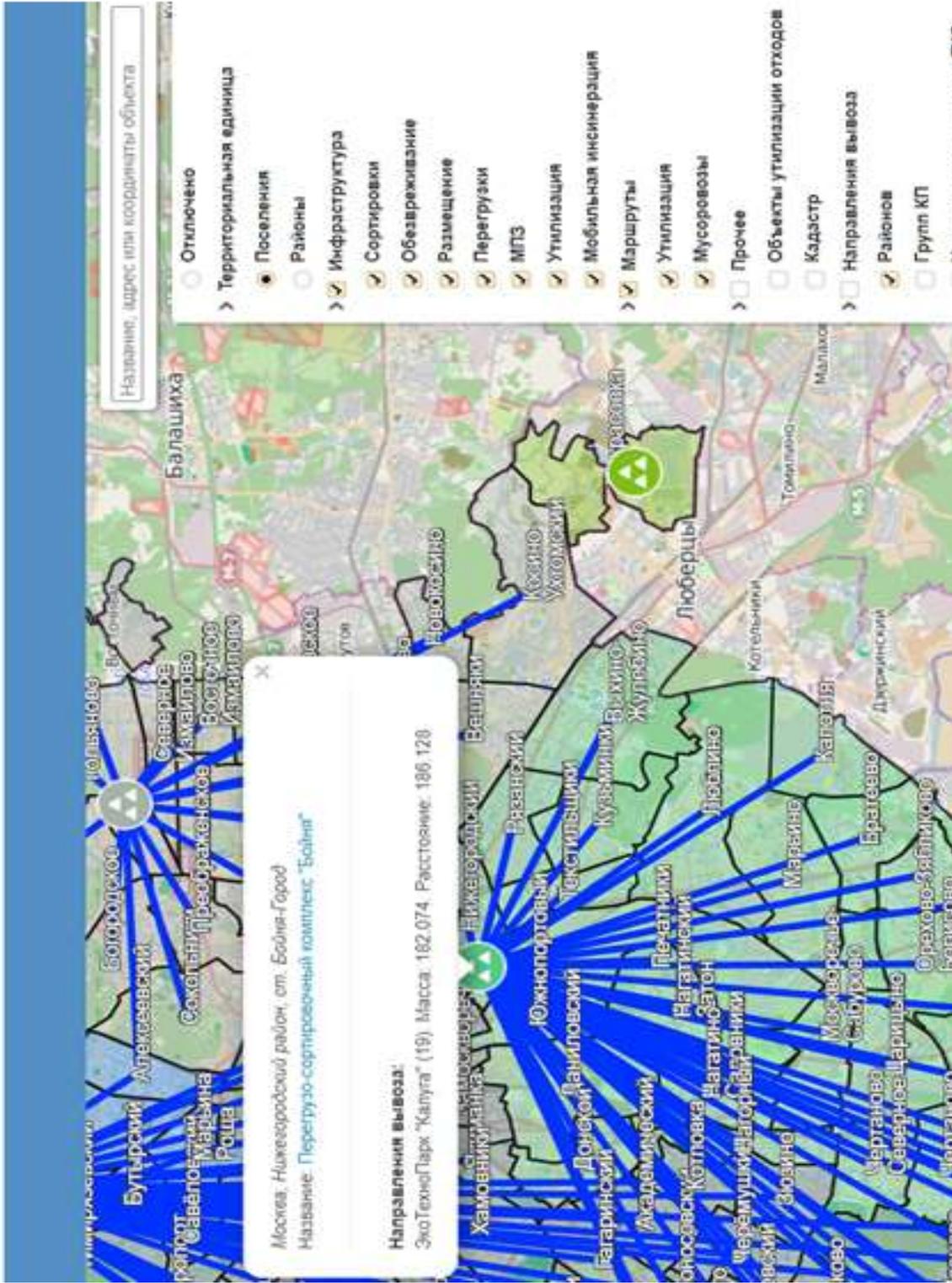


Рис. Г.2 – Электронная модель ТСО с ТКО города Москвы с направлениями вывоза твердых коммунальных отходов по районам