

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
экономический университет»

На правах рукописи

**ИГНАТОВА ДАРЬЯ ЮРЬЕВНА**

**УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЩЕНИЕМ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА  
И ПОТРЕБЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика  
(Экономика природопользования и землеустройства)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель:  
доктор экономических наук,  
доцент, Трейман М.Г.

Санкт-Петербург – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. Теоретические аспекты развития системы управления эффективностью обращения с отходами производства и потребления</b> ..	10
1.1. Сущность и понятие обращения с отходами, образующимися от производственной и непроизводственной деятельности.....	10
1.2. Тенденции по обращению с отходами, характерные для Российской Федерации.....	27
1.3. Проблемы в сфере управления отходами, характерные для регионов Российской Федерации.....	39
<b>ГЛАВА 2. Исследование методов и инструментов комплексного управления эффективностью обращения отходами в региональном масштабе</b> .....	54
2.1. Анализ методов и инструментов управления эффективностью использования отходов производства и потребления.....	54
2.2. Отечественный и зарубежный опыт регионального управления отходами.....	69
2.3. Анализ особенностей развития комплексной системы обращения с отходами в г. Санкт-Петербурге.....	82
<b>ГЛАВА 3. Совершенствование системы управления эффективностью использования отходов производства и потребления в регионе</b> .....	98
3.1. Экономические методы управления эффективностью обращения с отходами в регионе.....	98
3.2. Реализация принципов оценки рисков для экологического проекта.....	115
3.3. Использование технологий искусственного интеллекта для оценки эффективности экологических проектов.....	126
<b>Заключение</b> .....	141
<b>Список литературы</b> .....	144
<b>Приложение 1</b> .....	160
<b>Приложение 2</b> .....	162
<b>Приложение 3</b> .....	168

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

В настоящее время для многих регионов Российской Федерации проблемы обращения с отходами производственного и непроизводственного типа являются актуальными. Отсутствуют подходы к оценке эффективности управления обращения с отходами, не рассматриваются возможности использования производственных площадей предприятий смежных видов деятельности. Управление обращением с отходами – стратегически важное направление для региона, так как оно позволяет создать унифицированные подходы к управлению природоохранной деятельностью и улучшить экологическую обстановку и качество жизни в регионе.

Необходимо отметить важность создания модели управления обращением с отходами на региональном уровне, усилить мониторинг процессов обращения с отходами производственного и непроизводственного вида. В Российской Федерации необходимо создать комплексные подходы к организации совместной переработки твердых коммунальных отходов и отходов от производственной деятельности.

Проблема обращения с отходами носит региональный характер и затрагивает все сферы жизни общества: загрязнение почвы, снижение ее качества; загрязнение подземных вод, а также выделяются выбросы в атмосферный воздух, которые требуют очистки. Территориальные комплексы по переработке отходов необходимо планировать на базе предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, поскольку они обладают необходимой производственной инфраструктурой. Основное оборудование используется для сжигания осадка сточных вод и эти процессы возможно совместить с сжиганием твердых коммунальных отходов. При этом отсутствуют механизмы оценки эффективности обращения с отходами, поэтому организация комплексных подходов к управлению обращением с отходами является стратегически важным направлением.

Все представленные выше причины обосновывают необходимость разработки механизмов управления всеми типами отходов, что позволит развивать принципы экономики замкнутого цикла, а также создавать схемы управления с учетом интересов всех участников процессов обращения с отходами. При этом нужно создать механизмы оценки эффективности управления отходами, образующимися от различных типов деятельности, эти подходы дают возможность экологизировать деятельность региона.

**Степень разработанности научной проблемы.** Проблемы управления обращения с отходами в регионе занимают ряд отечественных и зарубежных ученых, направления можно подразделить на следующие:

в части создания методов и инструментов управления техногенными системами как возможность получения нового типа ресурсов – А.А. Аганов, Дж. Берстайн, С.Ю. Глухов, Г.В. Колесник, К. Льюкок, И.А. Меркулина, Ю.В. Никуличев, Н.В. Островский, В.М. Разумовский, Д. Уилсон, В. С. Фридланд, Л. В. Харламов, А.А. Челноков и др.

в части развития подходов к внедрению системы управления отходами на региональном уровне – авторы А.А. Алексеев, А. Г. Бездудная, Т.Н. Вдовина, А.С. Ложкина, Д.Е. Матыцин, Л.П. Махатадзе, А.Я. Рыженков, Л.И. Спирина, М. Г. Трейман, О.С. Чечина и др.

Однако, несмотря на множество научных публикаций и исследований по теме диссертации, на сегодняшний день недостаточно изучены вопросы управления отходами в регионе как комплексного механизма управления эколого-экономическими системами, особенно это касается организации деятельности по утилизации производственных отходов.

**Целью диссертационного исследования** является развитие методов управления эффективностью обращения с отходами производственного и непромышленного типа как основного подхода к созданию комплексных технологических механизмов переработки отходов на региональном уровне.

Реализация поставленных целей требует выполнения следующих **задач**:

- создать организационно-экономический подход к управлению отходами производства и потребления в регионе;
- разработать с помощью цифровых инструментов модели управления отходами производственного и непроизводственного типа;
- сформировать методику оценки экологического состояния регионов, совмещенную с теорией рейтинговых оценок в области обращения с отходами производственного и непроизводственного типа;
- разработать экономические механизмы: методики тарифообразования и расчета экологического сбора для импортеров и производителей товаров.

**Объект исследования:** производственный комплекс по сжиганию осадка сточных вод и ТКО.

**Предмет исследования:** механизмы комплексного управления обращением с отходами различных типов на уровне региона.

**Научная гипотеза** исследования сформулирована автором, исходя из предположения, что функционирующая на региональном уровне сложившаяся система по обращению с отходами не является эффективной, так как не задействует производственные отходы и не является комплексным решением по обращению с отходами, разработанные автором механизмы по обращению с отходами производства и потребления позволят повысить эффективность их использования в регионе и улучшить полезную эксплуатацию производственных объектов предприятия водопроводно-канализационного хозяйства.

**Теоретической основой исследования** являются фундаментальные подходы в следующих научных сферах: управление морфологическим составом и состоянием отходов производственного и непроизводственного типа, экономики природопользования в аспектах управления эколого-экономическими системами, основанными на создании технологического комплекса переработки отходов в регионе.

**Методологическую основу исследования** составляет совокупность методов научного исследования, основанных на общенаучных принципах и

специализированных методах оценки эффективности управления отходами производственной и непроизводственной деятельности. В исследовании использованы следующие методы: анализа и синтеза, графический, метод систематизации данных, построение экономико-математических моделей и использования цифровых технологий и др.

**Информационной базой исследования** послужили данные Федеральной службы государственной статистики, нормативно-правовые акты, прогнозные разработки органов управления федерального, регионального и муниципального уровней в области обращения с различными типами отходов, официальные отчеты органов исполнительной власти, обзорно-аналитические материалы, опубликованные в периодической печати.

**Обоснованность результатов диссертационного исследования** результатов исследования обеспечена использованием фундаментальных теоретических положений в области экологического менеджмента, экономики природопользования, сферы организации деятельности по обращению с отходами производственного и непроизводственного типа и основывается на научных положениях и практических рекомендациях отечественных и зарубежных ученых с учетом требований действующего законодательства в области обеспечения экологической безопасности.

**Достоверность результатов диссертационного исследования** обусловлена применением статистических данных, информации и отчетности из официальных источников. Основные методы, используемые в исследовании: экспертных оценок, аналитические исследования и последующий прогноз результатов, использование подходов сравнительного анализа.

#### **Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.**

Направление научного исследования, представленного в диссертации, соответствует Паспорту научной специальности ВАК РФ 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика» – Экономика природопользования и

землеустройства: п. 9.5. «Критерии, методы и формы рационального использования земельных и иных видов природных ресурсов», п. 9.8. «Экономические аспекты утилизации отходов. Анализ состояния и определенной возможности использования вторичных материальных ресурсов отраслей (межотраслевого комплекса)».

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в создании механизмов и алгоритмов управления отходами всех типов, основанных на организационно-экономических, управленческих, технико-экономических, эколого-экономических подходах, позволяющих создать комплексное региональное решение и оценить его экономическую эффективность. **К числу наиболее значимых и обладающих новизной научных результатов, полученных лично соискателем, относятся следующие:**

1. Создание модели технологического комплекса, направленной на решение проблем переработки отходов производственного и непромышленного типа, которая позволит определить механизм управления отходами различных типов на региональном уровне и задействовать производственные мощности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства.

2. Предложена методика оценки эколого-экономического состояния регионов, которая дает возможность реализовать механизмы стимулирования всех участников процесса обращения с отходами производственного и непромышленного типа к снижению объемов образования отходов.

3. Разработан алгоритм использования нейросетевых технологий и блокчейн-подходов к управлению обращением с отходами производства и потребления на уровне региона, что позволит создать новый комплекс инструментов управления, учитывающих современные тренды «Индустрии 4.0».

4. Разработаны методики сценарного прогнозирования тарифов для технологического комплекса переработки отходов производственного и

непроизводственного типа в регионе и оценки экологического сбора для производителей и импортеров товаров, что дает возможность сформировать принципы стимулирования импортеров товаров и потребителей к внедрению технологий переработки отходов.

**Теоретическая значимость результатов исследования** состоит в развитии теоретических и методических основ для формирования комплексной региональной системы обращения с отходами различных видов, а также разработки методов оценки экономической эффективности обращения с отходами производственного и непроизводственного типа.

**Практическая значимость результатов исследования** заключается в возможности использования результатов исследования в формировании новых подходов управления отходами различного типа на региональном уровне. Разработанные методы управления эффективностью сферы обращения с отходами могут быть унифицированы и позволят улучшить эколого-экономическую обстановку в регионах и решить ряд проблем, связанных с переработкой отходов. Результаты исследования могут быть также использованы в высших учебных заведениях при подготовке специалистов, получающих образование по специальностям: «Экологический менеджмент», «Экономика природопользования», «Производственный менеджмент».

**Апробация результатов исследования.** Результаты, выводы и практические рекомендации проведенного исследования были представлены и получили одобрение на международных и всероссийских научно-практических конференциях, материалы которых раскрывают проблемы оценки эффективности обращения с отходами производственного и непроизводственного типа в регионах страны.

Разработанные методы и инструменты внедрены в деятельности ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», в учебном процессе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного экономического университета»,

Общественная организация «Экономическое общество Республики Татарстан», что подтверждено актами о внедрении.

**Публикации результатов исследования.** Основные результаты и положения исследования отражены в 21 научной статье, в том числе в 6 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, включенных в рекомендованный список ВАК Российской Федерации, общим объемом 8,3 п.л. (в том числе авторским – 7, 45 п.л.).

**Структура диссертации.** Цели и задачи диссертационного исследования определили его структуру. Структура диссертационного исследования раскрывается во введении, трех главах, заключении. Диссертационная работа содержит 170 страниц основного текста, включает список использованной литературы из 117 наименований, 22 таблицы, 35 рисунков, 3 приложения.

# **ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ**

## **1.1. Сущность и понятие обращения с отходами, образующимися от производственной и непроизводственной деятельности**

Изначально система обращения с отходами строилась по принципу регулирования степени образования отходов на этапах добычи, производства, потребления и утилизации. При этом не рассматривалась возможность получения нового продукта из переработанного сырья, а только сбор отходов и размещение их во внешней среде. Это привело к значительному увеличению негативного воздействия от антропогенной деятельности на окружающую среду, в том числе к значительному сокращению земельного ресурса, загрязнению почв и подземных вод, выделению токсичных компонентов во внешнюю среду, большим объемам выбросов углекислого газа и пр.

Эффективное обращение с отходами производственной и непроизводственной деятельности является приоритетной задачей для любого государства, вне зависимости от степени его экономического развития. На 2022 год в мире образовалось 2,6 млрд. тонн отходов, по прогнозным оценкам этот объем к 2050 году увеличится до 3,4 млрд. тонн [43]. Исследование по эффективному обращению с отходами производства и потребления является важной тематикой для Российской Федерации.

С 1960-1970 годов в Советском Союзе сложилась новая система обращения с отходами, включающая использование вторичного сырья. Система управления обращения с отходами, образующимися от производственной и непроизводственной деятельности, была построена по отраслевому принципу. Одним из важнейших элементов действовавшей инфраструктуры стала переработка вторичного сырья, утилизации данным способом подлежали: черные и цветные металлы, бумага и стеклотара. При

этом опыт СССР был использован в некоторых странах при модернизации собственной системы обращения с отходами, например, в Японии и Республике Беларусь [56].

Однако, современный подход к управлению сферой обращения с отходами производства и потребления в России совершенно другой. Экономическая модель производства 21 века Российской Федерации не является рациональной [51]. Так как экономика страны на данном этапе развития в большей степени характеризуется материально-сырьевой направленностью производства и высоким уровнем образования отходов, которые направляются в основном на захоронение или сжигание, без последующего вовлечения их в новый хозяйственный оборот. С 1991 года Российская Федерация была нацелена на решение текущих экономических проблем, вопросы обращения с отходами оставались на втором плане. Действующая до реформ модель обращения с отходами в стране требовала существенной перестройки и отказа от захоронения отходов в пользу их переработки или полной утилизации наиболее эффективными в мировой практике технологиями. Приоритетными направлениями стратегического развития Российской Федерации в использовании природно-ресурсного потенциала должно стать обеспечение рационального использования ресурсов, принципов экологической безопасности, и продолжение курса по устойчивому развитию государства. В данном случае, производственные отходы имеют особое значение для нашей страны, и могут стать потенциальным ресурсом для производства нового продукта из вторичного сырья, или производства тепло-, электро- энергии [5]. Устойчивость системы обращения с отходами производства и потребления будет обеспечиваться развитием отрасли утилизации отходов в регионах страны, за счет вовлечения в повторный хозяйственный оборот вторичного сырья и внедрением системы контроля несанкционированного захоронения отходов [35; 46]. Также важным аспектом, связанным с эффективным управлением обращением с отходами, является экологичная утилизация производственных отходов,

образующихся от деятельности очистных водопроводно-канализационных сооружений. В процессе биологической очистки городских сточных вод, наиболее эффективной в мире, образуется достаточно большое количество осадка, который в основном размещается на иловых полях или полигонах ТКО и приводит к таким негативным факторам как, загрязнение почв, атмосферы, подземных вод, за счет расширения полигонов выводятся из хозяйственного оборота большие площади земель, полигоны с отходами не только приводят к жалобам со стороны жителей, проживающих на близлежащих территориях, но и являются неэкономичным использованием ресурса, в том числе за счет эффективной утилизации снизить нагрузку на заполненные полигоны.

В качестве основных проблем, связанных с процессом обращения с отходами в регионах Российской Федерации, можно отнести:

- неэффективное управление отходами производства, а также твердыми коммунальными отходами;
- рост объёма образования отходов, их хранения и захоронения, что приводит к негативным экологическим последствиям и экономическим потерям государства;
- высокий уровень загрязнения атмосферы в промышленных центрах, и почв в местах размещения отходов;
- отсутствие конкретных мер управления в нормативно-правовой и законодательной базе в области вторичных ресурсов, в том числе закреплении права собственности на отходы;
- вывод из хозяйственного оборота земельного ресурса, занятого под складирование и захоронение отходов производственной и непроизводственной деятельности. Из-за размещения отходов в первую очередь подвергается негативному воздействию почва, разрушается почвенный покров. Несмотря на то, что применяются современные технологии обезвреживания (например, геотубирование), земли теряют свои

свойства, исключается возможность использования их в сельском хозяйстве [40];

- высокие эксплуатационные затраты на размещение объектов инфраструктуры по обращению с отходами [23];

- транспортно-логистические барьеры при транспортировке производственных отходов. Существенная географическая протяженность территории страны оказывает большое влияние на транспортировку производственных отходов, в том числе, вызывает ряд сложностей, связанных с обеспечением безопасной транспортировки отходов и высокими транспортными издержками [15].

- несоблюдение производственными компаниями установленных законодательством правил по утилизации отходов или размещению их на полигонах, в том числе под видом рекультивации природной среды – предприятия размещают незаконно отходы, создают несанкционированные свалки;

- токсичные отходы, характеризуются низким процентом обезвреживания, большими объемами образования;

- еще одной проблемой, связанной с отходами, является накопление большого объема производственных отходов, образующихся в процессе очистки городских сточных вод. В результате технологических мероприятий образуется иловый осадок, большая часть которого складывается на иловых полях или полигонах ТКО.

Проведем анализ нормативно-правовой базы обращения с отходами производства и потребления в Российской Федерации.

Политика государства в сфере обращения с отходами от производственной и непроизводственной деятельности с 2017 года претерпела существенные изменения.

Законодательство в сфере обращения с отходами в России, регламентируется следующими нормативно-правовыми актами:

— Конституцией Российской Федерации, статьями 24, 42 и 58.

— Международными нормативными актами. Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (Лондонская конвенция). Директива Европейского Сообщества №75/442/ЕЕС, которая запрещает захоронение отходов. Международная конвенция по предотвращению загрязнения от судов 1973 г. (МАРПОЛ / MARPOL). Указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996 г. «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», которые ратифицировал программные документы, принятые на Конференции по окружающей среде и развитию ООН в 1992 г. Базельская конвенция, подписанная Федеральным Законом №49 от 25.11.1994 г., которая содержит правила о контроле за трансграничной перевозкой и удалении опасных отходов.

— Основным нормативно-правовым актом, регулирующим вопросы управления обращением с отходами, является Федеральный закон № 89 от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления». В нем определены основные термины; юридическая ответственность субъектов РФ и органов местного самоуправления; требования по лицензированию и обращению с отходами; экологический сбор и право на получение льгот [1].

Более конкретные вопросы, связанные с обращением с отходами, регулируются отдельными нормативно-правовыми актами [84; 94]:

— Федеральным законом №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды». Данный закон определяет нормирование образования отходов и устанавливает лимиты на их размещение [2].

— Федеральным законом №52 от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Данный закон определяет санитарно-эпидемиологические требования, ко всему жизненному циклу обращения с отходами.

— Постановлением Правительства РФ № 326 от 15.04.2014 г. «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» [4].

— Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 28.06.2021 г. № 388 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по подтверждению отнесения отходов I – V классов опасности к конкретному классу опасности» (зарегистрирован Минюстом России 29.11.2021 № 66061).

— Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.01.2018 г. №84-р «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года». Данный документ направлен на изменение политики в отношении отходов производства и потребления, а также ориентирован на переход к частичному безотходному производству. Поставлена цель на ежегодное увеличение процента отходов, направляемых на утилизацию, вместо размещения на полигонах. В рамках данного Распоряжения была проведена реформа, связанная с изменением подходов к обращению с отходами в стране, в том числе введена услуга по обращению с ТКО.

- Национальным проектом «Экология».
- Федеральным проектом «Чистая страна».
- Экологической доктриной Российской Федерации.
- Климатической доктриной Российской Федерации.
- ГОСТами.

В том числе, в статье 13 Земельного кодекса РФ установлены обязательства землепользователей в обеспечении защиты земель от загрязнения отходами производства. Водный кодекс регулирует обращение с водными ресурсами в стране и осадком сточных вод.

В области управления обращением с отходами важную роль занимают и международные соглашения и конвенции. В соответствии с законодательством Российской Федерации международное право имеет

приоритет над национальным законодательством, однако, оно не должно противоречить Конституции страны [22].



Рисунок 1 – Схема законодательного регулирования обращения с отходами производства и потребления [12]

В Федеральном Законе №89 «Об отходах производства и потребления» даны понятия отходов [1]:

1. В Федеральном Законе №89 «Об отходах производства и потребления» выделены правила накопления производственных отходов, в которых обозначено, что они должны накапливаться в специальных помещениях или на открытых площадках, если места накопления установлены на производственных территориях; если места накопления установлены вне производственных территорий, то на предназначенных для них сооружениях.

2. Твердые коммунальные отходы (ТКО) – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. До недавнего времени отходы городской канализации не включались в ТКО и рассматривались отдельно. Однако, теперь к ТКО относятся и крупногабаритные городские отходы, дорожный мусор и садовые отходы [50].

3. Радиоактивные отходы – это вид отходов, которые содержат радиоактивный материал.

Под обращением с отходами понимается деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов. К размещению относится как хранение, так и захоронение отходов.

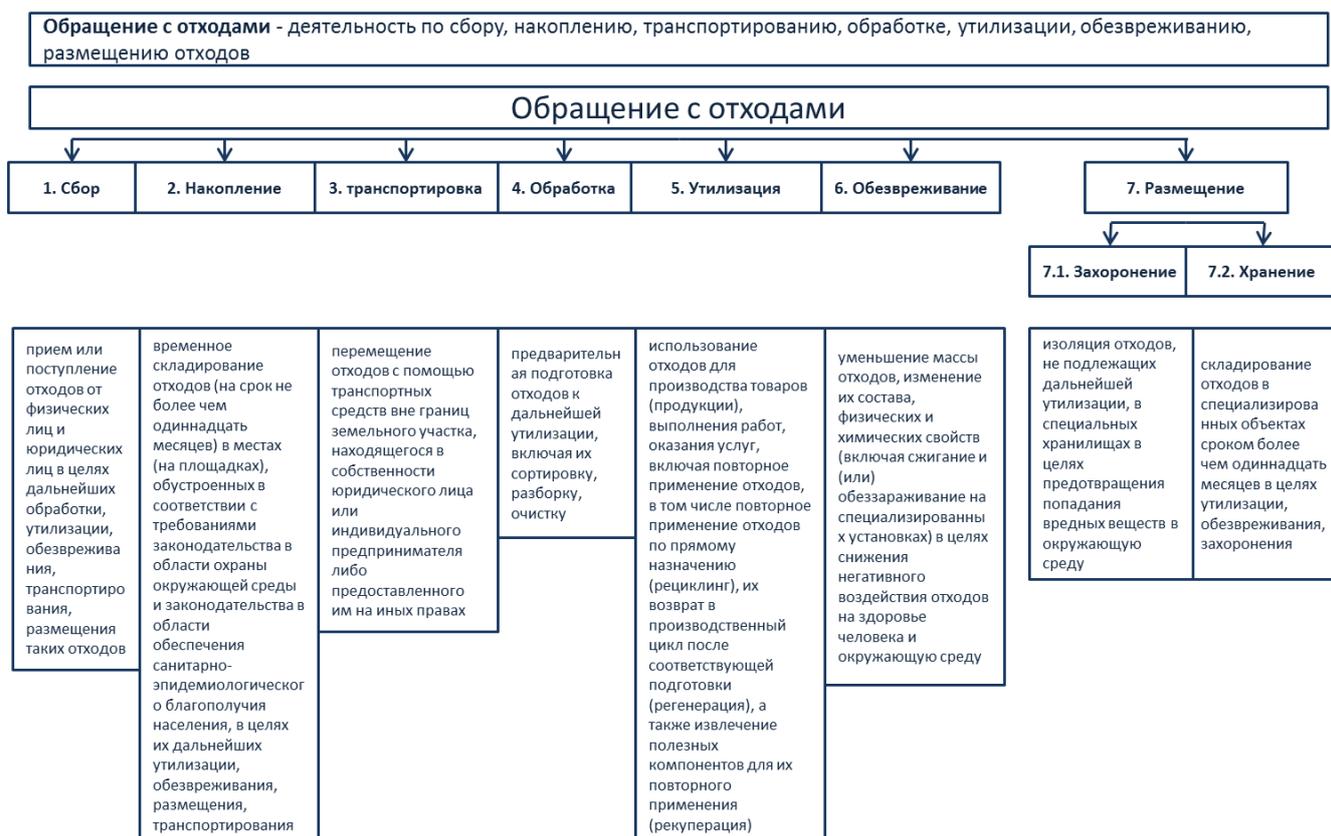


Рисунок 2 – Характеристика процесса обращения с отходами производства и потребления в Российской Федерации [1; 85]

Отходы производства и потребления разделяются на твердые коммунальные отходы и производственные отходы.

Необходимо отметить, что производственными отходами, называют любые отходы, возникающие в процессе производственной деятельности предприятия, к ним могут относиться остатки сырья, вещества, материалы, изделия и продукты, и остающиеся от производственной деятельности, при этом утратившие свои потребительские свойства, а также образующиеся в

процессе производства попутные вещества, не находящие применения в данном производстве (отходы при добыче полезных ископаемых, осадок сточных вод от деятельности по очистке сточных вод, отходы животноводства и т.д.).

Способ утилизации и обращения с ними, выбирается исходя из класса опасности отходов и их агрегатного состояния.

Виды производственных отходов подразделяются на жидкие, твердые и газообразные – по агрегатному состоянию. Классифицируются они по классам опасности [66].

Особенностью обращения с производственными отходами, является то, что на каждом производственном этапе, предусматривающим создание отходов, должен быть разработан порядок накопления, обезвреживания, транспортировки и размещения. За обращение с производственными отходами отвечает предприятие. Площадки для размещения отходов должны быть согласованы с органами государственного контроля. Утилизируются они с помощью переработки, захоронения, брикетирования, сжигания и компостирования.

Комплексное обобщение типологии отходов производства и потребления представлено в Приказе Министерства природы РФ №792 от 30.09.2011 гг. (Государственном кадастре отходов). Государственный кадастр отходов (далее - ГКО) содержит информацию об отходах производственной и непромышленной деятельности, их происхождении, морфологическом составе, классе опасности, в том числе обращении с отходами и условиями и конкретных местах, объектах размещения отходов.

По степени воздействия на природную среду отходы подразделяются на классы опасности: 1 класс – чрезвычайно опасные отходы; 2 класс – высоко опасные отходы; 3 класс – умеренно опасные отходы; 4 класс – малоопасные отходы; 5 класс – неопасные отходы [1; 54].

На сегодняшний день в стране накоплено около миллиарда токсичных отходов, которые не были утилизированы, а размещены на складах,

полигонах и захоронены, что сказывается на экологической ситуации в регионах. Помимо этого, ежегодно на производственных предприятиях образуются тысячи тонн отходов 1 и 2 класса опасности, для переработки и утилизации которых требуются специальные технологии [1].

Стоит отметить, что важнейшими нормативными актами, которые определяют вектор развития отрасли переработки отходов производства и потребления в России, являются:

— Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года (далее – «Стратегия развития») [5].

В рамках Стратегии определена цель – формирование и перспективное развитие области обращения с отходами производства и потребления по принципам «3R», которые также отражены в ФЗ №89 от 24.06.1998 года «Об отходах производства и потребления» и перспективное развитие отечественной технологической и машиностроительной базы, обеспечивающей отрасль современным высокотехнологичным оборудованием [57]. В том числе проведение политики импортозамещения технологий и оборудования по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов [47].

Основными участниками данного процесса должны выступать частные и государственные предприятия, научно-исследовательские институты, юридические и физические лица, которые имеют непосредственное отношение к образованию отходов.

В Стратегии предусматривается разработка территориальной схемы развития и размещения объектов промышленности по обращению с отходами производства и потребления, в том числе, создание центра по сертификации оборудования и совершенствование нормативно-правовой базы [18].

Следующим нормативным актом, является Национальный проект «Экология» (далее – «Национальный проект»). Принятый национальный проект «Экология» должен был до 2024 года изменить сложившуюся

ситуацию с процессом обращения с отходами от производственной и непроизводственной деятельности [105].

Важным документом, регламентирующим деятельность в сфере обращения с отходами от производственной и непроизводственной деятельности, является, утвержденная Указом Президента №176 от 19.04.2017 года, «Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 года». В ней отмечена задача по увеличению показателя утилизации отходов производства и потребления, а также по повышению эффективности в использовании природных ресурсов, в ней обозначена и рекультивация построенных полигонов, создание мусоросортировочных и мусороперерабатывающих заводов, запуск проекта «Энергия из отходов», в рамках которого планируется направлять отходы на термическую переработку в электроэнергию.

Например, осадок сточных вод, основной производственный отход от процесса биологической очистки сточных вод, во многих регионах страны, несмотря на проводимые реформы, в основном направляется на размещение на полигоны, в тоже время его утилизация подходит под принцип «Энергия из отходов» [53].

Одной из нерешенных задач на настоящее время, остается разработка и внедрение на федеральном и региональном уровне инновационной технико-экономической системы, которая позволит сократить объем отходов от производственной и непроизводственной деятельности, направляемых на захоронение, вовлекая вместо этого их в повторный оборот в качестве сырья для производства нового продукта или получения тепло-, электро-энергии. Для ее решения был принят Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла», который был принят в 2022 году.

Организационная структура управления проектом «Экономика замкнутого цикла» (далее – ЭЗЦ), представлена следующим образом [81]:

— На первом месте находится высший координационный уровень, тот кто формирует государственную политику в данной области и

разрабатывает модель по переходу к экономике замкнутого цикла. Ответственным назначен ППК «Российский экологический оператор» (далее – РЭО).

— Второй уровень – Правительственный уровень. Ответственность за принятие отраслевых стандартов по применению «зеленых» технологий и материалов, продуктов, в том числе сотрудничества с «зелеными» предприятиями несут отраслевые министерства.

— Третий уровень – Исполнительный. На третьем уровне расположены технопарки, предприятия и кластеры. В их задачи входит регулирование и контроль вопросов по совместному использованию водных ресурсов, электроэнергии, металлов и отходов на договорной основе.

Результатами проекта должны стать модернизированные производства, увеличение показателя конкурентоспособности российской экономики, развитие отраслей экономики не связанных с добычей полезных ископаемых, экологизация деятельности регионов, ресурсная эффективность и достижение углеродной нейтральности.

Основным ожидаемым эффектом будет снижение объема образованных отходов, сокращение количества санкционированных и нелегальных свалок в стране и сохранение природных ресурсов.

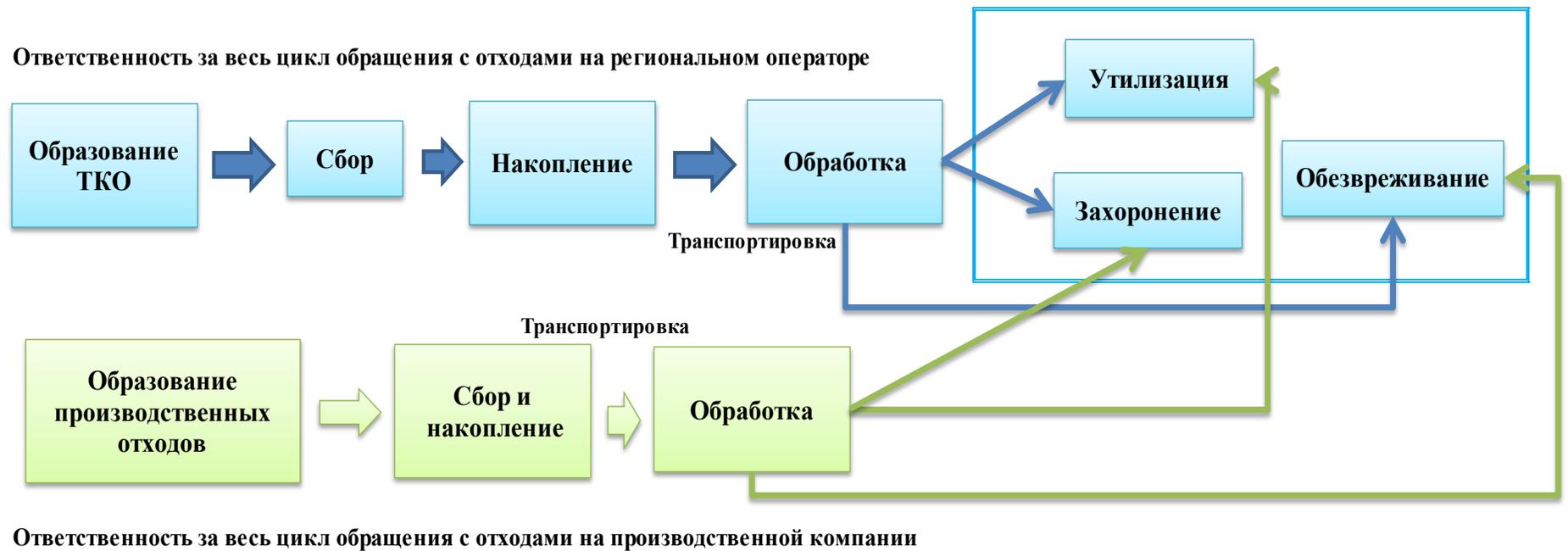


Рисунок 3 – Схема процесса обращения с отходами производственной и непроизводственной деятельности (составлено автором)

Процесс перехода на новую систему обращения с отходами был введен поэтапно. В 2017 году с Распоряжения Правительства Российской Федерации, в котором была утверждена новая концепция обращения с отходами производства и потребления. Законодательно утвердились понятия «вторичные ресурсы» и «вторичное сырье», было введено понятие «сбор отходов». Также законодательно было закреплено, что отходы производства и потребления, имеющие свойства для повторного использования в производстве нового продукта, услуги, получения тепловой или электроэнергии не подлежат захоронению, их необходимо перерабатывать или утилизировать.

В новой Стратегии развития была обозначена приоритетность вторичной переработки отходов над их захоронением. К 2030 году планируется строительство сортировочных комплексов и мусороперерабатывающих заводов почти во всех регионах страны, в том числе введение постепенного запрета на захоронение отходов, которые возможно использовать вторично и введение жестких санкций за ненадлежащую утилизацию.

Однако, что касается производственных отходов с 1 квартала 2023 года, вступили в силу новые правила обращения с ними, включающие ряд требований:

— Использование побочных продуктов в течение 3-х лет, по истечении срока данные продукты переводятся в отходы и взимается плата за их использование в повышенном размере.

— Утвержден перечень веществ и предметов, которые исключены из списка побочных продуктов: некоторые виды отходов, а также вещества и предметы, содержащие стойкие органические загрязнители, и отходы, не являющиеся взрыво-, огнеопасными, способными самовозгораться, токсичными (ядовитыми), выделяющими токсичные газы.

— С 1 января 2030 года вводится запрет на захоронение вторичных ресурсов и меры поддержки по стимулированию на производство определенного перечня продукции из вторичного сырья [6].

Региональный оператор осуществляет работу, исходя из утвержденной региональной программы и территориальной схемы обращения с отходами.

В каждом субъекте Российской Федерации приняты территориальные схемы обращения с отходами, из данных схем формируется федеральная схема обращения с отходами. В них отражены места накопления отходов, схема их вывоза и утилизации, в том числе организации, занимающиеся сортировкой отходов.

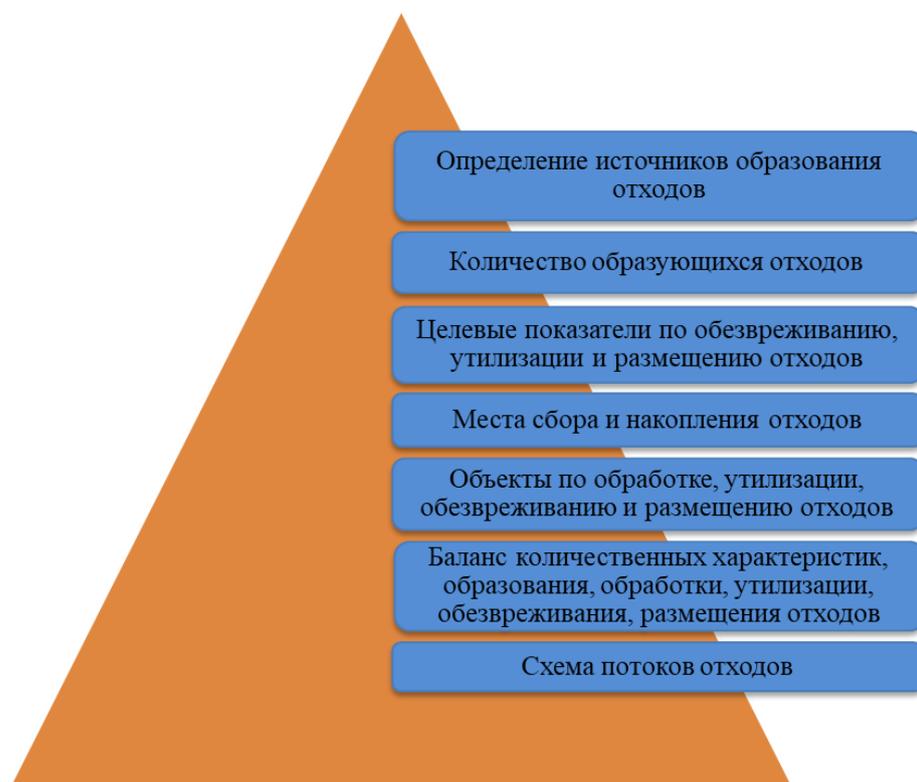


Рисунок 4 – Составные части территориальной схемы обращения с отходами на территории субъекта Российской Федерации (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования) [40]

Региональный оператор осуществляет весь цикл обращения с отходами от сбора отходов с мест накопления до обработки и размещения, также в его обязанности входит ликвидация несанкционированных и стихийных свалок.

Основная схема взаимодействия, представлена следующим образом:  
«основные потребители – региональный оператор – прочие операторы».



Рисунок 5 – Схемы обращения с отходами производства и потребления до и после начала деятельности регионального оператора в регионе (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и комитета по благоустройству г. Санкт-Петербурга) [40]

Собственники отходов разделяются на три группы: владельцы жилых и нежилых помещений в многоквартирных домах и владельцы квартир; владельцы частных домов; юридические лица и индивидуальные предприниматели.

Собственный бюджет региональные операторы формируют самостоятельно, он зависит от тарифов, в них уже включены затраты на утилизацию ТКО, создание перерабатывающих заводов и новых полигонов, а также на реализацию мероприятий «зеленой» экономики. В исследовании Трейман М.Г., Бездудной А.Г. и Смирнова Р.В. отмечается, что из-за установления региональными операторами собственного уровня цен на вторичные материальные ресурсы, могут возникнуть трудности в работе логистических компаний: появление сырьевых проблем, недозагрузка производственных мощностей, снижение эффективности бизнес-процессов [15].

Переход на новую систему по обращению с отходами начался с 2019 года, однако в части регионов к 2021 году не были определены региональные

операторы. Не была подготовлена инфраструктура для вывоза отходов и их переработки во всех регионах. На февраль 2020 года только 78 субъектов Российской Федерации были полностью переведены на новую систему обращения с ТКО - Санкт-Петербург, Москва, Хабаровский край и Еврейская АО не передали полномочия в обращении с ТКО региональным операторам.

Несмотря на то, что в Российской Федерации остается актуальным использование предупреждающих мер по обращению с отходами от производственной и непроизводственной деятельности, внедрены реформы, основными задачами которых являются:

- определение тарифов на вывоз отходов, которые рассчитываются по единой методике для всех регионов, что позволит ликвидировать произвольные расценки от неофициальных перевозчиков;

- обеспечение перехода от захоронения отходов к их полной утилизации и переработке;

- внедрение современных технологий в отрасль переработки отходов;

- контроль за отходами производственного и непроизводственного типа на всех этапах процесса обращения с отходами, тем не менее, остается часть нерешенных вопросов с несанкционированными свалками, ограничением нормативно-правовой базы на использование отходов, проблемы в логистической деятельности и высокими затратами на нее при транспортировке отходов.

Помимо этого, анализ нормативно-правовых документов в сфере обращения с отходами показал, что органами государственной власти и местного самоуправления установлен не только контроль за обращением с отходами в регионах страны, но и стимулирование всех участников процесса для снижения объема образования отходов, их рециклинга и рекуперации.

Таким образом, в настоящее время проблемы ТКО не решены в регионах Российской Федерации, и в основном они связаны с отсутствием механизмов управления отходами и внедрением эффективных способов их

переработки. Особенно это касается производственных отходов, поскольку их количество значительно, а также они являются потенциально опасными для эколого-экономической обстановки в регионе.

## **1.2. Тенденции по обращению с отходами, характерные для Российской Федерации**

Рассмотрим тенденции по обращению с отходами производства и потребления, которые определяются Распоряжением Правительства РФ №84-р от 25.01.2018 «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления». Данная Стратегия утверждена на период до 2030 года.

Исходя из информации, представленной в Стратегии экологической безопасности РФ, более 30 млрд. / т отходов было накоплено к 2018 году на территории страны. По итогам проведенного анализа всех территорий было выявлено 340 объектов, содержащих потенциальную опасность для жизни и здоровья населения. При этом санкционированные объекты размещения отходов выводят из хозяйственного оборота страны земельный ресурс площадью 4 млн./га (в том числе продуктивных сельскохозяйственных угодий), и эта территория ежегодно увеличивается на 300-400 тыс. гектаров [3].

Незначительное снижение объема отходов было зафиксировано в 2015 и 2020 году, что обусловлено макроэкономическими факторами для российского рынка, в 2020 году это была пандемия COVID-19, которая сказалась на производственных процессах. Из чего можно сделать вывод, что увеличение объема отходов пропорционально увеличению производственных процессов в стране. Также это соотносится с реформой в области обращения с отходами и организацией контроля над рынком обращения с отходами. При этом основной процент от всего объема образующихся отходов производства и потребления составляют производственные отходы, доля ТКО не более 2%. В 2015 году, данный показатель составлял 1% [17].

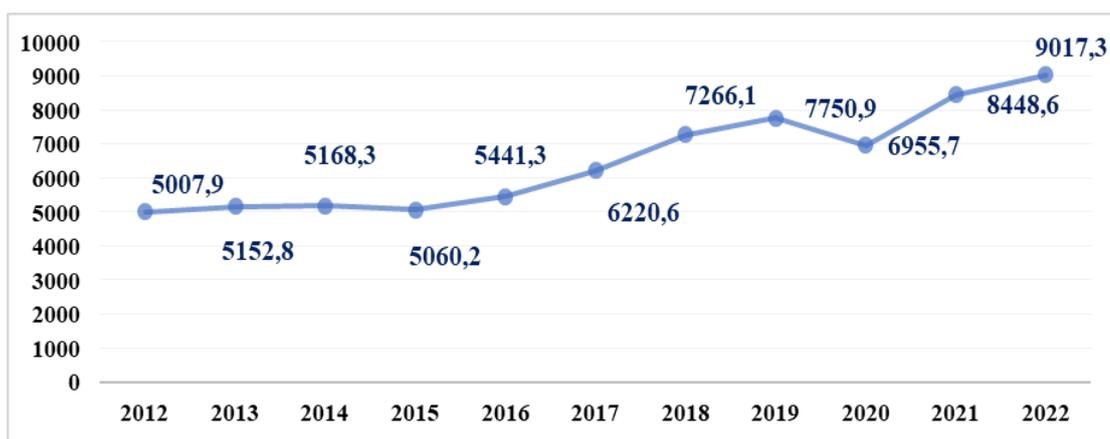


Рисунок 6 – Динамика образованных отходов производства и потребления в Российской Федерации за 11 лет, млн. тонн (составлено автором по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования) [112]

Позитивным является тот факт, что с увеличением затрат на обращение с отходами производства и потребления вырос и показатель обезвреженных и утилизированных отходов.

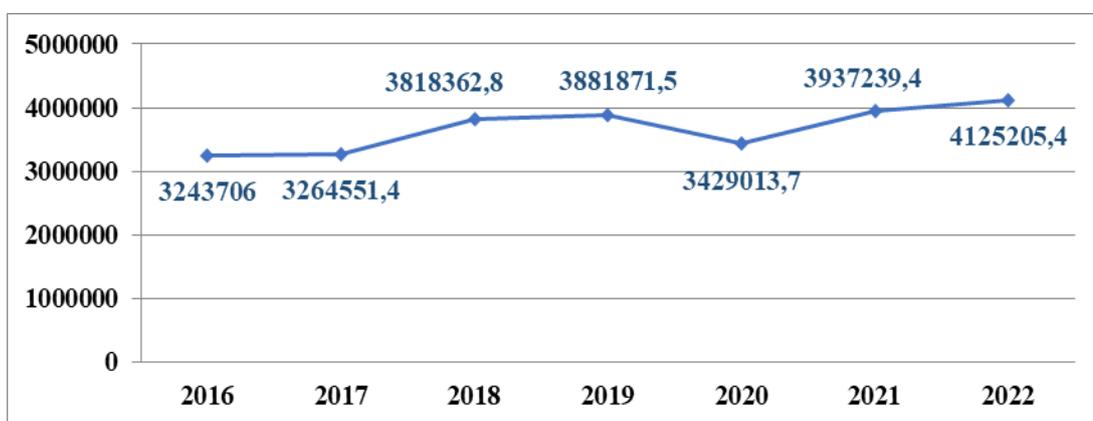


Рисунок 7 – Объем утилизированных и обезвреженных отходов (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, тыс. т.) [113]

По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, наиболее отходообразующими отраслями промышленности являются: обрабатывающие производства, добыча полезных ископаемых и водоснабжение, водоотведение.

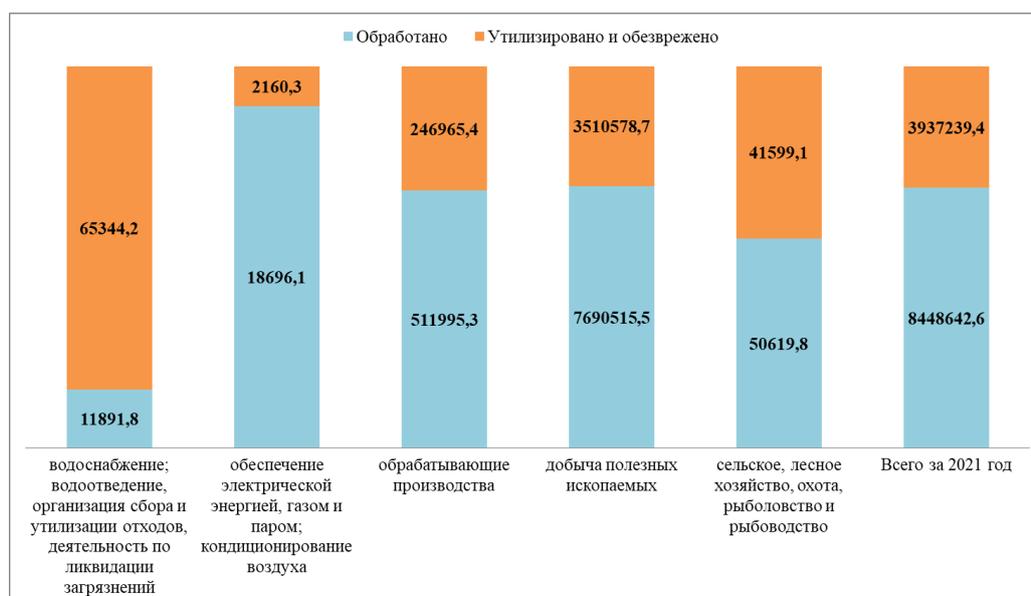


Рисунок 8 – Структура образования, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления по видам экономической деятельности (по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за 2021 год) [111; 112; 113]

Сегмент рынка по утилизации и обезвреживанию отходов водоснабжения и водоотведения вырос в 2,5 раза с 2016 года.

К положительным изменениям, можно отнести и тот факт, что доля утилизированных и обезвреженных отходов в категории водоснабжение, водоотведение превышает показатель образованных за 2021 год в 5 раз. После 2021 года данное исследование не проводилось. На втором месте находится отрасль сельского хозяйства и добыча полезных ископаемых.

Как уже указывалось выше, основным производственным отходом, от деятельности по очистке сточных вод является осадок сточных вод. Осадок сточных вод в основном относится к 4-5 классу опасности. Опираясь на статистику из открытых источников информации, можно заметить динамику по снижению объема образования илового осадка, что показывает эффективность проводимых мероприятий по снижению образования и складирования осадка, однако, процесс управления обращением осадком в каждом регионе различается, исходя из состава и структуры сточных вод. Основная задача, стоящая перед регионами, заключается в применении

методов утилизации, позволяющих существенно сократить объем осадка, при минимальном негативном воздействии на окружающую среду.

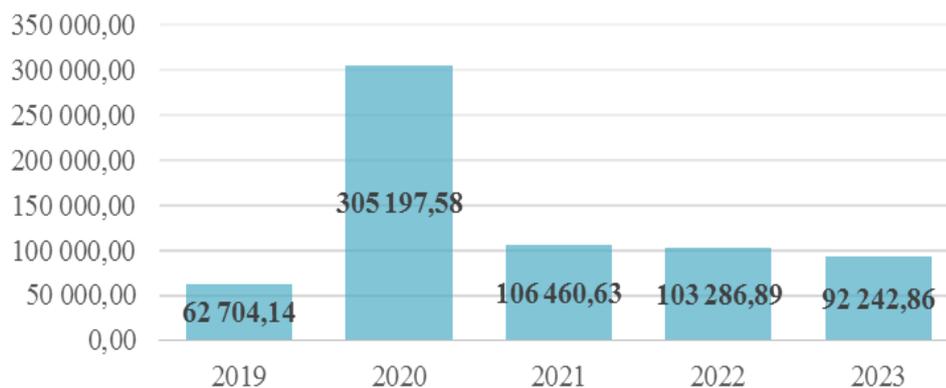


Рисунок 9 – Динамика среднего объёма образования осадка сточных вод после механической и биологической очистки за период 2019 – 2023 гг. в России, тыс. т. [111]

Как видно из данных Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, наибольший объем отходов приходится на 5 класс опасности. За 2022 год объем отходов, относящихся к данному классу, составил свыше 8 млрд. т., при этом отходы различаются по своему составу и виду и составляют основной процент обезвреженных и использованных отходов от общей массы образованных отходов по всем классам опасности.

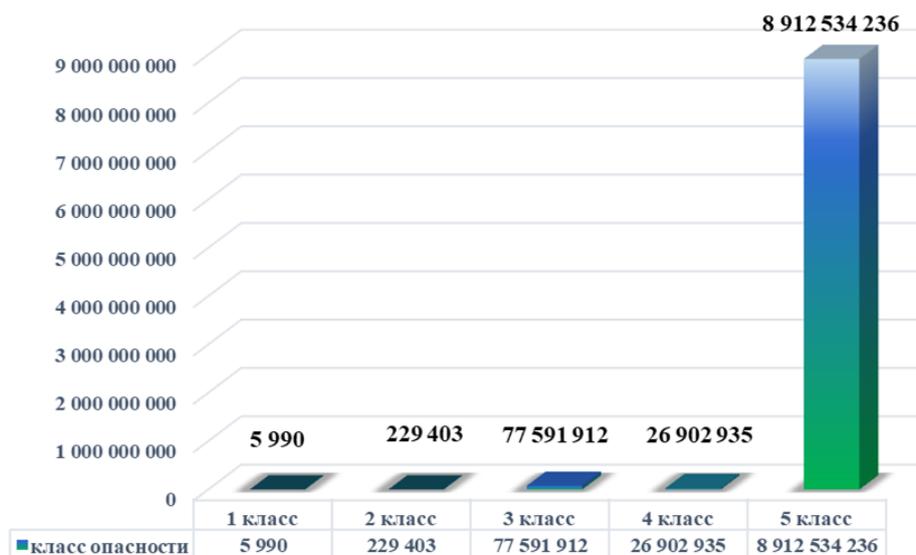


Рисунок 10 – Распределение отходов по классам опасности в 2022 году, тонн (данные Федеральной службы по надзору в сфере природопользования) [111]

Основными образующимися отходами 1 и 2 класса опасности являются промышленные отходы, которые образовались в результате функционирования производственных предприятий [46].

На сегодняшний день общий объем отходов производства и потребления, направляемых на хранение, превышает рециклинг на 57%. Объем отходов, направляемых на захоронение, превышает направляемых на рециклинг на 33%. При этом оба показателя увеличились за 4 года реформы на 30% и 51%, соответственно.

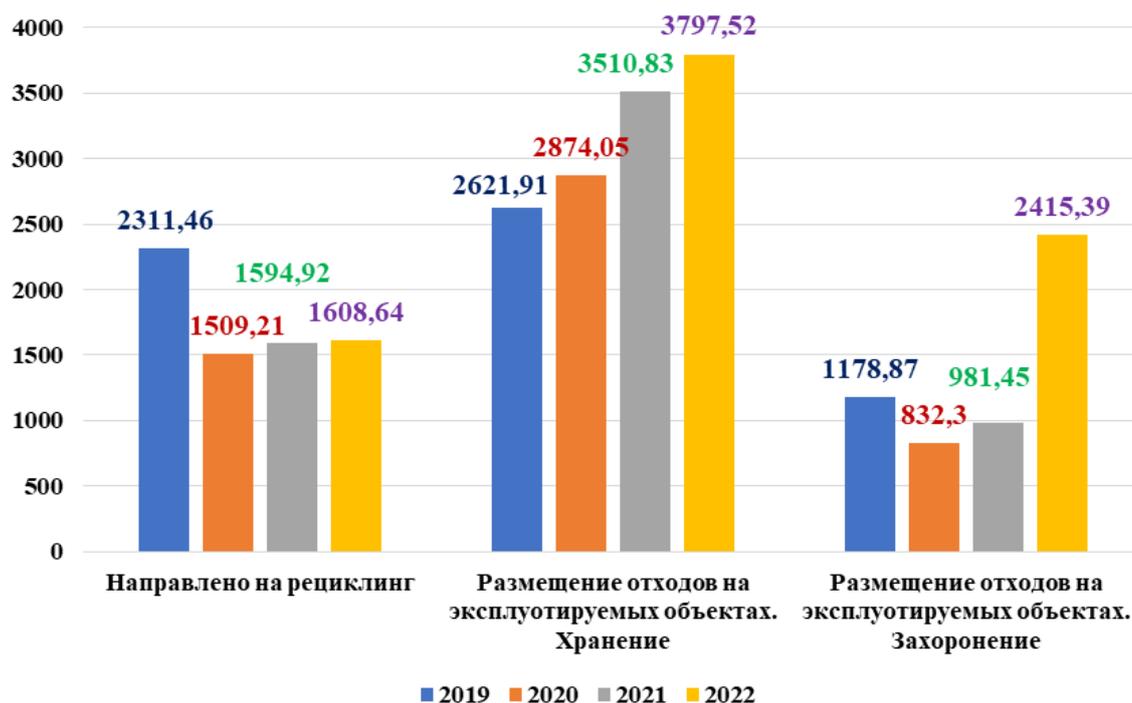


Рисунок 11 – Динамика соотношения отходов, направляемых на рециклинг к отходам, на захоронение и хранение (составлено автором по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования) [111;113]

Тем не менее, показатель отходов, направляемых на рециклинг, за 3 года увеличился, хоть и незначительно, что все-таки позволяет сделать вывод о положительных изменениях в сфере управления отходами.

Показатель переработки и размещения отходов зависит в том числе и от их морфологического состава. В зависимости от состава определяется и схема обращения с ними. Морфологический и химический состав отходов

может отличаться между регионами, и будет зависеть от климатических условий и видов экономической деятельности предприятий.

В 2017 году, до введения реформ, было проведено исследование рынка отходов Российской Федерации, в нем выявлено, что наибольший процент отходов, которые направляются на переработку в России являются бумага и картон, стеклотара, пластик и резина. На данный момент статистические данные практически не изменились.

Например, в Калужской, Ленинградской и Московской областях на производственных мощностях мусоросортировочных комплексов производят из такого сырья RDF-топливо, которое используется для производства тепловой энергии на металлургическом и цементном производствах.

Из переработанного пластика в Калининграде производят пластиковую продукцию, в Екатеринбурге производят цветные доски для строительства детских площадок, ограждений дорог, столбов и садовой мебели.

При этом в мире уже давно отлажен процесс переработки осадка сточных вод, который является основным отходом от деятельности предприятий ВКХ. Во Франции осадок сжигается, а полученный биогаз от сжигания используется в качестве энергетического ресурса для подачи отопления в производственных помещениях на заводе по очистке канализационных стоков. В Швеции осадок сточных вод используется в качестве удобрений в сельском хозяйстве и для рекультивации старых горных выработок на севере страны. В России для подобной рекультивации чаще используются отходы от добычи полезных ископаемых. Однако, в Пермском крае на данный момент рассматривается возможность использования осадка от кислых шахтных вод для засыпания затопленных шахт. В Австрии на комплексе очистных сооружений осадок сжигается для использования энергии от его сжигания в экоэлектростанциях [25].

Проведено множество исследований, которые подтвердили возможность использования осадка в качестве топлива. Создание биогаза из

отходов является актуальным и для России, как для страны с минерально-сырьевой экономикой.

В России проблема с эффективной утилизацией осадка сточных вод стоит достаточно остро. На текущий момент накоплено 100 миллионов м<sup>3</sup>, из них только 4% переработано [16]. Например, на КГУП «Приморском Водоканале» данный отход относится к 5 классу опасности и его суточный объем составляет 30-40 тонн. Обезвоженный осадок направляется на полигон ТКО и иловые площадки, при этом применение его в качестве вторичного сырья осложнено наличием специфического запаха. В Москве на Ульяновских и Люберецких очистных сооружениях в год образуется около 450 тыс. тонн обезвоженного осадка, который также необходимо утилизировать. В Ростове-на-Дону, согласно данным ПП «Ростовская станция аэрации», осадка образуется около 60-80 тонн/сутки, который размещается на иловых полях. Большой объем образования осадка приводит к необходимости их увеличения, что вызывает сложности в связи с расширением территории города. В городе Тюмень на канализационных очистных сооружениях объем образования илового осадка составляет 500 тонн / сутки. В городе Краснодар ежегодно накапливается около 242 тыс. тонн осадка сточных вод [65]. В Санкт-Петербурге работают три очистных станции, на которых образуется осадка в сутки [103]:

- Центральная станция аэрации – около 200 тонн сухого осадка;
- Северная станция аэрации – 112,4 тонны сухого осадка;
- Юго-Западные очистные сооружения – 68 тонн сухого осадка.

Однако, в регионе с 2007 года весь осадок сжигается и не вывозится на полигоны, часть из которых уже полностью заполнена. Остается не решенной проблема с золой, объем которой с трех заводов составляет 120 тыс. тонн / год.

В данной концепции предполагается учитывать необходимость отдельного сбора отходов производства и потребления, переработку и повторное их использование.

К основным способам утилизации в России относится сжигание, захоронение и брикетирование в регионах [45].

Достаточно важным показателем, насколько эффективно реализуются реформы в области управления отходами, являются несанкционированные свалки. Как отмечалось выше, их количество показывает вовлеченность населения в сокращение объемов образования отходов, и ответственность производственных предприятий по утилизации и размещению отходов производства на зарегистрированных объектах размещения.

Данный показатель увеличился за период 2020 – 2022 года, число незаконных мест размещения отходов превысило 15 тысяч. Наибольшее количество зарегистрировано в Приволжском, Дальневосточном и Сибирском Федеральном Округе, регионах с особыми климатическими условиями и производственными предприятиями.

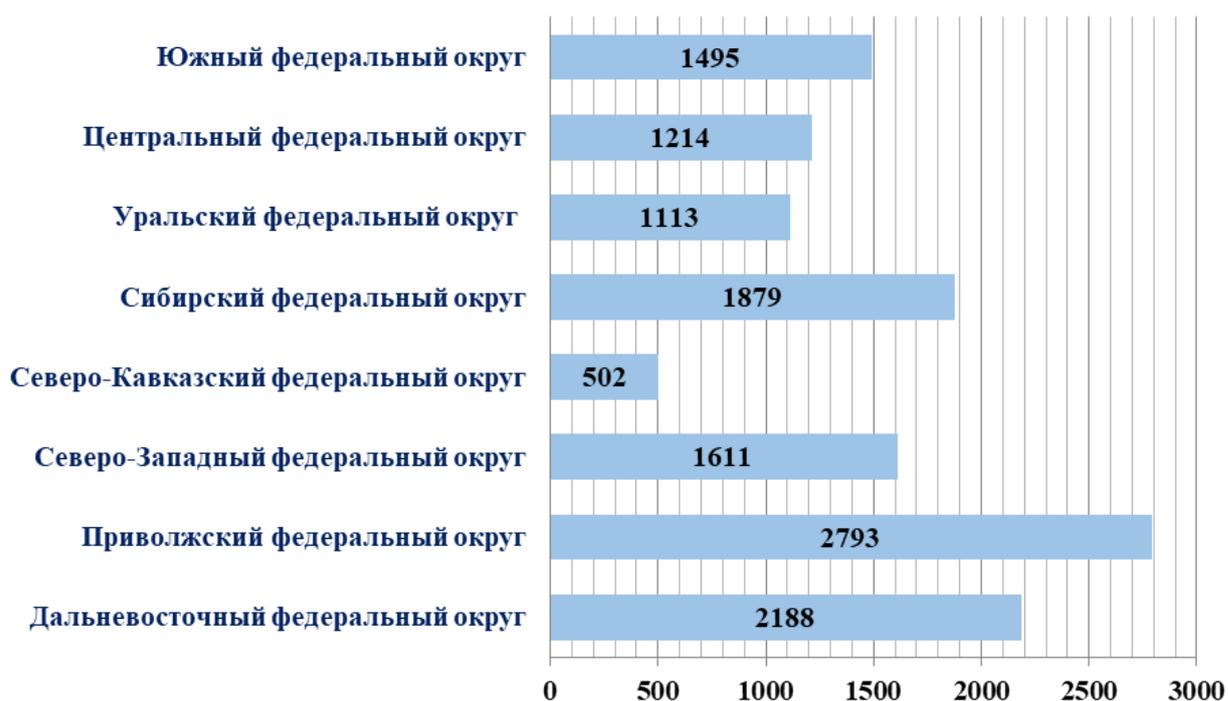


Рисунок 12 – Количество несанкционированных свалок по Федеральным Округам на конец 2022 года (составлено автором) [112]

Как видно, наибольший объем образованных отходов на протяжении исследуемого периода приходится как раз на данные регионы: Сибирский и Дальневосточный Федеральные Округа, что соотносится с отраслью добычи полезных ископаемых в регионе. Отчётливо прослеживается и тенденция

увеличения объемов образования отходов по всем федеральным округам. Незначительное снижение, менее 9%, зафиксировано в Приволжском, Северо-Западном и Северо-Кавказском Федеральном Округе.

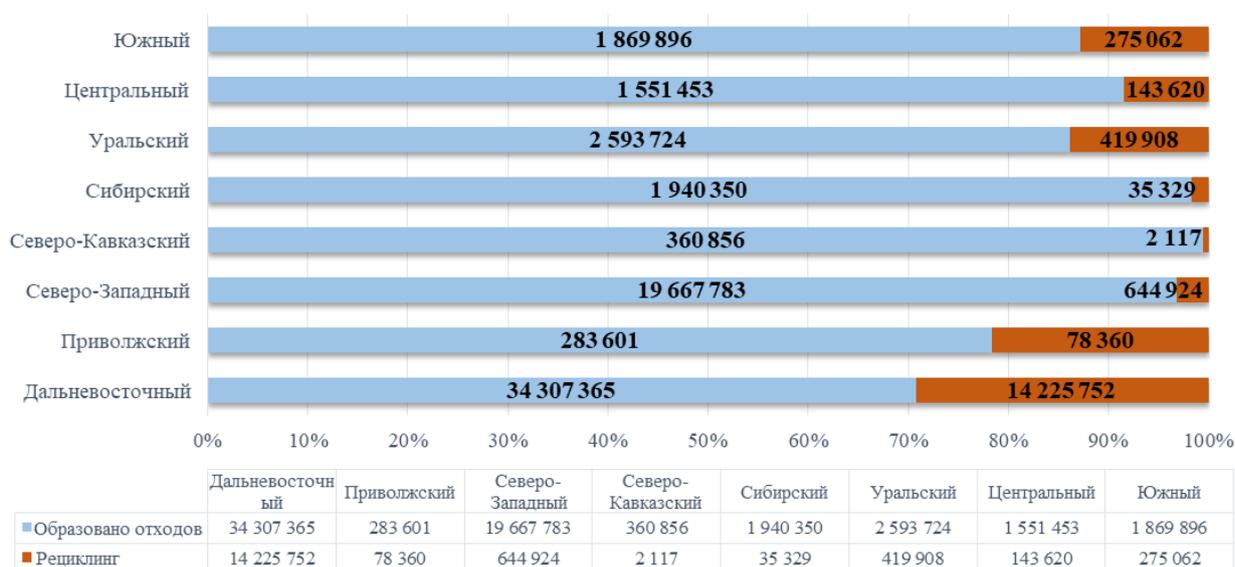


Рисунок 13 – Распределение объема отходов, направленных на повторное использование в соотношении с объемами образованных отходов за год (данные Федеральной службы по надзору в сфере природопользования 2022) [111; 113]

Приведенная выше динамика по объёму образованных отходов, направленных на хранение и захоронение, свидетельствует об увеличении площадей полигонов и свалок в стране.

К причинам образования несанкционированных мест размещения отходов можно отнести:

— не соответствие сформированной законодательной базы под условия и ресурсы регионов, в том числе реформы, не учитывающие территориальные и климатические условия;

— некоторые эксперты относят сюда и вопрос с налогообложением природных ресурсов, которые образуются при добыче полезных ископаемых на производственных предприятиях и не всегда являются токсичными, что позволяет их использовать для рекультивации. Однако, это же и позволяет незаконно размещать отходы на несанкционированных площадках [17];

— высокие финансовые затраты на обращение с производственными отходами, и твердыми коммунальными отходами, труднодоступность вывоза отходов с отдаленных населенных пунктов к мусоросортировочным заводам или объектам утилизации отходов;

— отсутствие своевременного мониторинга образования новых несанкционированных свалок;

— проблемы, связанные с инфраструктурой объектов обращения с отходами;

— нехватка производственных мощностей утилизации и переработки ТКО в регионах;

— значительный срок окупаемости инвестиций в развитие технологий мусороперерабатывающих заводов, и нехватка в некоторых регионах страны сырья с мест накопления отходов для загрузки всех мощностей завода, вследствие чего предприятия не заинтересованы в коммерциализации процессов утилизации и вторичного использования отходов;

— низкая экологическая культура населения и несоблюдение населением правил раздельного сбора отходов в стране.

В России проблема несанкционированных свалок до сих пор не решена. В программах социально-экономического развития регионов отмечены проблемы в области управления отходами производства и потребления, и выделены в приоритетные программы строительства инфраструктурных объектов необходимых для решения данных проблем.

Если проанализировать статистические данные объема обращения с отходами производства и потребления, то можно сделать следующие выводы:

— Функционирование системы обращения с отходами связано, в том числе и с их морфологическим составом, который является определяющим фактором для процесса переработки или утилизации отходов.

— Объем образования отходов непрерывно увеличивался на протяжении последних 11 лет, за исключением незначительного снижения в 2015 и 2020 году.

— С 2019 года начался переход на новую систему обращения с отходами. Принятые законы должны сократить объем образования отходов производства и потребления, снизить объем образования экологически опасных отходов и увеличить объем отходов, направляемых на повторное использование. При этом наибольший объем отходов, направленных на рециклинг, также был отмечен в 2019 году. С 2020 по 2022 год он вырос всего на 6%. В тоже время за этот период показатель объема отходов, направляемых на захоронение и хранение, стал значительно выше с момента начала проведения реформы в области обращения с отходами.

— Наибольший объем отходов, направляемых на повторное использование зафиксирован в Дальневосточном Федеральном Округе – 41% от общего объема образованных за год. На втором месте находится Приволжский Федеральный Округ – 28%. В остальных регионах показатель варьируется от 1% до 16%. Наименьший процент рециклинга будет в Северо-Кавказском Федеральном Округе – 1%. Северо-Западный Федеральный Округ составил всего 3%. При этом общий объем по стране остается достаточно низким, всего 11%.

— Основным источником отходов в РФ являются предприятия добывающей и обрабатывающей промышленности.

— В части регионов уже функционируют предприятия по комплексной обработке, утилизации и обезвреживанию ртутьсодержащих отходов, использующие современные технологии получения товарной ртути, рафинирования черновой (отработанной) ртути, производства различных (в том числе сверхчистых) соединений ртути: в Северо-Западном Федеральном Округе – 4 предприятия, Южном Федеральном Округе – 3 предприятия, Центральном и Приволжском Федеральных Округах – по 2 предприятия.

— При этом объем утилизации групп отходов, относящихся к черному металлу достаточно велик. Лом черных металлов утилизируется в 97,9% случаев от общего объема образования отходов, а цветных металлов в 93,9%. Высокий уровень возвращения в повторный хозяйственный оборот отмечен при производстве свинца, медных и алюминиевых сплавов [48].

— Отмечается и ежегодное увеличение объема хранящихся отходов, а также расширение площадей полигонов.

— В регионах состав отходов и их объем может различаться, в зависимости от получаемого объема сырья, строительство перерабатывающих заводов может не быть рентабельным.

— В части регионов России осадок сточных вод уже утилизируется исходя из иерархии обращения с отходами в соответствии с ФЗ №89 от 24.06.1998 года «Об отходах производства и потребления». Стоит отметить, что производственные мощности станций аэрации не используются полностью.

— В Российской Федерации к 2030 году должен быть реализован национальный проект системы устойчивого обращения с твердыми коммунальными отходами, а также введение сортировки отходов, что предположительно может снизить вдвое нагрузку на полигоны. На конец 2021 года степень сортировки отходов достигла показателя в 43,3%, согласно данным Российского экологического оператора (ППК РЭО). На конец 2020 года, по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, утилизировано для вторичного использования – 3,406 млрд. тонн. Накоплено отходов производства и потребления к началу 2022 года – 52,749 млрд. тонн. [23].

— Как отмечено в Стратегии развития, наиболее существенной угрозой экологической безопасности являются опасные и высокоопасные отходы. Их динамика за исследуемый в Стратегии период практически не изменилась. Из-за недостаточно качественного мониторинга отмечена и

возможность попадания на полигоны и несанкционированные свалки отходов 1-2 класса опасности.

Таким образом, можно сделать вывод, что мероприятия по достижению ключевых показателей сокращения образования отходов, их обработки и утилизации, а также переработки и вовлечения во вторичный хозяйственный оборот реализуются, однако, недостаточно эффективно.

Как уже отмечалось в диссертационном исследовании, проблема с несанкционированными свалками в Российской Федерации стоит остро, это может быть обусловлено разными факторами: нехваткой земельного ресурса под полигоны размещение отходов в пределах городской среды, слабыми контролирующими функциями со стороны органов власти и российского регионального оператора, не хваткой ресурсов для своевременного выявления и их ликвидации, а также отсутствием вовлеченности бизнеса и населения в эффективное использование отходов.

Кроме того, регионы Российской Федерации имеют разную географическую протяжённость, плотность населения, доступность транспортной инфраструктуры и морфологический состав и объем образования отходов, что также сказывается на результатах их переработки.

Итак, можно отметить, что проблемы обращения и переработки отходов в регионах России на сегодняшний день не решены и для их решения необходимо создать систему управления производственными и непроизводственными отходами. Эффективность управления отходами зависит от многих факторов, но при этом необходимо разработать устойчивую экологическую политику в области утилизации отходов.

### **1.3. Проблемы в сфере управления отходами, характерные для регионов Российской Федерации**

В Российской Федерации трудности с контролем процесса обращения с отходами связаны с масштабностью территории страны, разной степенью отдаленности населенных пунктов друг от друга, климатическими условиями, финансовыми возможностями региона, особенностью

регионального управления и основными видами экономической деятельности регионов.

**Проблема №1. Проблема накопления большого объема производственных отходов, образующихся в процессе очистки городских сточных вод, а также их неэффективная утилизация, в том числе низкий процент дальнейшего использования накопленных осадков сточных вод в хозяйственной деятельности.**

Одной из основных проблем, связанных с эффективным управлением отходами, является осадок сточных вод, который образуется в большом объеме, около 7–8 млн. тонн. Исходя из чего предприятиям ВКХ, обеспечивающим водоотведение города, необходимо решить вопрос с его утилизацией и дальнейшим использованием накопленных осадков в хозяйственной деятельности.

Несмотря на проводимые реформы в области обращения с отходами, значительное финансирование, выделяемое государством на реализацию региональных программ, сотрудничество региональных предприятиях ВКХ с зарубежными по части перенимания опыта в очистке сточных вод и утилизации осадка, в России остается не решенной проблема с накоплением и утилизацией большого объема производственных отходов, образующихся в процессе очистки городских сточных вод. В основном осадок после обработки направляется на захоронение на специализированные полигоны, либо, в некоторых регионах сжигается.

Как видно из графика, за 10 лет объем образования осадка этот показатель идет на снижение, это говорит о том, что предприятия водопроводно-канализационного хозяйства применяют передовые технологии по очистке сточных вод, однако, в стране остается не решенной проблема дальнейшего использования накопленных осадков сточных вод в хозяйственной деятельности. При этом управление процессами обращения с осадком сточных вод в регионах различается и зависит от их специфики, основных видов экономической деятельности регионов. В части регионах

осадок сжигают или компостируют, в других по-прежнему направляют только на иловые площадки.



Рисунок 14 – Динамика объёма образования и утилизации осадка сточных вод, за период 2011–2020 гг. в России (по сухому веществу, млн. тонн) (по данным отчета SBS Consulting)

Одним из методов утилизации осадка сточных вод является размещение его на иловых полях или полигонах ТКО. Однако, размещение осадка сточных вод на полигонах может привести к негативным последствиям для природной среды и здоровья человека, использование земельного ресурса под иловые площади выводит большой объем земель из хозяйственного оборота, которые в том числе могут быть использованы для сельскохозяйственного производства, также еще одной проблемой будет невозможность получения экономического эффекта от осадка как ресурса при его захоронении.

Наиболее же релевантным подходом, исходя из иерархии обращения с отходами, будет предотвращение образования осадка сточных вод. Однако, на сегодняшний день реализация безотходной деятельности на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства невозможна, так как применение биологического метода очистки сточных вод, являющегося наиболее эффективным в мире, сопутствует образованию большого количества илового осадка. Таким образом, применение данного подхода приведет к радикальной

перестройке всей системы ВКХ, и очистных сооружений на промышленных предприятиях как с технической стороны, так и с законодательной в отношении перестройки всех предприятий на новую схему очистки [24; 30].

Более перспективным в данном случае будет использование осадка как ресурса для производства нового продукта или эффективная его утилизация. Одним из таких вариантов является сжигания на станциях аэрации. В процессе сжигание образуется зола, которую можно вернуть в хозяйственный оборот [14].

Варианты использования золы [30]:

- Производство бетона и кирпича, а также изделий из них, и в качестве добавки в цемент.
- Технологическая пересыпка полигонов твердых коммунальных отходов.
- При производстве минеральных удобрений [21].

В Санкт-Петербурге и Ленинградской области осадок сточных вод с 2007 года сжигается полностью. В регионе введены в эксплуатацию три станции аэрации, в которых на данный момент не задействованы полностью производственные мощности. На Центральной станции аэрации имеется четыре линии сжигания, две действующие и две, которые планируется модернизировать, при этом вторая линия сжигания используется только на 72%, третья на 57%.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика станций аэрации по производительности (составлено автором) [103]

Наименование станции	План/ Факт		Отклонение
	Производительность, т/ сут.	Кол-во обработанного осадка, т/ сут.	
ЦСА	62	45	17
ССА	62	58	4
ЮЗОС	44	42	2

После сжигания осадка на полигоны уже вывозится зола, однако, объем ее также остается существенным, около 50 тыс. тонн/год. Полигоны в регионах практически заполнены, полигон «Северный» – заполнен почти на 91% от проектной мощности, а полигон «Волхонка-2» остановил прием отходов. Использование золы во вторичном хозяйственном обороте, а также утилизация уже размещенной на полигонах, позволит решить вопрос с коммерциализацией переработанных отходов, а также снизит воздействие на природную среду [23].

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» также стал использовать сейчас метод «плазменного сжигания золы», который полностью ее перерабатывает.

Оптимальным вариантом будет применение отхода и для закисленных почв, так как зола, насыщенная кальцием, снижает pH почвы. В России площадь кислых почв около 35 млн. га, из-за нехватки в них калия, ежегодные потери зерна составляют около 12 млн. т. Наиболее высокий процент кислых почв отмечается в Белгородской области, Липецкой, Курской и Тамбовской. Есть предложение дополнить действующие сельскохозяйственные региональные программы или создать новую совместно с ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» по использованию золы от сжигания осадка сточных в изменении кислотности пахотных почв.

В Москве реализуется проект по запуску двух заводов по сжиганию осадка, из образовавшейся золы планируется производство биотоплива на цементных заводах. В Омской области уже запущена система по сжиганию осадка, а также термokatалитическая установка по его утилизации. В регионе заключено соглашение с Законом железобетонных изделий для использования золы на их производстве, и на предприятии по производству пеноблоков и силикатного кирпича.

Положительными примерами сжигания отхода являются комплексы термического обезвреживания отходов в Иркутской и Ярославской области [30].

В Пермском крае шахтные воды Кизеловского угольного бассейна имеют уникальный состав, они содержат большое количество железа, алюминия и марганца. Образующиеся от очистки сточных вод отходы планируется утилизировать. К вариантам утилизации относятся – размещение отходов в затопленных шахтах или использование оставшихся в воде железа, марганца и алюминия как вторичного материального ресурса для гальванического производства на предприятиях металлургии и машиностроения [27].

**Проблема №2. Одна из главных проблем в сфере управления обращениями с отходами от производственной и непроизводственной деятельности в регионах состоит в том, что полигоны переполнены, и уже не вмещают огромное количество отходов, образующихся ежедневно.**

Захоронение отходов на полигонах в основном является конечной частью цикла в сфере обращения с отходами в Российской Федерации. При этом стране также не хватает и производственных мощностей по переработке и ликвидации отходов примерно на 17, 6 млн. т.

Часть полигонов не соответствует установленным законодательствам санитарным требованиям. Из-за износа оборудования многие из них не имеют необходимой инфраструктуры для очистки почв, водных объектов близлежащих населенных пунктов. Они могут существенно негативно сказаться и на сельском хозяйстве. На данный момент основным способом утилизации отходов по-прежнему является их захоронение на полигонах и только в крупных городах создаются мусороперерабатывающие или мусоросжигающие заводы.

Регионами с наибольшим показателем захоронения отходов, являются Кемеровская область – 231,35 млн. тонн; Красноярский край – 201,38 млн. тонн; Белгородская область 122,26 млн. тонн [90].

В Архангельской области основной объем их после проведения «обеззараживания» все равно направляются на полигоны для захоронения. В

территориальной схеме в логистической цепочке некоторых населенных пунктов после сортировки ТКО отсутствуют объекты утилизации [34; 76].

В Санкт-Петербурге отмечена нехватка мощностей по утилизации твердых коммунальных отходов, а также отсутствие цепочки сбыта продукции вторичного сырья. На сегодняшний день отходы вывозятся на полигоны, при этом большая часть из них достигла максимальной загрузки. В регионе расположен 21 полигон, часть из которых закрыта, а другая принимает только не опасные отходы, остальные либо рассматриваются для расширения, либо рекультивируются. Только шести из них выдана лицензия на прием, обезвреживание и утилизацию опасных отходов 1 и 2 класса опасности. Практически все из них расположены поблизости Санкт-Петербурга. Строительство приводит к высоким затратам, в среднем по стране стоимость строительства полигона ТКО составляет от 210 миллионов рублей. С учетом требований законодательства, разметить полигоны для захоронения отходов на территории Санкт-Петербурга не представляется возможным, по этой причине возрастает нагрузка на полигоны Ленинградской области, производственные мощности которых практически исчерпаны [24].

В Москве не хватает собственных производственных мощностей для утилизации отходов, поэтому отходы из города будут сортироваться и направляться на комплексы переработки отходов в Московской области. Также в территориальной схеме отмечен и вывоз отходов в другие регионы.

### **Проблема №3. Недостаточное финансирование для строительства объектов инфраструктуры обращения с отходами.**

Развитие рынка услуг по сбыту переработанных отходов имеет огромный потенциал при условии привлечения финансовых средств не только из федерального бюджета, но и со стороны субъектов бизнеса. На данный момент объем инвестиционных вложений все еще незначителен. Если 15 лет назад частные отечественные компании с осторожностью выходили на рынок, а финансирование осуществлялось в основном за счет

крупных международных компаний и федерального, регионального бюджета, то в настоящее время все больше представителей бизнеса инвестируют в строительство инфраструктурных объектов сортировки, переработки или полной утилизации отходов.

Основными видами финансирования данных проектов являются государственное финансирование, государственно-частное партнёрство и частные инвестиции [26; 68].

Со стороны частного бизнеса главными опасениями для инвестирования в проекты в области обращения с отходами становятся отсутствие гарантии возврата вложенных средств и их неопределенная доходность. Также нерентабельность заводов по переработке или утилизации отходов, по-прежнему остается существенным риском для бизнеса.

Стоит отметить, что высокзатратность проектов обращения с отходами в регионе влияет и на тарифную политику, что приводит к увеличению тарифов за обращение с ТКО [26].

#### **Проблема №4. Необходимость ликвидации несанкционированных свалок, которые носят массовый характер.**

В части субъектов России зафиксировано множество нарушений по сбору, транспортировке и утилизации отходов. В том числе, производственные предприятия не соблюдают правила размещения отходов в окружающей природной среде. Также выявляются нарушения со стороны контролирующих органов.

Наибольшее количество несанкционированных свалок в 2022 году приходится на Камчатский край – 12 795 шт. Как видно, в регионе проблема стоит достаточно остро. На втором месте находится Приморский край – 2 793 шт. [112]

Несанкционированное размещение отходов в окружающей среде сопровождается загрязнением почв, подземных вод и водных ресурсов, выбросами парниковых газов в атмосферу, нарушением природного

ландшафта, что приводит к истощению природных ресурсов и возникновению заболеваний у населения.

Сейчас Российский Экологический Оператор разработал и вводит новую систему удаленного мониторинга полигонов и отслеживания несанкционированных свалок, при помощи дронов. Она будет испытана на Московской и Нижегородской области.

Решение вопроса с несанкционированным размещением отходов должно быть комплексным, и включать в себя как ужесточение требований со стороны законодательства к производственным предприятиям, незаконно захоранивающим отходы, так и меры по стимулированию и поддержке компаний перерабатывающих и ликвидирующих отходы, в том числе необходимо работать над повышением уровня экологической осознанности населения и использования цифровых технологий, позволяющих отследить весь путь отходов от места сбора до места их конечной транспортировки, а также проведения постоянно мониторинга на выявление стихийных свалок.

**Проблема №5. Не соответствие высоких нормативов по утилизации и переработке отходов от производственной и непроизводственной деятельности, установленных на государственном уровне, к сложившейся ситуации в регионах.**

Особенно остро данная проблема стоит в регионах Арктической Зоны Российской Федерации. Методы и инструменты обращения с отходами в данных регионах отличаются от принятых в остальных регионах Российской Федерации с менее суровыми климатическими условиями [38].

Проблемы с неразвитостью транспортной сети в основном присущи северным регионам, где высокие затраты на транспортировку отходов обусловлены как климатическим фактором, так и пространственно-территориальным. Из-за больших расстояний увеличиваются затраты предприятий на транспортировку отходов к месту их размещения или утилизации. Усложняется и вывоз ТКО с отдаленных населенных пунктов к месту сортировки [34].

Из-за низких температур и большой отдаленности населенных пунктов друг от друга, увеличивается срок накопления отходов, в некоторых регионах он достигает нескольких лет. В тоже время повышаются затраты на вывоз отходов с определенных территорий из-за их отдаленности от объектов инфраструктуры. Климатические условия также не позволяют использовать эффективно те же технологии по утилизации отходов, что положительно себя зарекомендовали в регионах с более теплым климатом. Практика размещения отходов в грунтах вечной мерзлоты может нести экологические риски, так как сейчас происходят изменения среднегодовых температур. Экстремальные климатические условия, не позволяющие выполнять технологические операции по обращению с отходами производства и потребления по приемлемой стоимости и отсутствие возможности компостирования в домовладениях сказываются на фактических показателях объема отходов, направляемых на захоронение и переработку.

Недостаток и техническое состояние транспортных средств, имеющих дефекты и повреждения, задействованных при перевозке отходов также влияют на эффективность обращения с ТКО [15].

Например, в Чукотском Автономном Округе зимний период длится около 8-9 месяцев, вследствие чего во многих населенных пунктах региона отсутствует логистическая инфраструктура и усложнен вывоз ТКО. Фактический срок вывоза ТКО с мест накопления отходов из-за погодных условий, не соответствует установленному органами государственной власти и местного самоуправления.

#### **Проблема №6. Отсутствие спроса на вторичные ресурсы.**

Министерством промышленности и торговли Российской Федерации зафиксирован низкий спрос в стране на вторичные материальные ресурсы. Причиной является отсутствие до последнего времени какого-либо стимулирования в этом направлении.

Высокие капитальные затраты на строительство объектов переработки отходов и получения из них нового продукта, а также существенный срок

окупаемости без мер стимулирования со стороны государства вызывают опасения со стороны бизнеса. С 2023 года Постановлением Правительства РФ «О порядке и условиях предоставления средств поступившего в федеральный бюджет экологического сбора» вводится государственная поддержка, которая представляет собой субсидирование компаний и индивидуальных предпринимателей, выпускающих товары из переработанных отходов [51].

#### **Проблема №7. Непрозрачность тарификации услуг по обращению с ТКО.**

В 2019 году был значительный разброс цен в разных регионах страны: от 244 до 1 411 рублей за 1 м<sup>3</sup>, что послужило причиной недовольства населения оказываемой услугой и недоверию к установленным тарифам, вследствие чего увеличилось количество неплатежей. С 2020-го года тариф непрерывно увеличивается, однако, он также не соответствует и качеству предоставляемых услуг, что также вызывает недоверие со стороны населения к устанавливаемым тарифам.

Увеличение платы за обращение с ТКО стало результатом того, что до введения региональных операторов тарифные ставки не покрывали действительные затраты на сбор, транспортировку и утилизацию отходов. Что в свою очередь также не стимулировало участников рынка переработанных отходов финансировать строительство мусоросортировочных и мусороперерабатывающих комплексов, заводов по утилизации отходов. Окупаемость инфраструктурного проекта, в том числе зависит от установленного тарифа за обращение с ТКО.

#### **Проблема №8. Высокая степень износа оборудования ВКХ, в том числе высокая степень устаревания оборудования на производственных предприятиях.**

Большинство предприятий было построено еще в СССР, а их модернизация происходит очень медленно, это приводит не только к снижению качества выпускаемой продукции, но и к нарушениям требований

экологической безопасности. Высокая степень износа оборудования водопроводно-канализационного хозяйства приводит к низкому качеству обслуживания потребителей, для их обновления требуются высокие капитальные затраты, некоторые регионы не имеют финансирования из-за дефицита бюджета.

Например, в Краснодарском крае высокая степень износа инфраструктуры водопроводно-канализационного хозяйства привела к осложнению проблем, связанных с очисткой сточных вод, утилизацией и переработкой осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов.

Наиболее высокий показатель износа инфраструктуры ВКХ выявлен в регионах Северо-Кавказского, Дальневосточного и Сибирского Федеральных Округов.

Выявленные в процессе анализа проблемы обращения с отходами от производственной и непроизводственной деятельности в регионах Российской Федерации служат препятствием для эффективного функционирования отрасли. Они замедляют процесс перехода экономики к целям устойчивого развития и экономике замкнутого цикла, а также не позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду. Как можно заметить, все проблемы взаимосвязаны между собой, поэтому для их решения необходим комплексный подход [28].

#### **Обобщающие выводы к первой главе диссертационного исследования:**

Действующая система обращения с отходами не позволяет эффективно выявлять и отбирать полезные фракции отходов из общего состава отходов. Во многих регионах функционирует не эффективная система по отдельному сбору отходов, наблюдается нехватка контейнеров для отдельного сбора и транспортных средств для их вывоза. Производственные предприятия незаконно складировать отходы от производственной деятельности, в том числе под видом рекультивации объектов размещают отходы от производственной деятельности, исключая плату за их размещение.

Исходя из анализа состава отходов в России, отрасль вторичной переработки отходов является перспективной, однако не для всех регионов. Основными препятствиями к увеличению показателя использования вторичных ресурсов является нехватка объектов инфраструктуры, и проблемы с неразвитостью транспортной сети для перевозки накопленных фракций из одного региона в другой. Также на многих мусороперерабатывающих заводах отбор полезной фракции происходит ручным трудом, что снижает эффективность. Стоимость данного сырья напрямую зависит от качества сортировки отходов.

Подход к эффективному управлению отходами должен быть комплексным, и включать в себя дополнительное регулирование рынка обращения с полезными фракциями отходов, развитие мощностей по переработке данного сырья, а также с разделением сырья, которое будет направлено на ликвидацию и создание нового продукта.

В России основным способом утилизации отходов от производственной и непроизводственной деятельности, по-прежнему остаётся захоронение, что оказывает негативное влияние на окружающую природную среду. С мест захоронения отходов в атмосферный воздух выделяются большие объемы парниковых газов, а также загрязняются почвы и водные объекты, выводятся из хозяйственного оборота значительные объемы земельного ресурса. Данный подход не является эффективным и не соответствует принципам экономики замкнутого цикла, переход к которой начала страна.

Особенности, с которыми сталкиваются при решении проблем в отрасли обращения с отходами производства и потребления:

— Низкий уровень вовлеченности производственных предприятий и населения в отдельный сбор отходов и переработку. Отсутствие методов стимулирования для населения, проживающего в индивидуальных и многоквартирных домах для вовлечения в отдельный сбор отходов.

— Негативное отношение части населения к строительству объектов инфраструктуры по сортировке, переработке или утилизации отходов, так

как, во-первых, внедрение данных проектов влечет увеличение тарифов за обращение с отходами производства и потребления, а во-вторых, возникают сомнения в безопасности размещения данных объектов вблизи населенных пунктов.

- Долгосрочная разработка и высокие затраты на внедрение технологий по сортировке, переработке и утилизации отходов.

- Недостаток площадок и полигонов для сбора и хранения отходов.

- Низкий уровень управления сферой водопроводно-канализационного хозяйства (цели государства по модернизации устаревшего оборудования не достигнуты).

- Загруженность полигонов, используемых для захоронения отходов, часть из которых имеет высокую степень износа.

- Несоответствие между территориальными схемами обращения с отходами в регионах, вывозящими на размещение, утилизацию и принимающими данные отходы.

- Сложности с реализацией продукта, полученного из вторичного сырья.

Эффективное управление процессом обращения с осадком сточных вод является наиболее актуальной из эколого-экономических проблем в регионах страны, так как влечет за собой загрязнение почв, воздуха, вывод из хозяйственного оборота больших площадей земель, на которых размещаются отходы производственного и непроизводственного типа. Вовлечение его во вторичный хозяйственный оборот позволит не только решить проблему с накоплением производственных отходов и получением дополнительной прибыли от создания нового продукта, но также даст возможность использовать его при производстве альтернативного источника энергии при сжигании.

За анализируемый период, все-таки отмечается снижение объема образования несанкционированных мест накопления отходов, однако, данный показатель незначительный. Количество несанкционированных свалок

превышает в несколько раз выявленные. Это означает, что меры по утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления, принимаемые в регионах частично эффективны, но проводимых мероприятий по предотвращению образования отходов и утилизации на данный момент недостаточно.

Важной проблемой остается нехватка производственных мощностей в регионах для утилизации твердых коммунальных отходов, в том числе из-за высоких затрат на строительство и долгого срока ввода в эксплуатацию объектов. Так как, производственные мощности предприятий ВКХ по сжиганию осадка сточных вод используются не полностью и их можно было бы использовать для решения данной проблемы в регионе.

Проведенное исследование позволило выявить, что в настоящее время прилагаются усилия по решению вопроса сокращения объема образованных отходов производства и потребления, их утилизации. Каждый регион страны имеет свою специфику и особенности, для эффективной утилизации отходов их необходимо учитывать. В настоящее время является актуальным решение проблем утилизации образующихся отходов в условиях ограниченности свободных под полигоны территорий для большинства городов России.

## ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ОБРАЩЕНИЯ ОТХОДАМИ В РЕГИОНАЛЬНОМ МАСШТАБЕ

### 2.1. Анализ методов и инструментов управления эффективностью использования отходов производства и потребления

Постоянно возрастающие объемы отходов производства и потребления увеличивают совокупный ущерб, наносимый эколого-экономической системе регионов, а также здоровью населения.

На рисунке 15, представлен перечень экологических последствий от размещения отходов как в несанкционированных свалках, так и на полигонах ТКО.

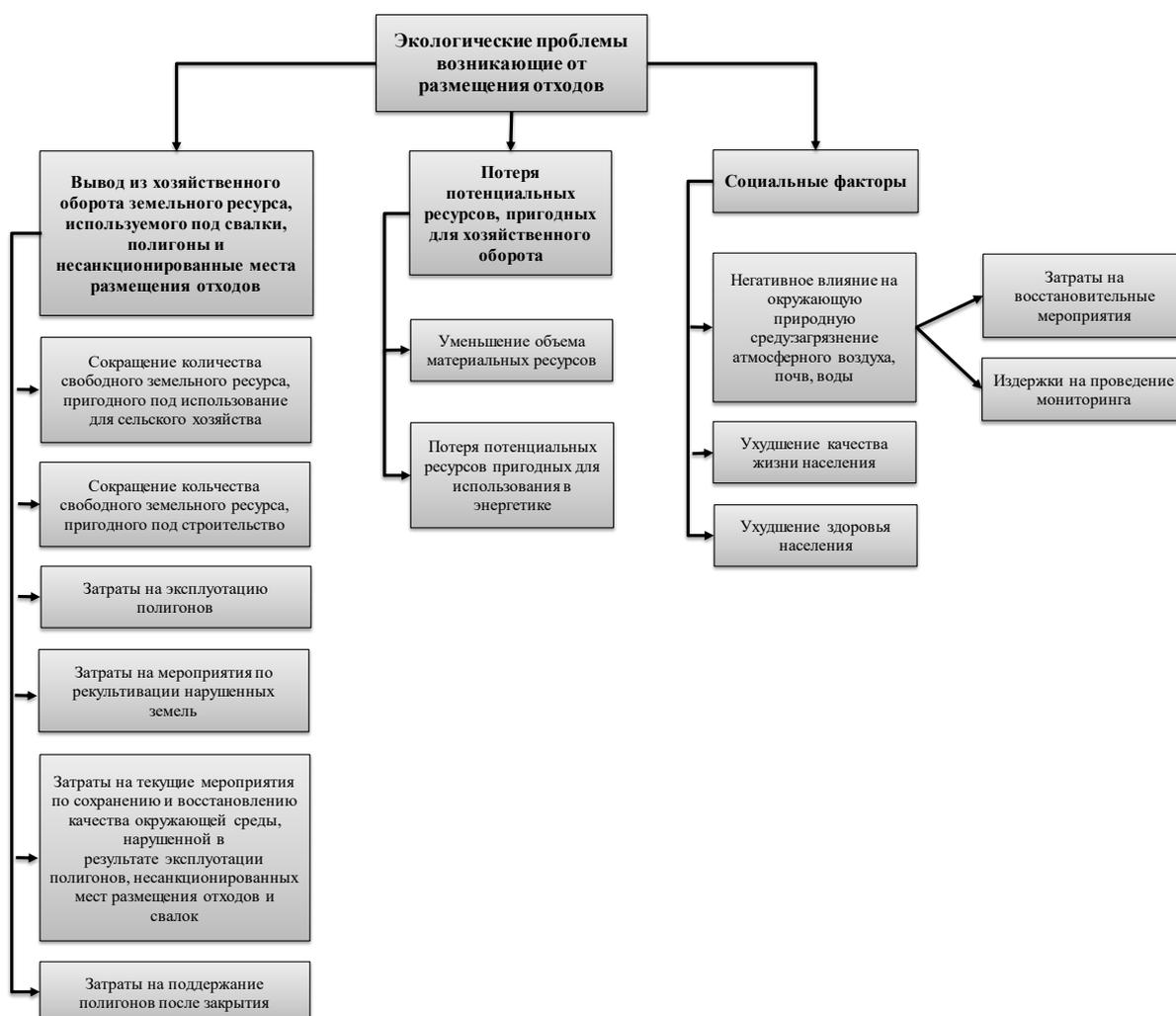


Рисунок 15 – Экономические, экологические и социальные проблемы, возникающие при размещении отходов [51; 65]

Экологические последствия от размещения отходов состоят в потере потенциальных ресурсов, полезного сырья пригодного для повторного использования для производства нового продукта, негативного воздействия на окружающую природную среду.

Необходимо отметить, что эффективность использования отходов производства и потребления во многом зависит от выбранных методов и инструментов управления, по этой причине они являются предметом исследования отечественных и зарубежных ученых. Исследуемые методы и инструменты можно разделить на несколько групп. Среди них наиболее широко распространены эколого-экономические методы управления, социально-психологические и организационно-управленческие, которые в системе управления необходимо применять комплексно.

При выборе инструментов и методов управления эффективностью использования отходов производства и потребления, следует учитывать ряд факторов, таких как объемы образованных отходов в исследуемом регионе и доля отходов, направляемых на переработку, при этом важны производственные мощности инфраструктурных объектов обращения с отходами и затраты на мероприятия по охране окружающей природной среды. В зависимости от текущих условий будут определяться инструменты управления [64].

Рассмотрим подробнее несколько инструментов и методов управления эффективностью использования отходов производства и потребления.

#### **Группа методов №1. Эколого-экономические методы управления**

Эколого-экономические методы управления подразумевают сочетание экологических и экономических инструментов, которые могут целенаправленно воздействовать на объект управления для получения определенных результатов. С управленческой точки зрения их можно разделить на меры стимулирующего и ограничительного характера.

Г.Я. Гольдштейн в своих трудах обозначает их как способы и методы воздействия на объект с помощью соотношения затрат и полученных

результатов (финансирование, кредитование, материальное стимулирование и т.п.).

Основными инструментами являются: субсидирование, льготное кредитование, государственные «зеленые» закупки, экологический ущерб, как инструмент оценки негативного воздействия предприятия на окружающую среду, и плата за негативное воздействие на окружающую среду. Наиболее часто применяемыми методами являются инвестирование, тарифообразование в сфере обращения с отходами, фискальная политика и др.

Важнейшей функцией эколого-экономических методов управления является стимулирование использования отходов производства и потребления как сырья в ряде отраслей, а также развития сферы обращения с отходами в регионах Российской Федерации.

Необходимо отметить, что выбор экономических инструментов для управления использованием отходов, должен опираться на следующие критерии:

- Эффективность и социально-экономическая целесообразность при выборе метода утилизации отходов, в том числе переработки отдельных фракций.

- Обоснованность в применении стимулирующих и штрафных мер.

- Наличие необходимых финансовых средств.

- Социально-политическая приемлемость – уровень поддержки со стороны населения при реализации проектов по строительству инфраструктурных объектов сферы отходов [65].

- Ориентация производственных компаний на применение инновационных технологий, материалов для сокращения объема образования отходов и их эффективной утилизации.

В зарубежных странах среди методов стимулирования населения к разделному сбору отходов выделяются льготные тарифы для граждан домохозяйств, сортирующих отходы. В Европейском Союзе за вывоз отходов

платит домохозяйство, и стоимость услуги значительно увеличивается для потребителей за неправильную или отсутствующую сортировку отходов. В Российской Федерации не предусмотрено снижение тарифа за обращение с ТКО при условии снижения объема образования или сортировки отходов. Текущая тарифная система не позволяет мотивировать население и вовлекать его в процесс эффективного использования отходов. Однако, в Российской Федерации предусмотрены стимулирующие меры, такие как льготное кредитование и субсидирование организаций, осуществляющих эффективные мероприятия по охране окружающей среды. К данным мерам относится также и снижение платы за размещение отходов юридическими лицами при соблюдении определенных условий, например, используются стимулирующие коэффициенты, позволяющие организации экономить на платежах. Экономия осуществляется за счет того, что юридические лица вносят в государственный реестр площадки по размещению отходов и сами их обслуживают. Организация также имеет право освобождения от внесения платы за негативное воздействие на окружающую среду при условии использования образующегося отхода как продукции или сырья. Автор считает, что данный опыт можно использовать для размещения и обработки илового осадка сточных вод для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, эти подходы позволят сократить негативное воздействие на окружающую среду.

#### **1.1.1. Инструмент – Штрафные санкции**

В Российской Федерации на данный момент «Кодексом об административных правонарушениях» ст.8.2., предусмотрен штраф для юридических лиц за несоблюдение требований в области охраны окружающей среды при обращении с отходами в размере от 100 тыс. рублей до 250 тыс. рублей. При действиях, которые повлекли за собой причинение ущерба окружающей природной среде и здоровью человека от 400 тыс. рублей до 500 тыс. рублей. [92; 47]

### **1.1.2. Инструмент – Льготное кредитование**

Выделение кредитов на льготных условиях под проекты развития технологий, занимающихся переработкой отходов производства и потребления, является регулирующим инструментом в сфере управления обращения с отходами. Для модернизации технологии действующих предприятий в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла, а именно внедрения технологий снижения объема образования отходов при осуществлении производственного процесса, а также процессов рециклинга и рекуперации, строительства объектов инфраструктуры по обращению с отходами в регионе, требуются крупные финансовые вложения, окупаемость которых можно достичь только в долгосрочной перспективе. Поэтому предприятия, при разработке и внедрении данных технологий, сталкиваются с проблемой отсутствия финансирования. По этой причине наиболее актуальным является кредитование с низкой процентной ставкой.

Так, например, ПАО «Сбербанк», ВЕБ.РФ, «Открытие» осуществляют кредитование по льготным условиям на проекты в сфере устойчивого развития. ППК «Российский экологический оператор» предоставляет кредит на срок до 12 лет, покрывающий до 15 миллиардов от сметной стоимости проекта. Со стороны Правительства Российской Федерации осуществляется выдача субсидий банкам для погашения оставшейся части ставки инвесторов. Данные источники финансирования доступны инвесторам при условии строительства, реконструкции или модернизация объектов по обращению с отходами производства и потребления [66; 82].

#### **Группа методов №2. Организационно-административные методы управления.**

Организационно-административные методы управления представляют собой комплекс методов и инструментов прямого (распорядительного) воздействия на экологические результаты деятельности как физических, так и юридических лиц.

Ф.Е. Удаловым, О.Ф. Алехиной и О.С. Гапоновой отмечается, что данные методы управления выражаются в прямом воздействии на объект управления и имеют директивный характер.

Некоторыми исследователями отмечается также, что с помощью организационно-административных методов управления могут быть установлены количественные и качественные нормативы развития производственной деятельности в регионе, рационального использования ресурсов, предупреждаются возможные отклонения в производственном процессе, что обеспечивает стабильную работу и контроль деятельности каждого подразделения, а также влияет на снижение экологических рисков.

Наиболее часто применяемыми инструментами и методами являются нормативные и распорядительные документы, экологический мониторинг, КРІ, установление ключевых уровней деятельности и эффективности в сфере обращения с отходами производства и потребления, цифровые технологии и др.

### **2.1.1. Инструмент – КРІ**

КРІ является необходимым инструментом для оценивания факторов региональных социально-экономических систем на соответствие принципам устойчивого развития. Переработка отходов является основным индикатором эффективности мероприятий, проводимых в регионах.

Использование КРІ позволит не только улучшить экологическую составляющую региона, но и получить дополнительные бюджетные ассигнования за счет выполнения Приказов Президента РФ и соблюдения Федерального закона №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», а также достижения целей федеральных и национальных проектов по обращению с отходами производства и потребления.

В исследовании предлагается методика оценки экологического состояния регионов, которая позволит осуществлять контроль за объемом образующихся отходов производства и потребления и улучшить экологическую ситуацию в регионе.

Таблица 2 – Расшифровка критериев оценки  
показателя (составлено автором) [28]

Балл	Шкала баллов	Критерии оценки	Уровень выраженности показателя
0	0	Отсутствует критерий	0%
1	1-18	Низкий показатель	1-20%
2	19-35	Пониженный показатель	21-40%
3	36-54	Средний показатель	41-60%
4	55-72	Повышенный показатель	61-80%
5	73-90	Высокий показатель	81-100%

Критерии оценки представлены по 5 бальной шкале, где, минимальное количество баллов 0, максимальное количество баллов 90.

Данный сравнительный анализ предназначен для измерения уровня показателя в регионе. Показатель позволяет оценить эффективность деятельности по обращению с отходами в регионе [28].

В таблице 3 представлены критерии оценки эффективности, которые разделяются на три группы: экологические, социальные и экономические. Данные критерии имеют нормативное и фактическое значение, а также балл, рассчитанный на основе экспертной оценки.

Нормативное значение для пунктов 1-3 представлено в Федеральном проекте «Комплексная система обращения с отходами», фактическим будут считаться текущие результаты, опубликованные Федеральной службой по надзору в сфере природопользования.

В пункте 4 нормативным значением будет считаться суммарное значение учета показателей за отчетный период и оставшихся на конец предыдущего периода, а фактическим – показатель ликвидированных несанкционированных свалок за отчетный период.

В пунктах 9-11 в нормативные значения указываются планируемые мероприятия (к строительству объекты - 9,10 п.п.), в фактических значениях учитываются действующие мероприятия (объекты в эксплуатации – 9,10 п.п.). Нормативные значения критериев пунктов 9-10 отражены в Единой концепции обращения с твердыми коммунальными отходами,

территориальной схеме обращения с отходами, Стратегии социально-экономического развития региона.

Таблица 3 – Критерии оценки эффективности деятельности по обращению с отходами в регионе (составлено автором)

п/п	Критерии	Оценка соответствия программы критерию (да /нет)	Балл
<b>I. Экологические показатели</b>			
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да/нет	Соответствует или превышает – 5 Не соответствует до 3% – 4 Не соответствует до 5% – 3 Не соответствует до 8% – 2 Не соответствует до 10% – 1 Не соответствует более 10% – 0 <i>(Не соответствует – направлено на обработку (сортировку) в меньшем объеме)</i>
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да/нет	Уровень соответствия на: От 100 до 90% - 5 От 90 до 80% - 4 От 80 до 65%-3 От 65 до 50% – 2 От 50% до 40% – 1 40%≤0
3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да/нет	Соответствует или % отходов, направляемых на захоронение, снизился – 5 Не соответствует, % отходов, направляемых на захоронение, выше до 0,5% – 4 Не соответствует, % отходов, направляемых на захоронение, выше от 0,6 до 1,5% – 3 Не соответствует, % отходов, направляемых на захоронение, выше от 1,6 до 4 % – 2 Не соответствует, % отходов, направляемых на захоронение, выше от 4,1 до 10% – 1 Не соответствует, % отходов, направляемых на захоронение, выше более 10% – 0

Продолжение табл. 3.

4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок в год	Да/нет	Фактическое значение к нормативному, соответствие: От 100 до 90% - 5 От 90 до 80% - 4 От 80 до 65%-3 От 65 до 55% – 2 От 55% до 21% - 1 20≤0
5.	Наличие в регионе регионального оператора	Да/нет	Все районы охвачены работой РО–5 10% районов не охвачено работой РО – 4 От 20% до 30% – 3 30% и более – 1
6.	Наличие инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе	Да/нет	Инфраструктура в наличие – 5 Инфраструктура отсутствует, в схеме территориального обращения с отходами запланировано строительство на ближайшие 2 года – 4 Инфраструктура отсутствует, в схеме территориального обращения с отходами запланировано строительство на ближайшие 3 года – 3 Инфраструктура отсутствует, в схеме территориального обращения с отходами запланировано строительство на ближайшие 4 года – 2 Инфраструктура отсутствует, в схеме территориального обращения с отходами запланировано строительство на ближайшие 5 лет – 1 Инфраструктура отсутствует, в схеме информации нет –0
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Да/нет	Мероприятия проводятся, соответствуют национальному проекту Чистый воздух и отражены в Стратегии социально-экономического развития региона– 5 Мероприятия проводятся, уровень загрязняющих веществ в атмосферном воздухе снижается – 4 Мероприятия планируются к проведению, уровень загрязняющих веществ в атмосферном воздухе снижается – 3 Мероприятия планируются к проведению, уровень загрязняющих веществ в атмосферном воздухе неизменный – 2 Проведение мероприятий не влияет на результат – 1 Мероприятия не запланированы – 0
8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе	Да/нет	Низкая – 5 и 4 Повышенная – 3 Высокая – 2 Очень высокая – 1 Критическая – 0

Продолжение табл.3.

9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов	Да/нет	<p>Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов – 5</p> <p>Предприятия в наличии, принимают отходы только из исследуемого региона – 4</p> <p>Предприятия в наличии, не принимают отходы из исследуемого региона – 2</p> <p>Отсутствуют предприятия на территории исследуемого региона – 0</p>
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации отходов	Да/нет	<p>Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов – 5</p> <p>Предприятия в наличии, принимают отходы только из исследуемого региона – 4</p> <p>Предприятия в наличии, не принимают отходы из исследуемого региона – 2</p> <p>Отсутствуют предприятия на территории исследуемого региона – 0</p>
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов	Да/нет	<p>Да, мероприятия не проводятся – 0</p> <p>Нет – 5</p> <p>Да, проведение рекультивации осуществляется – 4</p> <p>Да, рекультивация запланирована – 3</p> <p>Да, однако планируется возобновление эксплуатации объекта – 2, 1</p>
12.	Охвачены ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды	Да/нет	<p>Все города охвачены – 5</p> <p>10% городов не охвачено – 4</p> <p>От 20% до 30% – 3</p> <p>От 30% до 50% – 1</p> <p>Более 50% не охвачены – 0</p>
<b>II. Социальные показатели</b>			
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год	Да/нет	<p>Повышение уровня безработицы – 0</p> <p>Показатель безработицы на прежнем высоком уровне – 1</p> <p>Показатель безработицы на прежнем среднем уровне – 2</p> <p>Показатель безработицы на прежнем низком уровне – 3</p> <p>Снижение показателя безработицы до низкого уровня – 4</p> <p>Регион демонстрирует положительную динамику по уровню безработицы – 5</p>
14.	Уровень здоровья населения (Снизился / увеличился показатель заболеваемости кори, гепатит)	Да/нет	<p>Показатель заболеваемости снизился – 5</p> <p>Показатель заболеваемости кори увеличился, гепатита снизился – 3</p> <p>Показатель заболеваемости гепатита увеличился, кори снизился – 1</p> <p>Показатель заболеваемости на прежнем уровне – 2</p> <p>Показатель заболеваемости увеличивается / нет данных – 0</p>

<b>III. Экономические показатели</b>			
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации		1-4 место – 5 5-8 место – 4 9-12 место – 3 13-14 место – 2 балла 15 место – 1 балл Регион не попадает под выбранный диапазон Национального рейтинга – 0
16.	Реализация в регионе экологических проектов	Да/нет	Проекты реализуются – 5 Проекты не реализуются – 0
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охране окружающей среды	Да/нет	Увеличение показателя – 5 Увеличения показателя незначительно – 4 Остался на прежнем уровне – 3 Финансирование сократилось незначительно – 2 Финансирование сократилось значительно – 1 Нет данных о показателях финансирования или финансирование приостановлено – 0
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки	Да/нет	Увеличение показателя – 5 Увеличения показателя незначительно – 4 Остался на прежнем уровне – 3 Финансирование сократилось незначительно – 2 Финансирование сократилось значительно – 1 Нет данных о показателях финансирования или финансирование приостановлено – 0

Далее в таблице 4 рассмотрим на примере Москвы, Санкт-Петербурга и Мурманской области применение разработанной методики (в Приложениях 1,2 представлен развернутый расчет критериев для исследуемых регионов).

Таблица 4 – Проведение оценки эффективности на примере трех регионов (составлено автором) [9; 10; 83; 91]

п/п	Критерии	Санкт-Петербург	Москва	Мурманская область
<b>I. Экологические показатели</b>				
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	5	5	2
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	1	5	0

3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	1	5	5
4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок в год	3	4	3
5.	Наличие в регионе регионального оператора	5	5	5
6.	Наличие объектов инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе	5	5	5
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	5	5	5
8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе	4	4	5
9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов	5	5	5
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации и переработке отходов	5	4	5
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов	4	5	3
12.	Охвачен ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды	0	0	0
<b>II. Социальные показатели</b>				
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год	5	5	5
14.	Уровень здоровья населения (Снизился/увеличился показатель заболеваемости кори, гепатит)	3	3	3
<b>III. Экономические показатели</b>				
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации	4	5	0
16.	Реализация в регионе экологических проектов	5	5	5
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охраной окружающей среды	4	4	4
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки	4	4	4
	Итого:	68	83	64

В Приложении 2 представлен расчет рейтинга с детализацией по каждому региону. Важными критериями, отражающими эффективность проводимой политики, являются показатели достижения целей Федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», процесс сжигания отходов оказывает существенное влияние на состояние атмосферного воздуха в регионе и, как следствие, приводит к изменению социально-экономического состояния регионов. Присутствие

субъекта в Национальном рейтинге состояния инвестиционного климата в регионах РФ, свидетельствует о его инвестиционной привлекательности и возможностях получения дополнительного финансирования для реализации проектов по охране окружающей среды, в том числе по обращению с отходами.

Представленная методика включает в себя определение критериев и шкалы баллов, выбор показателей в рамках концепции устойчивого развития (с разбивкой на экономические, экологические и социальные) и проведение рейтинговой оценки на исследуемых регионах. Разработанная методика позволяет определить возможность достижения целей Федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» для получения дополнительного финансирования на региональном уровне.

### **2.1.2. Инструмент – Использование цифровых технологий для организации процессов обращения с отходами**

Одним из инструментов управления обращением с отходами в регионе является система «Умный город», которая с помощью Интернета вещей отслеживает эффективность сбора отходов, а также контролирует количество задействованных при этом транспортных средств, уровень шума, дорожный трафик и, как следствие, генерирует наиболее подходящий вариант для сбора и транспортировки отходов, который позволяет снизить выбросы углекислого газа [29].

#### **«Умные контейнеры»**

В рамках системы «Умного города» используются технологии «умные контейнеры», с датчиками по отслеживанию уровня их наполненности, температуры и наклона. Вывоз контейнеров осуществляют мусоровозы.

Установленные внутри контейнеров датчики собирают информацию в режиме реального времени и передают ее в информационный центр, где и происходит их анализ и обработка (рис.16). Программа также позволяет отслеживать повторяющиеся транспортные маршруты, и их качество, за счет установленных в них камер и датчиков, если мусоровозы выполняют

указанный в системе маршрут, но не собирают с мест накопления отходы – данная информация отразится в информационной системе. Кроме того, в информационном центре собирается и обрабатывается информация по длительности загрузки и разгрузки мусоровозов, а также веса контейнеров.

Исследуемая технология должна позволить снизить затраты на техническое обслуживание, время простоя оборудования и техники, улучшить процессы работы региональных операторов, а также повысить качество управления отходами производства и потребления.

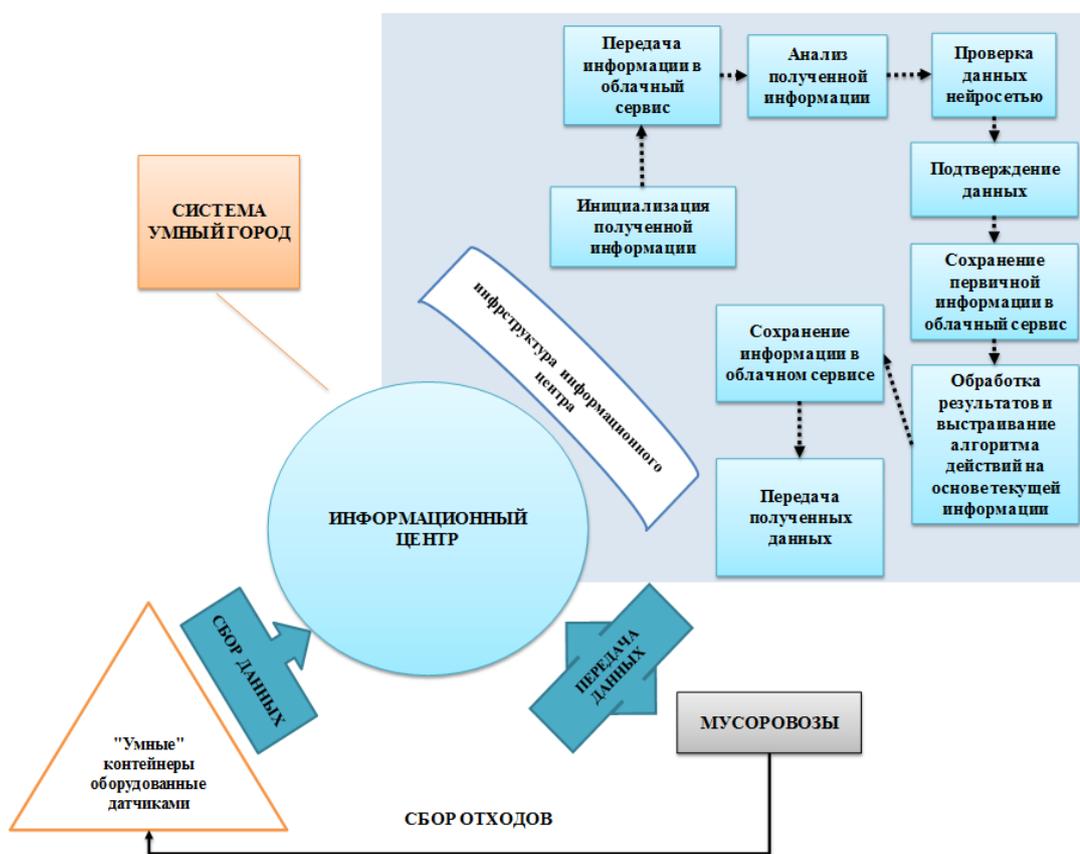


Рисунок 16 – Схема процесса работы и передачи информации технологии «умные» контейнеры (составлено автором)

В настоящее время в России данная технология не распространена повсеместно и находится на стадии тестирования.

Внедрение «умных» контейнеров является необходимым инструментом для получения и обработки данных, по организации сбора и транспортировки отходов, необходимых для разработки программ социально-экономического

развития региона. Полученная информация позволяет составить объективные факторы, влияющие на эффективность управления сферой обращения с отходами.

### **Группа методов №3. Социально-психологические методы.**

Социально-психологические методы представляют собой прямое воздействие на юридические и физические лица для вовлечения их в деятельность по обращению с отходами.

В тоже время, Л.А. Мочалова обозначает важность экологического воспитания населения для повышения уровня их экологической культуры и, как следствие, улучшения экологической безопасности в регионах страны.

К основным методам и инструментам можно отнести информационно-просветительскую работу с населением и бизнесом в области обращения с отходами, а также необходимость развития отдельного сбора отходов и их переработки. Примером может быть социальная реклама, распространение рекламных буклетов, воздействие на сознание населения через научно-популярную литературу, поощрение со стороны государственных органов власти и местного самоуправления населения и социально - ответственного бизнеса. Эффект от их применения будет заключаться в безопасном и ресурсосберегающем обращении граждан с отходами, сформированного у населения и бизнеса желания участвовать в решении вопросов, касающихся сокращения объемов образования отходов [1].

Таким образом, эффективные методы и инструменты использования отходов производства и потребления позволяют существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую природную среду, способствуют рациональному использованию ресурсов региона и в совокупности улучшают экологизацию региона. В целях обеспечения эффективности управления сферой обращения с отходами и обеспечения согласованности между всеми субъектами отношений, необходимо комплексно использовать группы инструментов.

В исследовании представлены 3 группы методов, которые впоследствии подразделяются на инструменты, позволяющие осуществить управление территориальным развитием природопользования на уровне региона. Наиболее перспективными инструментами являются технологии дистанционного зондирования земли [42; 94], технологии цифровизации обращения с отходами. Помимо этого, автором разработана методика, основанная на ключевых показателях эффективности обращения с ТКО для устойчивого развития региона, позволяющая оценить его эколого-экономический потенциал.

## **2.2. Отечественный и зарубежный опыт регионального управления отходами**

Система обращения с отходами производства и потребления представляет собой сложную многофункциональную систему, включающую в себя элементы, связанные с экономическими, социально-бытовыми, производственными сферами жизнедеятельности, которые являются составными частями регионального управления отходами в Российской Федерации [11]. Зарубежный опыт управления отходами имеет существенные отличия от отечественного, так как Российская Федерация в отличие от многих стран имеет большую территориальную протяженность с разными климатическими условиями, плотностью населения и видами экономической деятельности регионов, что оказывает влияние на управление сферой обращения с отходами производства и потребления.

Подходы к управлению отходами в зарубежных странах отличаются, они зависят от внутренних и внешних факторов, и выбираются в зависимости от целей и стратегии развития страны. Для полноты исследования следует рассмотреть особенности управления отходами производства и потребления в следующих странах: Германия, США, Китай.

### **1. Обращение с отходами в Германии**

В Германии опыт управления отходами строится на принципах экономики замкнутого цикла [31]. В соответствии с законодательством

страны, каждая территория разрабатывает собственные планы по управлению отходами, а за процесс сбора и утилизации отвечают муниципалитеты, районы или города.

Сфера утилизации отходов состоит из государственных и частных компаний практически в одинаковом соотношении.

Ежегодно в стране образовывается около 41 млн. тонн отходов, по разным данным от 60 до 80% данного объема направляется на рециклинг и мусоросжигающие заводы для получения электроэнергии [73].

Однако, объем рынка переработки отходов в энергию в Германии является перспективным направлением, и предполагается, что к 2029 году достигнет 5,13 млрд. долларов США. Термическая обработка бытовых и производственных отходов в стране считается одной из более востребованных на рынке отходов [117].

К примеру, одна станция аэрации может сжечь одну тонну бумаги и выработать около 8 200 МГДж энергии, в то время как при переработке того же материала экономится составит около 35 200 МГДж энергии. В результате чего несколько европейских стран, в том числе Германия, стали уделять больше внимания вторичной переработке, что стало сдерживать развития рынка получения тепло- и электроэнергии из отходов различных типов.

Процент переработки ТБО в стране составляет – 67,6%, коммерческих и производственных отходов – 70% [117].

Осадок сточных вод, производственный отход от деятельности предприятий ВКХ, весь утилизируется, основной метод – это моно-сжигание [72].

На 2021 год около 79 % осадка сточных вод, произведенного в Германии, было утилизировано термически, сельское хозяйство и благоустройство составило 14,22%, прямая утилизация – 1,01%. Ответственность по очистке сточных вод лежит на частных очистных компаниях и государственных корпорациях. Зола от утилизации осадка сточных вод направляется на производство строительных материалов и

наполнителей, строительство полигонов, дорог и в ландшафтном дизайне, и для производства удобрений. Осадок сжигается и производится тепловая энергия. Министерство энергетики Германии признало эффективным сжигание осадка сточных вод с другими видами топлива, в том числе с твердыми бытовыми отходами или углем на теплоэлектростанциях [117].

## **2. Обращение с отходами в Китае**

С 2018 года Китаем были введены ограничения на импорт отходов из зарубежных стран, до этого страна являлась основным импортером отходов, пригодных для переработки, из Европейского Союза и США. Причина заключалась в том, что рост образующихся собственных отходов, которые в совокупности с импортируемыми, нанесли существенный ущерб стране, а действующие инфраструктурные объекты обезвреживания и утилизации не справлялись с увеличивающейся нагрузкой.

До 2009 года, большая часть образующихся отходов направлялась на захоронение. В настоящее время, наиболее распространенными способами снижения объема захоронения отходов в стране – является рециклинг и сжигание [67]. К 2013 году в Китае были построены 166 мусороперерабатывающих заводов с производственными мощностями 158 500 тонн/сутки [52]. В дополнение к мероприятиям по снижению объема захоронения отходов были приняты нормативно-правовые акты, устанавливающие правила по сокращению объема образования отходов производственными предприятиями, в том числе внесен запрет на использование пластиковой упаковки, и введена плата для населения за образование отходов [75]. В Китае активно развивается сортировка отходов, с последующей переработкой пластика, бумаги и картона, стеклотары, металлов. Однако основной упор делается на мусоросжигание, из-за более низких издержек, и применения технологий, позволяющих использовать выделяемую тепловую энергию на теплоэлектростанциях. Также в соответствии с Планом Национальной комиссии по развитию и реформам Китая, для улучшения безвредной утилизации осадка в стране, планируется к

2025 году, увеличить мощность объектов инфраструктуры до 20 тыс. тонн/сутки. Целевым показателем должна стать безвредная утилизация осадка сточных вод объемом более 90% [114; 116].

На сегодняшний день, технологии по термическому обезвреживанию отходов производства и потребления активно используются, помимо Китая, в США, Германии, Бельгии, Австрии, Японии. Сжигание становится одной из важнейших стратегий утилизации как производственных, так и коммунальных отходов за счет быстрого уменьшения их объема, снижения загрязнения окружающей среды и рекуперации энергии.

### **3. Обращение с отходами в Соединенных Штатах Америки**

США одни из крупнейших производителей отходов в мире, и поэтому управление сферой обращения с отходами производства и потребления является одним из приоритетных направлений в политике страны. В стране управляют несколькими различными типами отходов, включая производственные, опасные и твердые бытовые отходы [31]. Регулируется сфера обращения с отходами Агентством по охране окружающей среды (EPA). Нормативный документ, регламентирующий данный вид деятельности – это Закон о сохранении и восстановлении ресурсов, принятый в 1976 году, приоритетной задачей в котором обозначено создание комплексной системы управления отходами. Данная программа охватывает отходы 4-5 класса опасности - производственные, бытовые. Программы комплексного обращения с отходами должны содержать инструменты и методы по эффективной реализации систем мониторинга негативного воздействия на подземные воды, и отслеживать объемы выбросов парниковых газов, образующихся на местах захоронения отходов. В стране отсутствует единый подход к обращению с отходами, в том числе применяется несколько методов утилизации, в зависимости от вида отходов: захоронение, переработка и рекуперация их в полезную энергию.



Рисунок 17 – Утилизация твердых коммунальных отходов в США [115]

Каждый штат имеет собственное финансирование, которое отличается в зависимости от способов утилизации отходов, в том числе принятая директива о расширенной ответственности производителей действует не в каждом штате.

Осадок сточных вод, согласно практике управления в США, возвращается в повторный хозяйственный оборот. Стоит отметить также существенные затраты электроэнергии в США, в том числе около 2% потребляемой энергии в стране приходится на предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, что обуславливает применение технологий, производства из отходов тепло- и электроэнергии [47].

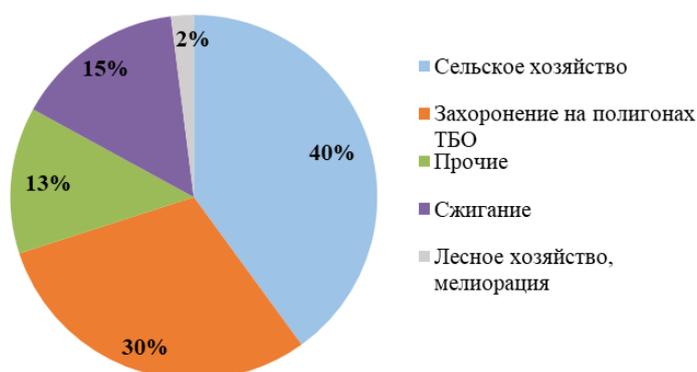


Рисунок 18 – Использование и утилизация осадка сточных вод в США [115]

Наибольший процент, получаемого осадка от очистки городских сточных вод используется в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Однако, проведенное исследование в штатах Мичиган и Мэн, показало значительное загрязнение почв из-за размещения осадка с больших

количеством химических примесей. Альтернативой в данном случае может быть использование осадка в качестве топлива.

В отрасли обращения с отходами в стране задействованы как государственные компании, так и частные. Например, компания Диснейуорлд принимает пищевые отходы, растительные масла и газы из собственных ресторанов и отелей, затем их используют в качестве биологического топлива. Полученное биотопливо используется в качестве энергии в парке компании, а органические отходы используются в качестве удобрения. Компания Genifuel перерабатывает пластиковые отходы с помощью высокотемпературной воды в газ или сырую нефть [115].

#### **4. Опыт обращения с отходами в Нидерландах**

Нидерланды считаются одной из ведущих стран в Европе по вторичной переработке [31]. В стране принята стратегия «Экономика замкнутого цикла в Нидерландах к 2050 году» и «Национальный план управления отходами на период с 2017 по 2029 годы», данные нормативно-правовые акты являются основными по регламентации деятельности обращения с бытовыми, производственными и крупногабаритными отходами. В стране муниципалитеты несут ответственность за сбор и сортировку отходов, они обязаны сортировать отходы на два вида: компостируемые и несортируемые [55].

Как видно из представленных данных, возвращение отходов в повторный хозяйственный оборот является основной формой их утилизации, захоронение на полигонах / свалках составляет всего 3%.

Для Нидерландов важна эффективная утилизация отходов не только по причине снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, но и для получения ценного сырья, которое можно было бы использовано для предотвращения последствий от затопления городов. В стране был разработан и утвержден план, представляющий собой коллективное соглашение между муниципалитетами, предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства и провинциями, а также

национальным правительством по использованию образующейся от сжигания золы в производстве материалов для предотвращения затопления городов. В рамках стратегии «Экономика замкнутого цикла» было установлено, что использование золы в производстве строительных материалов, в качестве замены дефицитных для страны песка природного камня. В Нидерландах используют производственные отходы, одним из таких отходов является осадок сточных вод. Таким образом, предприятия водопроводно-канализационного хозяйства смогут внедрять принципы экономики замкнутого цикла [69; 72].



Рисунок 19 – Коммунальные отходы по видам переработки в Нидерландах с 2013 по 2020 г / тыс. тонн (составлено автором) [69; 71]

Почти весь осадок сточных вод, основной отход от деятельности предприятий ВКХ, сжигается, но также применяются и альтернативные технологии для использования осадка как ресурса, например, извлечение с помощью моносжигания фосфатов из золы осадка или превращение отхода в сырье путем взаимодействия с негашеной известью, или извлечение кальция из гранул осадка, образующегося в процессе очистки (применяется на заводе в Зутфене).

Компании водного сектора Нидерландов и некоторых районов Бельгии заключили соглашение о сотрудничестве в рамках совместного центра технического обслуживания «Reststoffunie». Те очистные сооружения, которые производят осадок высокого качества и поставляют его на рынок в установленные сроки, получают более высокую прибыль нежели организации, не соответствующие данным параметрам. Данная бизнес-модель, используемая в компании, позволяет исключить ситуации задержки сроков поставки отходов [70; 76].

### **5. Опыт обращения с отходами в Японии**

В стране Министерство окружающей среды отвечает за принятие важных решений в области обращения с отходами и ведет контроль загрязнения окружающей среды. Япония разделена на 47 административных районов, называемых округами, крупными городами или префектурами, каждый из которых имеет свое подразделение по обращению с отходами [31].

Большая часть отходов в стране направляется на предприятия для сжигания, утилизации или переработки. Те отходы, которые не подлежат сжиганию или переработке, отправляются на полигоны для захоронения. По данным на 2023 год, объем таких отходов составил около 3,6 млн тонн. Объем отходов в стране, направляемых на переработку, остается на прежнем уровне в районе 20%. Наибольший процент переработки приходится на пластиковые отходы, к 2024 году он составил почти 80%. Важной остается проблема, связанная с эффективной утилизацией отходов из-за нехватки земельных площадей под новые полигоны. Чтобы сократить объем отходов в целом, Правительством продвигается инициатива 3R: сокращение, повторное использование и переработка.

Наиболее широко используемым методом переработки в Японии является сжигание, которое составляет 75%, поскольку позволяет значительно снизить объем образованных отходов, не только бытовых, но и производственных.

В Японии преобладает термическая обработка осадка (моносжигание, совместное сжигание), однако, образующаяся в процессе зола не перерабатывается, а направляется на полигоны, или используется в строительстве. Почти две трети образующихся отходов сжигается на моносжигательных установках. Большая часть золы используется в строительстве (47%), вывозится на свалки (36%), а также используется в строительстве искусственных островов (28%) или при организации полигонов (8,4%). Зола содержит большое количество минеральных компонентов, потенциально пригодных для использования в качестве удобрения на сельскохозяйственных площадях.

### **6. Опыт обращения с отходами в Республике Чехия**

В Чешской Республике количество образующихся отходов растет на протяжении долгого периода, за последние 10 лет объем бытовых отходов достиг 5,9 млн. тонн. Около половины муниципальных отходов направляется на полигоны, 12,6% используется для производства электроэнергии.

В стране была запущена программа перехода к принципам экономики замкнутого цикла, первый ее этап должен завершиться к 2027 году, в рамках которого планируется увеличить объем отходов, направляющийся на переработку. Для сокращения объема уже образованных отходов применяется сжигание, на 2022 год сжигается не менее 4% производственных отходов и 12% коммунальных. Однако термическая обработка не применяется в отношении осадка сточных вод, производственного отхода от деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства.

В Чехии разрешено на законодательном уровне использование осадка сточных вод на сельскохозяйственных землях.

Отдельно стоит отметить, что выбор методов использования и утилизации отходов в исследуемых странах, обусловлен состоянием окружающей природной среды, финансовыми затратами, а также экономическими выгодами для государства от конечного результата.

## **Отечественный опыт регионального управления отходами**

В Российской Федерации система обращения с отходами также, как и в зарубежных странах соответствует принципам экономики замкнутого цикла, однако, как уже отмечалось, в рамках страны достижение установленных целевых показателей по обращению с отходами различается, также, как и управление ими. Так как при составлении программы обращения с отходами на региональном уровне, следует учитывать географические, климатические особенности региона, количественный и качественный состав, образующихся отходов от разных отраслей регионального хозяйства, возможность строительства объектов инфраструктуры по сортировке, размещению, утилизации отходов.

Для этого составляют региональные территориальные схемы обращения с отходами, где отображаются потоки отходов от мест накопления до объектов обезвреживания, сортировки, утилизации и (или) захоронения. Однако то, что регионы имеют собственные особенности при построении системы обращения с отходами, усложняет их сравнительный анализ через схемы территориального развития [37].

Рассмотрим подробнее сложившуюся систему обращения с твердыми коммунальными и производственными отходами в России. Для проведения исследования выбрано несколько регионов, имеющих разную численность населения, климатические и географические условия, развитую инфраструктуру и площадь территории.

Для начала рассмотрим основные показатели обращения с отходами в исследуемых регионах за 2023 год (рис. 20).

Исходя из приведенных данных на рисунке 20, можно отметить, что регионом с наибольшей долей утилизации отходов от общего объема образованных отходов, и накопленных к 2023 году, является Ленинградская область, Московская область, Волгоградская область, Республика Башкортостан, Татарстан, регионом с самым низким показателем утилизации отходов является Москва.

**Обезвреживание.** Наибольший процент обезвреживания отходов к объему, образованных за исследуемый период отмечен в Краснодарском крае, Волгоградской области и Москве, хоть доля и в последнем регионе составляет всего 4%.

**Рециклинг.** Регионом с наибольшим объемом отходов, направляемых на переработку, является Республика Башкортостан и Московская область, в Ленинградской области данный показатель за 2023 год составил 11,4% [43]. Регионом с самым низким уровнем переработки отходов стала Архангельская область.

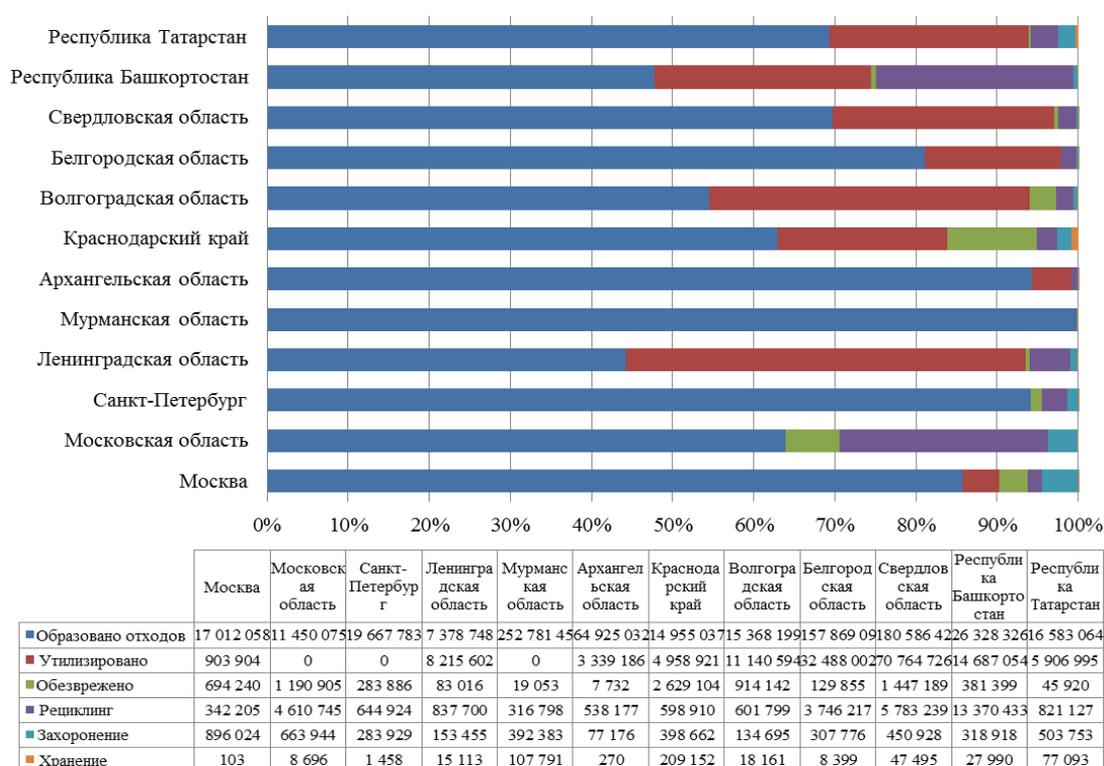


Рисунок 20 – Сравнительный анализ статистических данных обращения с отходами за 2023 год в субъектах РФ, тыс. тонн (составлено автором) [112]

Увеличение объемов рециклинга и снижение объема отходов, направляемых на захоронение, имеют взаимосвязь. В России, объем отходов, направляемых на захоронение, сокращается быстрыми темпами, в отличие от роста объема отходов, направляемых на рециклинг, так как стратегии управления отходами строятся на сочетании рециклинга и сжигания.

Также проведем анализ достижения целевых показателей федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» в исследуемых субъектах (табл.5). Целью выстраивания комплексной системы обращения с отходами является снижение объема отходов, направляемых на захоронение и увеличение доли отходов, направляемых на утилизацию и переработку.

В таблице 5 представлены два основных показателя, характеризующие эффективность проводимых в регионе мероприятий – это доля ТКО, направляемых на утилизацию и захоронение в 2022 году, и их соотношение к плановым значениям в 2024 году.

Таблица 5 – Достижение целевых показателей федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» в исследуемых субъектах (составлено автором) [84]

Регионы	Год	Доля ТКО, направляемых на утилизацию к общей массе образованных отходов	Доля ТКО, направляемых на захоронение к общей массе образованных отходов
Москва	2024	25,0	-
	2022	50,7	49,2
Московская область	2024	50	18
	2022	50	50
Санкт-Петербург	2024	11,1	88,9
	2022	9	96,2
Ленинградская область	2024	25	75
	2022	6,9	88,2
Мурманская область	2024	52	48
	2022	16,8	73,2
Архангельская область	2024	12,1	87,9
	2022	0,8	98,9
Краснодарский край	2024	15	64,8
	2022	1,9	98,1
Волгоградская область	2024	8,5	91,5
	2022	3,1	97
Белгородская область	2024	11,81	88,19
	2022	5,7	94,3
Свердловская область	2024	36,00	42
	2022	0,9	92
Республика Башкортостан	2024	35,0	94,2
	2022	6,3	93,7

Наиболее успешно в части утилизации ТКО к целевым показателям 2024 года являются Санкт-Петербург, Москва и Московская область, Белгородская область и Мурманская. Отстающими являются Свердловская и Архангельская область. По части выполнения целевых показателей в

захоронении отходов, наиболее перспективными являются регионы г. Санкт-Петербург и Ленинградская область, Республика Башкортостан, а к отстающим регионам относятся Свердловская область, Мурманская и Московская область [90; 106; 107; 108; 109; 110].

На данные обстоятельства может влиять количество региональных операторов, обслуживающих регион, уровень развития инфраструктуры по обращению с отходами производства и потребления. В большей части анализируемых регионов в территориальной схеме обращения с отходами предусмотрена работа только одного оператора, исключения составляют Москва (2), Московская область (7), Краснодарский край (6), Свердловская область (3), Республика Башкортостан (5). Большое количество региональных операторов, может как положительно, так и отрицательно сказаться на обеспечении обращения с отходами в регионе.

В каждом из исследуемых регионов имеется собственная инфраструктура по обращению с отходами, включающая в себя как объекты сортировки, обработки и полигоны для вывоза отходов, так и заводы по утилизации. Такие регионы как Москва и Санкт-Петербург предпочитают проводить часть цикла обращения с отходами в других регионах из-за недостатка площадей под полигоны [9].

В исследуемых регионах можно отметить нехватку объектов инфраструктуры для эффективного обращения с отходами, к таким регионам относится Краснодарский край, город Санкт-Петербург, Свердловская, Архангельская область. Нехватка производственных мощностей для утилизации и переработки отражаются в уровне достижения целевых показателей региона. Можно отметить и нехватку объектов для утилизации производственных отходов, таких как осадок сточных вод. В некоторых регионах он в основном направляется на полигоны для размещения и захоронения. Так как строительство объектов инфраструктуры является дорогостоящим проектом, окупаемость которого наступает только в долгосрочной перспективе, вследствие чего, при нехватке финансирования на

строительство объектов или небольшом объеме пригодного сырья для сжигания, переработки, то предлагается использовать действующие производственные мощности предприятий ВКХ для совместной утилизации ТКО и осадка сточных вод.

### **2.3. Анализ особенностей развития комплексной системы обращения с отходами в г. Санкт-Петербурге**

Северо-Западный регион перешел на новую систему обращения с твердыми коммунальными отходами в 2023 году, что стало причиной увеличения, в представленном периоде, объема отходов, направляемых на сортировку до 44,1%, а также средний уровень отбора вторичного сырья достиг 8% на объектах обработки твердых коммунальных отходов.

В соответствии с Приложением №21 территориальной схемы обращения с отходами, 81% твердых коммунальных отходов Санкт-Петербурга, направляется на полигоны, а осадок сточных вод, основной производственный отход от деятельности предприятия ВКХ полностью сжигается, при этом образованная зола также отправляется на полигоны [48; 78].

Мощности СПб ГУП «Завод МПБО-2» были остановлены в 2021 году, а их модернизация так и не была осуществлена. Действующий ранее, на территории субъекта, полигон ПТО «Новоселки» с 2014 года закрылся и перестал принимать отходы, в связи с чем, транспортировка отходов для захоронения была перенаправлена на территории других регионов Российской Федерации, в том числе это привело к увеличению нагрузки на полигоны Ленинградской области. На данный момент, как отмечается в Докладе «Единой концепции обращения с ТКО на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области», мощности полигонов в Ленинградской области также практически исчерпаны и нуждаются в модернизации [83].

В процессе очистки городских сточных вод на предприятии ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» образуется более 150 м<sup>3</sup>/сутки осадка

сточных вод, который считается отходом 4-5 класса опасности. Производственный отход полностью сжигается на трех мусоросжигательных заводах с 2007 года, до этого периода осадок вывозился на полигоны. Энергетическая утилизация позволяет сократить объем образованного осадка в несколько раз, однако зола, образующаяся в процессе сжигания, также остается проблемой региона, поскольку ее объем достаточно велик – 90/110 м<sup>3</sup>/сутки и требует решения с ее дальнейшим размещением или конечной утилизацией.

Учитывая невысокий уровень утилизации твердых коммунальных отходов, и необходимость решения проблемы с уже образованным осадком сточных вод и золой, требуется выстраивание комплексной системы обращения с отходами и формирование принципов экономики замкнутого цикла в г. Санкт-Петербурге. Принцип исследуемой системы заключается в построении процесса эффективного управления различными типами отходов на региональном уровне.

Сущность экономики замкнутого цикла в рамках управления системой обращения с отходами в регионе основывается на возвращении отходов в повторный хозяйственный оборот для создания нового продукта, что позволяет уменьшить негативное воздействие на окружающую природную среду и здоровье населения, а также способствует экономическому росту региона. При выборе решения по обращению с отходами региону следует отдать предпочтение переработке и энергетической утилизации, что позволит извлечь максимальный эффект.

Согласно территориальной схеме обращения с твердыми коммунальными отходами города Санкт-Петербурга, в морфологическом составе отходов - 97,2% сырья пригодно для его повторного использования и последующей переработки отходов.

В таблице 6 представлены результаты исследования участников рынка обращения с отходами, занимающимися приемом, покупкой и переработкой вторичного сырья для дальнейшей его реализации. В Санкт-Петербурге

действуют как государственные организации, так и частные. Наиболее востребованным из вторичного сырья – является макулатура, пластиковые отходы и черные и цветные металлы [86].

Таблица 6 – Потенциальный доход от полезного сырья и возможные его потребители (составлено автором) [89]

Вид отхода	Потенциальный доход с килограмма	Возможные места реализации продукции
Бумага и картон	8 рублей	ООО «ВТОРКОМ» ООО «Утилизация бумаги» ООО «Лежар» ООО «Экокомплекс»
Стекло	3,4 рубля	«Глас Ресайлинг Раша»
Пластик	45 рублей	Завод по переработке пластиковых бутылок ООО «ВирХабен» ООО «Хабико Рециклинг» ООО«Альфа-Полимер» ООО «В-Пласт» ООО «Втор-пласт» ООО «Каскада»
Черные металлы	20 рублей	ООО «Нордмет» ООО «Интегратор» ООО «Уни-блок» ООО«Северо-Западная металлургическая компания» ООО «Петромакс» ООО «Драйв-сервис»
Цветные металлы	22 рубля	Всеволожский завод алюминиевых сплавов ООО «Уни-блок» ООО «Вторпромснаб» ООО«Северо-Западная металлургическая компания» ООО «Петромакс»

Рециклинг золы позволил бы коммерциализировать переработанные производственные отходы, высвободить земельный ресурс, которой можно использовать под сельское хозяйство [59], после рекультивации земель, задействованных ранее под полигоны. В городе построено два полигона, один из которых заполнен более чем на 90%, а второй закрыт на прием отходов. Положительным примером эффективной утилизации золы является метод плазменного сжигания золы, который в данный момент проходит тестирование на предприятии ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Однако, хоть данный метод и позволяет качественно утилизировать отходы, но не решает вопрос возвращения отходов в производственный цикл.

В исследовании в таблице 7 представлен анализ наиболее эффективных способов утилизации осадка сточных вод, а также экономические затраты в зависимости от выбора метода утилизации и возможные варианты получения из них вторичного продукта.

Таблица 7 – Сопоставление способов утилизации осадка сточных вод и получения из них полезных качеств (составлено автором) [36]

Метод	Экономические затраты (высокие/средние /низкие)	Вторичный продукт, получаемый из осадка сточных вод, и возможность его применения	Наличие/отсутствие ограничения в применении (зависит от состава осадка сточных вод)	Экологический эффект от использования
Сжигание	Высокие, так как включают в себя затраты на обезвреживание осадка сточных вод, установку дополнительных фильтров для очистки дымовых газов.	1) Зола, используется: – при изготовлении строительных смесей; – при изготовлении техногрунта, удобрений; – в стекловании. 2) Выработка электрической и тепловой энергии.	Ограничения есть только при использовании золы в сельском хозяйстве.	Сокращение количества отходов. Дополнительные загрязняющие выбросы в атмосферу.
Аэробное сбраживание	Высокие (высокая потребность в электроэнергии, высокая стоимость извлечения тяжелых металлов, необходимость в наличии свободных земельных ресурсов).	Обеззараженный осадок возможен для использования как органическое удобрение (компост).	Ограничений нет.	Возвращение части органических отходов в природную среду.
Производство искусственно о техногрунта из осадка	Высокие, так как включают в себя затраты на предварительную обработку осадка сточных вод.	Техногрунт	Ограничений нет, так как весь осадок перерабатывается до безопасного в использовании состояния.	Сокращение объема отходов.
Пиролиз	Высокие (высокая потребность в электроэнергии, высокая себестоимость обработки, дополнительные требования к пожарной безопасности).	Выработка тепловой энергии из пиролизного газа. Применение в дорожном строительстве.	Ограничений нет	Сокращение объема отходов до 70-80%.

Исходя из сравнительного анализа таблицы 7, можно сделать вывод, что основные способы утилизации производственных отходов, связаны с

высокими затратами, возможность применения вторичного продукта ограничена только составом осадка. При выборе рекомендации метода использования, следует анализировать экологический эффект и наличие рынка сбыта для новой продукции.

Мусоросжигание является высокотехнологическим подходом к утилизации отходов, требующим их предварительной обработки. Сжигание позволяет сократить объем отходов, получить дополнительную тепло- и электроэнергию из них, а также получить в результате процесса энергетической утилизации золу для производства нового продукта.

Подход к комплексному обращению с отходами в регионе, состоящий в выделении полезного сырья и получения биотоплива (RDF) из непригодных остатков, потенциально может дать экономический эффект. Кроме того, он соответствует принципам экономики замкнутого цикла [13].

Вследствие чего, выдвигается предложение об использовании мощностей ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» для утилизации осадка сточных вод, и переработки твердых коммунальных отходов. Данный метод позволяет сократить объем образованных отходов, использовать полученную от сжигания энергию для отопления или выработки электричества, а также снизить негативные последствия от образования отходов.

В Санкт-Петербурге расположены заводы по сжиганию осадка, которые находятся на территории станций аэрации: Центральные, Северная и Юго-Западные очистные сооружения.

На ЦСА имеется четыре линии сжигания, две действующие и две, которые планируется модернизировать, при этом вторая линия сжигания используется только на 72%, третья на 57%. Северная станция аэрации перерабатывает до 700 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод в сутки (35 м<sup>3</sup>/сек.), при этом она оборудована тремя печами, производительность каждой составляет 62 тонны сухого вещества в сутки. Общая проектная производительность составляет – 1 250 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, приведенная – 800 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. Обе линии сжигания используются на 95%. На ЮЗОС производительность (переработки сточных

вод) составляет 330 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, проведены две линии для сжигания осадка в печах, и одна временно остановлена. Две линии сжигания используются на 93%. Юго-Западные очистные сооружения оборудованы системой экологического контроля, анализ качества газоочистки, и выбросов дымовых газов проводится независимым лабораторным контролем, также внедрена система биомониторинга. Эффективность газоочистки проверяется биомониторингом. Исходя из полученных данных о загруженности заводов по сжиганию, мы предлагаем рассмотреть 2 экологических проекта [74].

### **Вариант №1. Использование незадействованных мощностей заводов по сжиганию осадка сточных вод**

Использование незадействованных мощностей заводов по сжиганию осадка сточных вод предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» под отходы ТКО, после сортировки и обезвреживания, что позволило бы снизить объем отходов, отправляемых на полигоны, в два раза [85].

Предполагается использовать для сжигания твердых коммунальных отходов линии сжигания завода на Центральной станции аэрации и Северной станции аэрации. Часть основных фондов Центральной ЗСО и ССА изношены, но они по-прежнему могут быть эффективно использованы после модернизации, на них возможно утилизировать 30 тыс. тонн ТКО/год.

Установка дополнительной линии на заводе по сжиганию позволит расширить объем поступающих ТКО до 70 тыс. тонн/год. Установка дополнительных очистных фильтров на заводе снизит уровень негативного воздействия на окружающую среду.

Капитальные затраты составят 2 млрд. рублей.

### **Вариант №2. Технологический комплекс**

Формирование модели технологического комплекса для сбора, сортировки и утилизации отходов, на который направлялся бы осадок сточных вод и ТКО. Создание технологического комплекса позволит уменьшить экологическую нагрузку сразу на два региона: город Санкт-

Петербург и Ленинградскую область, куда направляется большая часть отходов из города на захоронение.

Планируется, что технологический комплекс сможет принимать от Санкт-Петербурга в лице Регионального оператора 350 тыс. тонн ТКО в год и 100 тыс. тонн осадка сточных вод от ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Таблица 8 – Сценарные условия реализации экологического проекта технологический комплекс (составлено автором)

Условия реализации экологического проекта	Сроки выполнения условий реализации экологического проекта
Период проектирования	01.2025-04.2026 г.
Период строительства	2026-2028 г.
Капитальные затраты	22 000,0 млн. руб. с НДС
Начало эксплуатации	2028 г.
Срок амортизации	оборудование - 12 лет; здания и сооружения - 25 лет; машины - 7 лет.
Привлечение кредита (льготный заем банк ВТБ)	Ставка 9,75% годовых;
Субсидии	Привлечение субсидий с помощью инвестиционной программы предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» - 8,6 млрд. рублей.
Доход от продажи вторсырья (бумага, стекло, пластик и т.д.)	Дополнительные доходы за счет реализации вторичного сырья 50 тысяч тонн по тарифу 8 руб. в 2028 г.
Доход от продажи электроэнергии	Дополнительные доходы за счет продажи электроэнергии, вырабатываемой заводом 7000 тыс. кВт*ч/год по тарифу 5,70 руб. за кВт в 2028 г.
Инфляция по прогнозу Минэкономразвития России	С 2025 года от 4% ежегодно.

Модель технологического комплекса предусматривает автоматизированную сортировку поступающих твердых коммунальных отходов для извлечения вторичного сырья, предполагается, что его объем составит около 50 тысяч тонн/год, а также сжигание осадка сточных вод и получаемой в результате сжигания ТКО золы (102,5 тысяч тонн / год) с производством электроэнергии (7 000 тыс. кВт\*ч). Технологический комплекс будет выполнять следующие виды работ: обработка, обезвреживание, сортировка, утилизация.



Рисунок 21 – Структура процесса обращения с отходами производства и потребления в регионе (составлено автором)

Структура управления процессом обращения с отходами в технологическом комплексе основана на делегировании части полномочий процесса региональным оператором с помощью отдельных бизнес-процессов. Региональным оператором будет осуществляться сбор, накопление с последующей транспортировкой твердых коммунальных отходов в технологический комплекс.

Главная функция технологического комплекса – это обращение с отходами: разделение и сортировка их на отдельные фракции, например, металлы от бумаги, и транспортировка их для дальнейшей переработки, получения биотоплива. Процесс обращения с отходами включает в себя этапы обработки, сортировки отходов, получения в процессе вторичных материальных ресурсов, сжигания биотоплива, полученного из ТКО совместно с осадком сточных вод прошедшего предварительную сушку и направление золы на временное хранение, передача предприятиям

занимающимся строительными работами и изготовлением дорожных покрытий (табл. 9).

Таблица 9 – Прогнозный баланс деятельности технологического комплекса по обезвреживанию и сжиганию ТКО и осадка сточных вод (составлено автором)

№ п/п	Операция	Ед.изм.	Количество
1	Приемка отходов (ТКО)		
1.1.	Приемка отходов (ТКО)	тыс.тонн/год	350
1.1.1.	в т.ч. с решеток объектов ГУП «Водоканал СПб»	тыс.тонн/год	7
1.2.	Подача отходов на сортировку	тыс.тонн/год	350
1.3.	Многоступенчатая сортировка	тыс.тонн/год	350
1.3.1.	Получение вторичных материалов	тыс.тонн/год	50
1.3.2.	Биотопливо из ТКО	тыс.тонн/год	300
2	Приемка осадка сточных вод (влажность 75%)		
2.1.	Приемка осадка сточных вод	тыс.тонн/год	100
2.2.	Подача осадка для осушки	тыс.тонн/год	100
2.3.	Осушенный осадок 45% влажности	тыс.тонн/год	45
2.3.1.	Биотопливо из осадка	тыс.тонн/год	45
3	Сжигание биотоплива		
3.1.	Подача биотоплива на сжигание	тыс.тонн/год	345
3.2.	Полученная в результате сжигания биотоплива зола	тыс.тонн/год	102,5
3.2.1.	Полученная в результате сжигания биотоплива зола ТКО	тыс.тонн/год	90
3.2.2.	Полученная в результате сжигания биотоплива зола осадка сточных вод	тыс.тонн/год	12,5
4	Стабилизация зольного осадка (стеклование)		
4.1.	Прием золы от технологического комплекса	тыс.тонн/год	102,5
4.2.	Прием золы от завода по сжиганию осадка предприятия ВКХ	тыс.тонн/год	48
4.3.	Подача золы на стеклование	тыс.тонн/год	150,5
4.4.	Получение остеклованной золы	тыс.тонн/год	135,5
4.4.1.	Использование остеклованной золы на строительные нужды предприятия ВКХ	тыс.м.куб/год	100,0
4.4.2.	Утилизация / продажа сторонним организациям	тыс.м.куб./год	35,5

Технологический комплекс впоследствии может заключить договор с несколькими из представленных компаний в таблице 6 на поставку вторичного сырья, после сортировки ТКО. На рисунке 22 представлены возможные варианты использования потенциала осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов после процессов обработки и обезвреживания на технологическом комплексе.



Рисунок 22 – Варианты использования потенциала осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов, в целях снижения воздействия на окружающую среду (составлено автором) [62; 63]

Технологический комплекс планируется построить возле закрытого полигона «Новоселки» в районе Каменка – Выборгский район Санкт-Петербурга, поскольку в этот район возможно наименее затратно организовать вывоз зольных остатков, образующихся после процессов сжигания отходов.

Так как строительство планируется в черте города, в комплексе будет установлено не только оборудование на основе новейших технологий для экологически безопасной переработки отходов с производством тепловой и электрической энергии, но и дополнительные фильтры на станции сжигания отходов.

Технологический комплекс необходимо внести в территориальную схему обращения с отходами города Санкт-Петербурга.

Сроки реализации экологического проекта составят 3 года, из них: строительство – 3 года, параллельно будет проходить базовая разработка и выдача разрешений на осуществление деятельности – 15 месяцев, и пробная эксплуатация после завершения этапа строительства и получения всех разрешений, а также обучение персонала – 1 год. Для строительства технологического комплекса потребуются капитальные затраты в размере 22 миллиардов рублей, так как данный проект является дорогостоящим, необходимо привлечение инвестиций.

Планируемым источником инвестиций для строительства и ввода в эксплуатацию модели технологического комплекса являются средства частного инвестирования и дополнительное финансирование из федерального бюджета, предоставляемое в форме субсидии.

Необходимое финансирование экологического проекта предполагается получить за счет кредитных средств банковской сферы, сроком предоставления на 15 лет с льготным периодом (в том числе по процентам). Приоритетным источником инвестиций для строительства комплекса является льготный заем банка ВТБ, покрывающий до 14 миллиардов рублей от сметной стоимости проекта. Оставшиеся затраты на строительство будут получены за счет внесения в инвестиционную программу предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» технологического комплекса для получения субсидии на финансирование проектных работ.

Сопутствующим проектом для первого и второго варианта, будет строительство линии по переводу зольных остатков твердых коммунальных отходов и осадка сточных вод в полезный продукт методом стеклования. Установка получения инертных материалов состоит из двух линий непрерывного действия, производительность каждой из них составит 6 т/час. Площадь для размещения двух линий – 300 м<sup>2</sup>.

Капитальные затраты на установку плазменного плавления и стеклования составят 1,001 млрд. руб.

Ориентировочный срок реализации проекта – 1 год.

Данная технология является перспективной за счет экологичности в конце процесса получается гранулированный материал 5 класса опасности, который можно считать безопасным. Также полученный продукт от данной установки можно будет использовать в строительных целях. Из чего следует, что сопутствующий проект соответствует целям экономики замкнутого цикла.

Поскольку представленные выше технологии позволяют снизить объем отходов, направляемых на захоронение и вернуть большую часть в повторный хозяйственный оборот, это дает дополнительную возможность по рекультивации иловых полей.

Сопутствующий проект № 2, это организация работ по снижению негативного воздействия на окружающую среду с помощью замены процессов складирования на полигоне «Северный» на переработку складированного осадка сточных вод методом геотубирования. В рамках реализации проекта предусматривается приобретение двух технологических линий для забора и подготовки осадка сточных вод с последующей закачкой в геотубы. Проблема с распространением иловых полей в Российской Федерации является актуальной, однако инновационные технологии позволяют отказаться от размещения осадка сточных вод на площадках и перейти к их рекультивации путем закачивания ила в геотубу. После осуществления процесса биологической рекультивации, который осуществляется на протяжении нескольких лет, ил, закаченный в геотубы, становится безопасным почвогрунтом.

Управление отходами является не узкой технологической или производственной проблемой, а более глобальной, комплексной проблемой, затрагивающей множество сфер экономики и социальной жизни общества на региональном уровне [20; 61]. Оба варианта попадают под реализацию несколько направлений экологизации экономики региона: максимизация переработки отходов; повышение качества городской среды; внедрение

новых ресурсосберегающих и малоотходных технологий; совершенствование и повышение эффективности очистки загрязнений.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что в Санкт-Петербурге зафиксирован постоянный рост показателя образования производственных отходов, осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов, как в натуральном выражении, так и в пересчете на душу населения. По причине отсутствия необходимых объектов инфраструктуры для захоронения отходов, их размещение осуществляется исключительно в других регионах страны. Также в регионе отмечается и нехватка инфраструктурных объектов, что обуславливает отставание от установленных целевых показателей федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО», где к 2024 году объем отходов, направляемых на захоронение должен составить 88,9%, а доля ТКО, направляемых на утилизацию, должна увеличиться до 11,1% в г. Санкт-Петербурге и 25% в Ленинградской области. По данной причине возникла необходимость в развитии комплексной системы обращения с отходами.

В рамках указанной задачи, представленные в исследовании экологические проекты позволят внедрить принципы экономики замкнутого цикла и решить часть проблем региона экологического характера, а также улучшат социальную составляющую.

Для регионального экологического оператора представленный автором проект позволит получить окупаемость вложенных средств и позволяет делегировать часть полномочий по утилизации отходов предприятию ВКХ.

Для предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» строительство технологического комплекса позволит снизить нагрузку на полигоны, где размещается осадок сточных вод, за счет сжигания его в технологическом комплексе и получить дополнительные источники доходов за счет продажи вторичного сырья после сортировки отходов, электроэнергии и золы, которая обычно применяется в производстве строительных материалов. В

зависимости от состава осадка конечный продукт, можно применять и в сельском хозяйстве, и для получения тепловой / электроэнергии.

Выбрав наиболее эффективный способ обращения с отходами, появится возможность ликвидировать полигоны ТКО и иловые площадки, а также снизить экологическую нагрузку в Ленинградской области, куда на захоронение направляются отходы из г. Санкт-Петербурга.

### **Выводы ко второй главе диссертационного исследования:**

В рамках проводимого диссертационного исследования были рассмотрены эколого-экономические, организационно-административные и социально-психологические группы методов управления сферой обращения с отходами. Методы подразделены на группы, поскольку позволяют распределить инструменты управления обращением с отходами по признакам экологичности, возможностям выделения социальных эффектов, определения административных подходов к управлению природопользованием на различных уровнях (федеральном, региональном, локальном), побуждающих к внедрению экологической культуры и пр.

В ходе исследования были рассмотрены инструменты: штрафные санкции, льготное кредитование, ключевые показатели эффективности, использована цифровых технологий для обращения с ТКО. Ключевые показатели эффективности представлены в разрезе разработанной автором методики оценки экологических, социальных экономических показателей, которые в ходе исследования переводятся в баллы и составляют общий рейтинг для региона по обращению с отходами. Удобство представленной методики заключается в том, что она не требует использования значительных объемов статистической информации закрытого типа и основывается на федеральных, региональных нормативно-правовых документах. Методика позволяет выделить проблемные аспекты в деятельности регионов по обращению с отходами производства и потребления. Представленная методика позволяет определить тренды и тенденции по обращению с

отходами в регионах и позволяет дать оценку их инвестиционной привлекательности.

Апробация методики была проведена на 3 регионах, для которых был проведен развернутый расчет критериев оценки эффективности обращения с отходами, а затем была сформирована сводная таблица с результатами рейтинга регионов в области устойчивого развития. В рамках исследования были рассмотрены: Санкт-Петербург, Москва и Мурманская область. Эти регионы были выбраны для апробации диссертационного исследования, потому что обладают позитивным инвестиционным потенциалом для внедрения принципов переработки отходов и могут впоследствии стать модельными регионами в исследовании.

В исследовании представлен анализ зарубежного и отечественного опыта по обращению с отходами типа ТКО и илового осадка сточных вод, исследованы передовые практики в области переработки осадка сточных вод: биотопливо, в строительстве и использование осадка сточных вод сельском хозяйстве для кислых почв, на мелиоративных участках и при уходе за парковыми зонами, эти технологии являются энергоемкими и материалоемкими, включают в свой состав инновационные элементы и позволяют комплексно управлять отходами на различных уровнях. В рамках отечественного опыта обращения с отходами были выявлены следующие проблемы: нехватка объектов инфраструктуры, отсутствие необходимого финансирования для организации обращения с ТКО, нехватка свободных земельных ресурсов для размещения отходов и др. Решением данной проблемы будет организация и использование свободных производственных мощностей предприятия ВКХ для осуществления процессов сжигания ТКО на их территории.

Для реализации рассмотренной задачи автором была предложена модель технологического комплекса, сочетающаяся в себе переработку производственных отходов предприятия ВКХ и утилизацию отходов ТКО региона. Модель технологического комплекса сможет принимать 350 тысяч

тонн твердых коммунальных отходов и 100 тысяч тонн осадка сточных вод. ТКО в технологическом комплексе проходят предварительную сортировку с извлечением потенциально полезного сырья и обработку. Отходы, не извлекаемые для рециклинга будут направляться совместно с осадком сточных вод для сжигания и получения биотоплива.

В задачи комплекса по переработке отходов входит:

- Сортировка, поступающих отходов.
- Отбор вторичного сырья, пригодного для переработки.
- Обезвреживание отходов.
- Сжигание ТКО и осадка сточных вод.

Для всех участников процесса обращения с отходами технологический комплекс позволит достичь следующих результатов:

– Для органов государственной власти и местного самоуправления: эта технология дает возможность снизить экологическую нагрузку в регионе за счет решения проблемы сортировки и последующей утилизации отходов.

– Для населения региона: улучшение качества жизни и, как следствие, сохранение здоровья в интересах будущих поколений.

– Для ресурсоснабжающего предприятия: возможность более полной загрузки производственных мощностей, а также получения дополнительной прибыли и инвестиционных вложений для развития и расширения систем и технологий сжигания.

Положительным аспектами внедрения данной технологии являются сокращение объемов размещаемых отходов ТКО и осадка сточных вод, снятие части нагрузки по утилизации отходов с регионального экологического оператора, улучшение экологической обстановки в регионе, решение проблем ЖКХ на региональном уровне.

### ГЛАВА 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В РЕГИОНЕ

#### 3.1. Экономические методы управления эффективностью обращения с отходами в регионе

Исходя из рассмотренных автором в главе 2 групп методов и инструментов управления эффективностью использования отходов производства и потребления, выделим экономические методы.



Рисунок 23 – Схема участников эколого-экономических отношений в сфере обращения с отходами (составлено автором)

На рисунке 23 представлена схема участников эколого-экономических отношений в сфере обращения с отходами производства и потребления.

Производители и импортеры товаров и упаковок товаров, уплачивают экологический и утилизационный сбор в региональные бюджеты Российской Федерации. Из рассмотренных бюджетов средства направляются на финансирование природоохранных мероприятий и экологических проектов, а также государство выделяет субсидии для стимулирования развития сферы

обращения с отходами и обеспечения экологической безопасности в регионах страны.

Население оплачивает услуги регионального оператора по обращению с ТКО на основании установленных тарифов. Организацией сбора ТКО от многоквартирных домов и взаимодействием с РО занимаются, на основании договора, Управляющие компании и ТСЖ. Между собственниками нежилых помещений и частных жилых домов взаимодействие с региональным оператором осуществляется напрямую, а оплачиваются услуги также на основании установленных тарифов.

Схема взаимодействия между населением-УК, ТСЖ и РО следующая:

Население, образует твердые коммунальные отходы и оплачивает услугу по обращению с ними – УК и ТСЖ размещают контейнеры для сбора отходов населения и контролируют их своевременный вывоз – Региональный оператор, отвечает за вывоз отходов с мест их накопления и организует обработку, обезвреживание, утилизацию и размещение отходов различных типов.

Между субъектом РФ и региональным оператором заключается договор, на осуществление деятельности по обращению с твердыми коммунальными отходами. В свою очередь между региональным оператором и операторами по обращению с отходами заключается договор на передачу части полномочий и оплаты услуг по сбору, транспортировке, обработке, обезвреживанию, утилизации и размещению ТКО.

Рассмотрим подробнее методы и инструменты, используемые для управления эффективностью обращения с отходами в регионе.

### **Инструмент № 1. Экологический сбор в отношении производителей и импортёров товаров и упаковки**

Экологический сбор – это установленная ежегодная плата за утилизацию для предпринимателей, производящих или импортирующих товары и упаковку товаров, которые сами предприниматели не могут утилизировать.

Введение текущего экономического механизма позволило привлечь производителей и импортёров товаров и упаковки к несению ответственности за свою продукцию после ее использования.

Расчет суммы экологического сбора формируется исходя из данных о количестве, выпущенных в обращение на территории Российской Федерации товаров, упаковки товаров, реализующихся для внутреннего потребления.

Таблица 10 – Способы расчета экологического сбора для производителей и импортёров товаров и упаковки [104]

№	Название расчета	Формула
1	Экологический сбор для товаров	$\text{ЭК}_{\text{сбор}} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times \text{M}_{\text{тов.}} \times (\text{N}_{\text{у}} - \text{M}_{\text{от.}}), \quad (1)$ <p>где</p> <p><math>\text{N}_{\text{у}}</math> – установленный показатель норматива утилизации, %;</p> <p><math>\text{M}_{\text{тов.}}</math> – показатель массы товаров, которые произведены в Российской Федерации и (или) для внутреннего использования, а также ввезены с территории стран, входящих в ЕАЭС, т./год;</p> <p><math>\text{M}_{\text{от.}}</math> – показатель массы отходов, образующихся при использовании товаров, а также полученного из них вторичного сырья, задействованного в производстве товаров и зафиксированного в актах утилизации, т./год;</p> <p><math>\text{ЭК}_{\text{сбор}}</math> – экологический сбор, тыс.руб.;</p> <p>Ставка Эк.Сб.– цена за утилизацию, руб./т.</p>
2	Экологический сбор для упаковки товаров	$\text{ЭК}_{\text{сбор}} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times \text{M}_{\text{уп.}} \times (\text{N}_{\text{у}} - \text{M}_{\text{от.}}), \quad (2)$ <p>где</p> <p><math>\text{N}_{\text{у}}</math> – установленный показатель норматива утилизации, %;</p> <p><math>\text{M}_{\text{уп.}}</math> – показатель массы упаковки, произведенной или выпущенной для использования в Российской Федерации, а также ввезенной с территории стран, входящих в ЕАЭС, т./год;</p> <p><math>\text{M}_{\text{от.}}</math> – показатель массы отходов, образующихся при использовании упаковки, а также полученного из нее вторичного сырья, задействованного в производстве товаров и зафиксированного в актах утилизации, т./год;</p> <p><math>\text{ЭК}_{\text{сбор}}</math> – экологический сбор, тыс.руб.;</p> <p>Ставка Эк.Сб.– цена за утилизацию, руб./т.</p>
3	Экологический сбор для юр. лиц, индивидуальных предпринимателей, выполняющих утилизацию отходов от эксплуатации товаров	$\text{ЭК}_{\text{сбор}} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times (\text{M}_{\text{тов.}} - \text{M}_{\text{от.}}), \quad (3)$ <p>где</p> <p><math>\text{M}_{\text{тов.}}</math> – зафиксированный в договоре юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем показатель массы товаров, т./год;</p> <p><math>\text{M}_{\text{от.}}</math> – фактический показатель массы отходов от эксплуатации товаров, а также полученного из них вторичного сырья, задействованного в производстве товаров и зафиксированного в актах утилизации, т./год;</p> <p><math>\text{ЭК}_{\text{сбор}}</math> – экологический сбор, тыс.руб.;</p> <p>Ставка Эк.Сб.– цена за утилизацию, руб./т.</p>

Экологический сбор уплачивается в федеральный бюджет, данные средства из бюджета расходуются на финансирование мероприятий по обращению с отходами, проведение мониторинга и исследований о состоянии окружающей природной среды, ликвидации несанкционированных мест размещения отходов и рекультивацию загрязненных земель [7].

Экологический сбор является стимулирующим инструментом для юридических лиц, поскольку он позволяет сократить расходы на утилизационный сбор за счет самостоятельной переработки.

В настоящее время расчет экологического сбора в отношении производителей и импортёров товаров не совершенен, поскольку необходима корректировка в области расчетов норматива утилизации отходов от использования товаров.

Автор разработал дополнение базовой формулы (табл.10, п/п 1) повышающим и понижающим коэффициентом, для стимулирования производителей и импортеров товаров на самостоятельное осуществление части процесса обработки отходов.

Дополнительная формула расчета экологического сбора в отношении производителей и импортеров товаров:

$$\text{ЭК}_{\text{сбор}} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times \text{M}_{\text{ТОВ.}} \times (\text{N}_{\text{У}} - \text{M}_{\text{ОТ.}}) \times \text{K}_{\text{ПОВ.ЛОН.}}, \quad (4)$$

где

$\text{N}_{\text{У}}$  – установленный показатель норматива утилизации, %;

$\text{M}_{\text{ТОВ.}}$  – показатель массы товаров, которые произведены в Российской Федерации и (или) для внутреннего использования, а также ввезены с территории стран, входящих в ЕАЭС, т./год;

$\text{M}_{\text{ОТ.}}$  – показатель массы отходов, образующихся при использовании товаров, а также полученного из них вторичного сырья, задействованного в производстве товаров и зафиксированного в актах утилизации, т./год;

$\text{ЭК}_{\text{сбор}}$  – экологический сбор, тыс.руб.;

Ставка Эк.Сб.– цена за утилизацию, руб./т.

$K_{\text{пов.}}$  – повышающий коэффициент, направленный на увеличение суммы экологического сбора для товаров, не прошедших предварительную сортировку. Коэффициент будет устанавливаться на отходы, не прошедшие предварительную сортировку и обработку.  $K_{\text{пов.}} > 1$ , предлагается установить коэффициент 1,25 – если объем отходов, подлежащих утилизации не прошел предварительную сортировку и обработку.

$K_{\text{пон.}}$  – понижающий коэффициент, направленный на снижение суммы экологического сбора для товаров, прошедших предварительную сортировку.  $K_{\text{пон.}} < 1$ . Коэффициент рассчитывается исходя из фактического объема отходов, направляемых на сортировку и обработку. Устанавливаются следующие значения 0,25 – при объеме отходов, предварительно прошедших сортировку и обработку в объеме от 75% и выше, 0,4 – при объеме отходов от 51% до 74%, 0,6 – от 26% до 50%, 0,75 – от 5% до 25%.

Апробация и расчет данной формулы представлены в приложении 3.

Преимуществом предлагаемого расчета экологического сбора в отношении производителей и импортеров товаров является стимулирование производителей и импортеров товаров к снижению объемов отходов, образующихся при производстве и использовании, а также повышение экологической ответственности производителей.

Производители и импортеры товаров будут постепенно наращивать объемы отходов, прошедших предварительную сортировку и обработку перед направлением на утилизацию, чтобы получить понижающий коэффициент, что постепенно расширит вовлеченность бизнеса в сферу обращения с отходами и снизит экологическую нагрузку на регион.

## **Инструмент №2. Плата за негативное воздействие на окружающую среду**

Плата за негативное воздействие на окружающую среду – является ежегодным обязательным платежным механизмом для российских предприятий, учреждений и организаций, и иностранных физических и юридических лиц, направленных на возмещение экологического ущерба от

имеющихся источников негативного воздействия на окружающую природную среду. НВОС является одним из экономических инструментов экологической политики Российской Федерации.

Рассмотрим подробнее на рисунке 24 схему распределения средств от НВОС.

В экологические платежи входит:

- плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными объектами;
- плата за выбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- плата за размещение отходов, в том числе складирование побочных продуктов производства, признанных отходами.

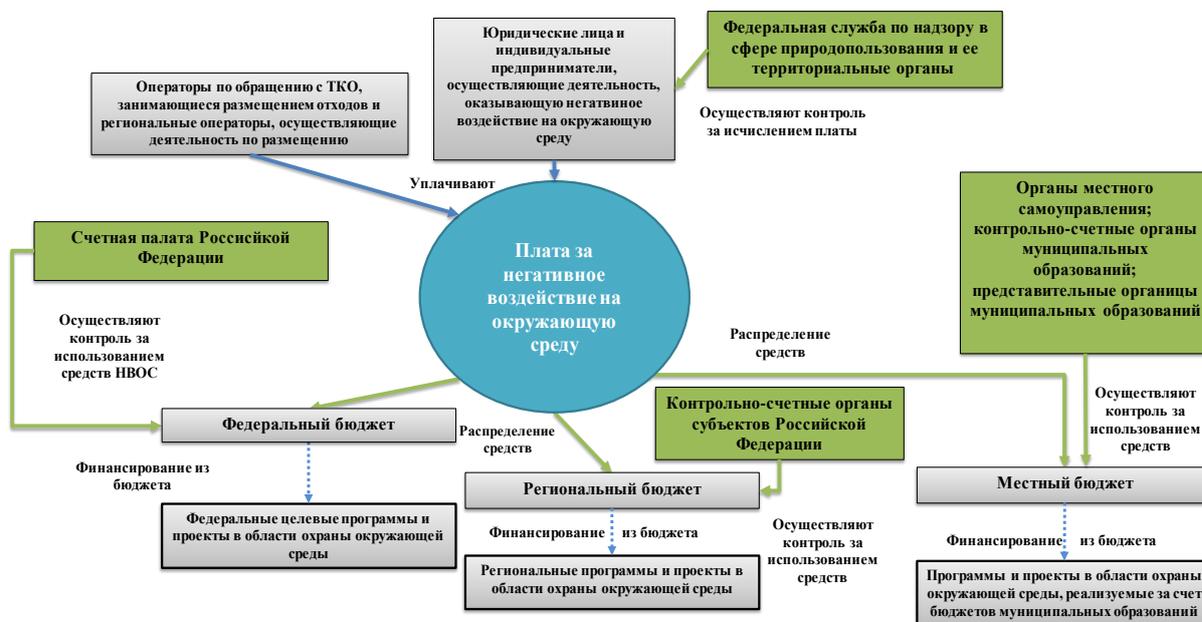


Рисунок 24 – Схема распределения средств от платы за негативное воздействие на окружающую среду (составлено автором на основании) [11]

Как видно из рисунка 24, источником негативного воздействия на окружающую среду являются юридические лица и индивидуальные предприниматели, занимающиеся хозяйственной или иной деятельностью на территории Российской Федерации, в том числе ими являются операторы по обращению с ТКО, деятельность которых заключается в размещении отходов. Постановкой объектов на государственный учет и ведением реестра

НВОС, а также Федеральная служба по надзору в сфере природопользования и ее территориальные органы уполномочены осуществлять контроль над правильностью взискивания НВОС, а также ведением реестра лиц, обязанных вносить плату за негативное воздействие на окружающую среду [11].

Средства от НВОС распределяются между федеральным, региональным и местным бюджетом, что дает возможность финансирования экологических мероприятия в регионе. Контроль над оборотом денежных средств НВОС из бюджетов осуществляют:

- на федеральном уровне: счетной палатой Российской Федерации;
- на региональном уровне: контрольно-счетными органами субъектов Российской Федерации;
- на местном уровне: органами местного самоуправления, контрольно-счетными органами муниципальных образований, представительными органами муниципальных образований [58].

К основным функциям платы за негативное воздействие относятся: стимулирующая, регулирующая, контролирующая, фискальная, распределительная.

### **Метод № 1. Инвестирование в природоохранные проекты**

На сегодняшний день инновационные технологические решения по переработке и эффективному обезвреживанию отходов, их внедрение в соответствии с действующим природоохранным законодательством характеризуется высокой капиталоемкостью на всех этапах жизненного цикла проекта и значительным сроком окупаемости. Данный фактор обуславливает нехватку собственных средств предприятий водопроводно-канализационного хозяйства для строительства объектов в области обращения с отходами производства и потребления. По этой причине, инвестирование как метод управления экологическими проектами является ключевым в развитии и совершенствовании сферы обращения с отходами производства и потребления.

Экономическими механизмами, характерными для метода №1, являются льготное кредитование и субсидии, государственно-частное партнерство, «зеленые» облигации, торговля квотами на выбросы парниковых газов.

Рассмотрим подробнее инструменты субсидирования и льготный заем средств из облигационного займа.

Субсидирование, как и льготные займы для проектов по обращению с отходами являются одними из ключевых инструментов государственной политики, направленной на экологизацию регионов и внедрения технологий безотходного производства, а также развития объектов инфраструктуры по обработке и утилизации отходов.

В рамках обращения с отходами субсидии позволяют покрыть часть затрат предприятий, осуществляющих строительство объектов инфраструктуры по обращению с отходами или осуществляющими данную деятельность.

Механизмом предоставления субсидий являются: конкурсный отбор проектов, участие в государственных программах и прямое субсидирование, выделение государством субсидий предприятию под конкретный социально значимый проект [8].

Взаимодействие государственных и частных структур при льготном финансировании проектов сферы обращения с отходами, позволяет стимулировать создание заводов по сортировке, переработке и сжиганию отходов.

Финансирование проектов по формированию комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами осуществляется из средств российского экологического оператора в объеме до 95% от сметной стоимости проекта, сроком до 12 лет. ППК «РЭО» предусмотрено предоставление льготных займов инвесторам из средств облигационного займа ППК «РЭО».

Министерство природных ресурсов Российской Федерации открыло сбор заявок от регионов на субсидирование строительства или модернизации объектов для переработки ТКО.

## **Метод № 2. Тарифообразование в сфере обращения с отходами**

Тарифы на услуги по обращению с отходами устанавливаются региональным оператором сроком не менее чем на 12 месяцев, исходя из затрат на накопление, сбор, транспортировку, обработку, обезвреживание, захоронение и утилизацию отходов.

Ставка тарифа для населения определяется органом исполнительной власти в каждом субъекте Российской Федерации. Контроль осуществляет Комитет по тарифам Санкт-Петербурга.

Для определения объема твердых коммунальных отходов, образуемых домохозяйствами, устанавливаются региональными властями нормативы накопления, исходя из типов жилья, количества проживающих и т.п.

Система тарифообразования при обращении с ТКО регулируется в каждом субъекте Российской Федерации. Предельные тарифы устанавливаются на региональном уровне, исходя из плотности населения, нормативов накопления отходов, уровня развития инфраструктуры региона и его географическим особенностям.

Факторами, влияющими на стоимость установления тарифов для населения, являются:

- затраты операторов на сбор, транспортировку, обработку, утилизацию и размещение отходов, а также на обслуживание объектов инфраструктуры по обращению с отходами;
- нормативы накопления ТКО;
- установленные государством предельные нормативы тарифов.

При установлении тарифов должны учитываться необходимый объем инвестиций для реконструкции или строительства объектов сферы обращения с отходами.

Апробация использования данных инструментов проводится на выбранном экологическом проекте технологический комплекс. В главе 2, был проведен анализ отечественного и зарубежного опыта регионального управления отходами, проанализировано состояние сферы обращения с отходами на модельном регионе Санкт-Петербурге и предложены мероприятия по развитию комплексной системы обращения с отходами. Автором были предложены два проекта:

— использование незадействованных мощностей заводов по сжиганию осадка сточных вод;

— моделирование и последующая реализация экологического проекта технологического комплекса, который сочетает в себе переработку и утилизацию ТКО и производственных отходов ВКХ.

Автором был выбран как наиболее перспективный экологический проект технологический комплекс, так как данный комплекс способен принимать 350 тыс. тонн ТКО и 100 тыс. тонн осадка сточных вод в год, при этом на предприятии будут осуществляться процессы переработки отходов – получение биотоплива из 102,5 тыс. тонн образовавшейся золы, электроэнергии – 7 000 тыс.кВт\*час и сортировки отходов – 50 тыс. тонн в год вторичного сырья. В сравнении с первым проектом, второй проект обладает наиболее высоким потенциалом в развитии природоохранной деятельности региона, увеличении объемов сортировки и утилизации отходов, улучшения качества городской среды, внедрения безотходного производства, повышения технологического уровня очистки загрязнений, а также проект №2 позволит ресурсоснабжающему предприятию получить дополнительную прибыль за счет переработанных отходов. Для данного технологического комплекса рассмотрим три сценария условий реализации проекта, построенные методом корреляционно-регрессионного анализа. На рисунках 25-28 отражена взаимосвязь прогнозного тарифа на обработку и обезвреживание твердых коммунальных отходов и осадка сточных вод и экономически обоснованного тарифа.

Сценарная методика подразумевает под собой подход, при котором проводится анализ заданных условий с целью выявления возможных вариантов развития событий и последствий их наступления. В рамках финансирования проектов и определения наиболее оптимальных вариантов взаимосвязи экономически обоснованных тарифов и прогнозируемых данных данный подход будет актуален. По причине того, что позволяет проанализировать несколько условий реализации проекта и их влияния на установленный тариф.

### **Сценарий № 1 «Базовый»**

В сценарии № 1, предлагается привлечение кредитных банка ВТБ на 10 лет, в период с 2025 по 2034 гг. Ставка по кредиту – 10% годовых, период не начисления процентов банком за использование выделенных финансовых средств (грейс-период) – 4 года. Возврат кредитных средств предполагается в течение 6 лет. Дефицит финансирования экологического проекта составляет 19 734, 28 млн. рублей.

Таблица 11 – Условия реализации экологического проекта №1  
(составлено автором)

Условия реализации экологического проекта	Сроки выполнения реализации условий экологического проекта
Возврат кредита в банк ВТБ в течение 6 л.	с 2025 по 2031 гг.
Проценты, начисленные после ввода в эксплуатацию с 2029 - 2031 гг.	7 503,7 млн. руб.
Экономически обоснованный тариф в 2025 гг.	15 684,81 руб./т.
Прогнозный тариф	6 454,27 руб./т.
Стоимость обработки и обезвреживания твердых коммунальных отходов и осадка сточных вод в 2025 гг.	6 454, 27 руб./т.
Дефицит финансирования, за период 2025-2030 гг.	– 19 734,28 млн. руб.
Средства на погашение займов и кредитов с 2028 – 2044 гг.	+ 31 243,79 млн. руб.

На рисунке 25 представлены сценарные условия реализации экологического проекта «Базовый» со сравнением экономически обоснованного тарифа с прогнозируемым тарифом. Расчет прогнозного тарифа строился исходя из установленных тарифов СПб ГУП «МПБО-2» на обработку и обезвреживание отходов – 6 454, 27 руб., с учетом инфляции 4% до 2044 года. В экономически обоснованный тариф учитывались расходы на обработку и обезвреживание отходов, плату за негативное воздействие на окружающую среду, транспортный налог и налог на имущество, издержки на

обслуживание комплекса и производственные мощности, а также процент по кредиту и предполагаемая прибыль за реализацию вторичного сырья и продуктов рекуперации.

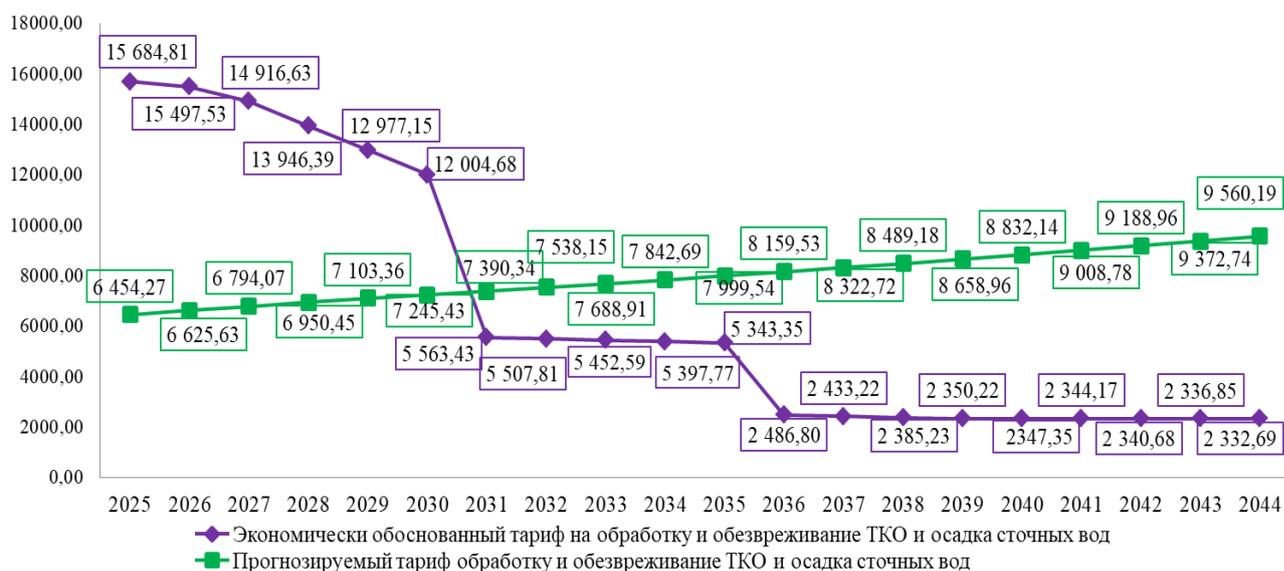


Рисунок 25 – Сценарий № 1 «Базовый». Условия реализации экологического проекта, тыс. руб. (составлено автором)

Как видно из представленного графика экономически обоснованный тариф хоть и значительно выше предельных значений прогнозного тарифа, установленного Комитетом по тарифам Санкт-Петербурга, однако, начиная с 2031 года он будет ниже в 2 раза. Причиной является дефицит финансирования экологического проекта за период 2025-2030 гг., а также выплата процентов по кредитам и увеличение прибыли за счет реализации золы, RDF-топлива, получаемой от сжигания золы и осадка сточных вод электроэнергии и вторичного сырья.

### Сценарий № 2. «Оптимистический»

В сценарии № 2, предлагается привлечение кредитных средств банка ВТБ на 15 лет, в период с 2025 по 2039 гг., с погашением кредита в течение 11 лет. Ставка по кредиту пониженная – 9,75% годовых, так как реализуемый экологический проект попадает под программы социально-экономического развития региона.

Таблица 12 – Условия реализации экологического проекта №2

(составлено автором)

Условия реализации экологического проекта	Сроки выполнения реализации условий экологического проекта
Возврат кредита в банк ВТБ в течение 11 л.	с 2025 по 2035 гг.
Проценты, начисленные после ввода в эксплуатацию с 2028 - 2035 гг.	7 503,7 млн. руб.
Экономически обоснованный тариф в 2025 гг.	12 237,20 руб./т.
Прогнозный тариф на обработку и обезвреживания твердых коммунальных отходов в 2025 гг.	3 944,74 руб./т.
Прогнозный тариф на обработку и обезвреживания осадка сточных вод в 2025 гг.	10 000 руб./т.
Дефицит финансирования, за период 2025-2035 гг.	– 8 666,85 млн. руб.
Средства на погашение займов и кредитов с 2028 по 2044 гг.	+ 30 578,73 млн. руб.

На рисунке 26 представлены сценарные условия реализации экологического проекта «Оптимистический» со сравнением экономически обоснованного тарифа с прогнозируемым тарифом по обработке и обезвреживанию осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов. Расчет прогнозного тарифа ТКО строился исходя из установленных предельных тарифов Комитета по тарифам Санкт-Петербурга на обработку и обезвреживание отходов – 3 944,74 руб., с учетом инфляции 4% до 2044 года. Тариф на обработку и обезвреживание осадка сточных вод принят из документов ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и рассчитан с учетом ставки инфляции 4% до 2044 года.

В экономически обоснованный тариф закладывались расходы также, как и в «Базовом» проекте. Однако, сценарные условия имеют различия, так как планируется выплачивать кредит и проценты по нему за счет выпуска долгосрочных корпоративных облигаций на 10 лет в объеме 5 000 млн. руб., периодичностью 1 раз в полгода.

Размещение долгосрочных корпоративных облигаций планируется в период 2025-2035 гг., что позволит обеспечить положительный денежный поток с 2028 года.

Как видно из представленного графика на рисунке 26, экономически обоснованный тариф в 2025 году незначительно выше предельных значений прогнозного тарифа на обработку и обезвреживание осадка сточных вод, однако, он значительно ниже суммарного условия прогнозных тарифов по

ТКО и осадку сточных вод. С 2036 года экономически обоснованный тариф для населения региона будет в 2 раза ниже.

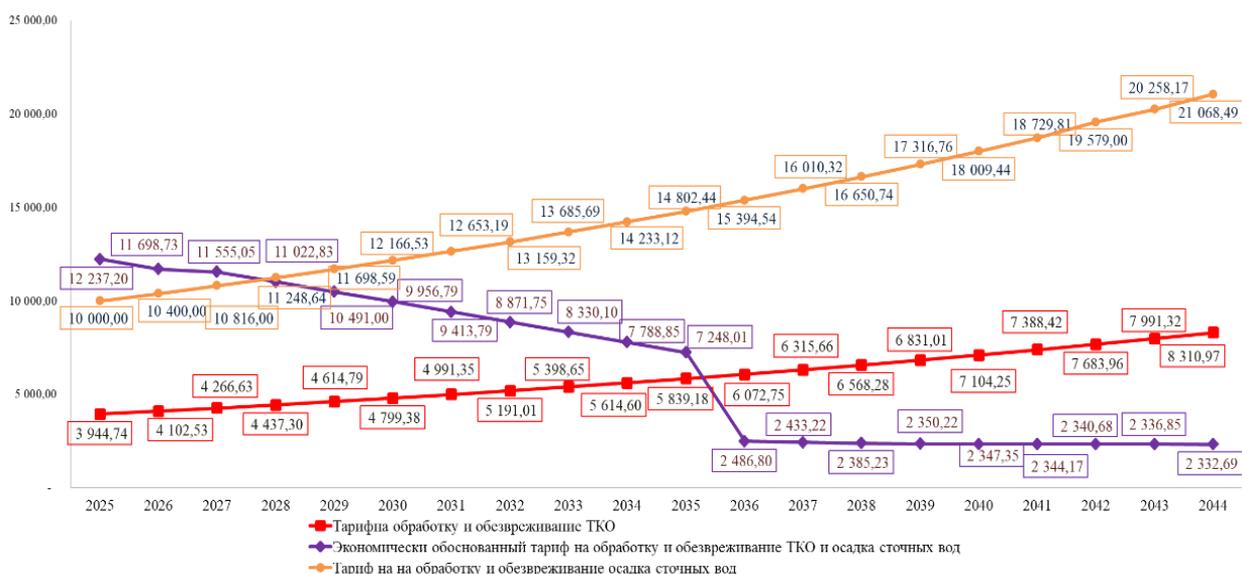


Рисунок 26 – Сценарий № 2 «Оптимистический». Условия реализации экологического проекта, тыс. руб. (составлено автором)

Причиной снижения тарифа является возврат кредита в банк ВТБ и погашение процентов по кредиту, а также закрытие дефицита финансирования экологического проекта в 2035 году.

### Сценарий № 3. «Пессимистический»

В сценарии № 3, предлагается привлечение кредитных средств банка ВТБ на 15 лет, в период с 2025 по 2039 гг., с погашением кредита в течение 11 лет. Ставка по кредиту пониженная – 9,75% годовых, за счет того, что реализуемый экологический проект соответствует программе социально-экономического развития региона.

Дефицит финансирования проекта, объемом 2 175,88 млн. руб., будет закрыт за счет внесения в инвестиционную программу предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» экологического проекта для получения субсидии из федерального бюджета, поскольку данный экологический проект соответствует целям экологизации экономики региона и включает задачи, реализуемые в рамках Национального проекта «Экология» и «Комплексная система обращения с ТКО».

Таблица 13 – Условия реализации экологического проекта №3  
(составлено автором)

Условия реализации экологического проекта	Сроки выполнения реализации условий экологического проекта
Возврат кредита в банк ВТБ в течение 11 л.	с 2025 по 2035 гг.
Проценты, начисленные после ввода в эксплуатацию с 2029 - 2035 гг.	7 503,7 млн. руб.
Экономически обоснованный тариф в 2025 гг.	10 262,68 руб./т.
Прогнозный тариф на обработку и обезвреживания твердых коммунальных отходов в 2025 гг.	3 944,74 руб./т.
Прогнозный тариф на обработку и обезвреживания осадка сточных вод в 2025 гг.	10 000 руб./т.
Дефицит финансирования, за период 2025-2035 гг.	- 2 175,88 млн. руб.
Средства на погашение займов и кредитов с 2028 – 2044 гг.	+ 28 735,44 млн. руб.

На рисунке 27 представлен график сравнения экономически обоснованного тарифа сценарного условия №3 и прогнозных тарифов на обработку и обезвреживание осадка сточных вод и твердых коммунальных отходов.

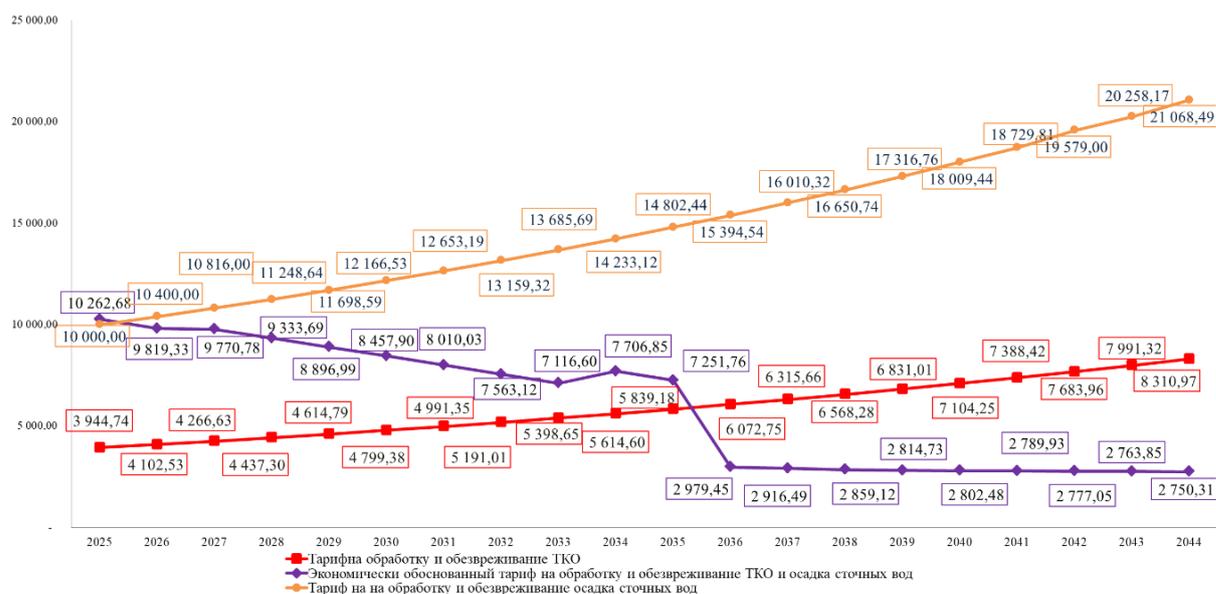


Рисунок 27 – Сценарий № 3 «Пессимистический». Условия реализации экологического проекта, тыс. руб. (составлено автором)

Как видно из представленного графика на рисунке 27, экономически обоснованный тариф в 2025 году незначительно выше предельных значений прогнозного тарифа на обработку и обезвреживание осадка сточных вод, однако, он значительно ниже суммарного условия прогнозных тарифов. Несмотря на это, тариф имеет существенный ценовой диапазон для

населения. Однако, с 2036 года экономически обоснованный тариф для жителей региона будет снижен в 2 раза ниже. По причине, возврата кредита банку ВТБ и погашения процентов по кредиту, а также закрытия дефицита финансирования проекта в 2035 году.

Поскольку экономически обоснованные тарифы значительно ниже предельных значений тарифов, установленных ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и Комитетом по тарифам Санкт-Петербурга, автором проводится сравнение трех сценарных условий, для выбора наиболее оптимального способа финансирования экологического проекта по показателю «экономически обоснованный тариф» (рис. 28).

Как видно из представленного графика ниже, в 2025 году самый высокий тариф устанавливается в «Базовом» сценарии, а самый низкий в «Пессимистическом». На период до 2036 года, самые высокие тарифы будут в «Оптимистическом» и «Пессимистическом» сценарии. При этом отклонения между тремя предлагаемыми тарифами значительны. Однако, с 2036 по 2044 года, сценарий №1 и сценарий №2 практически сравниваются в стоимости предоставления услуги по обращению с отходами населению. Из этого следует, что экономически обоснованный тариф может быть одобрен Комитетом по тарифам Санкт-Петербурга, поскольку он с 2036 года значительно ниже установленных предельных значений тарифов на обработку и обезвреживание ТКО.

Основываясь на этом, для выбора сценария предлагается исходить из дефицита финансирования проекта, в данном случае оптимальным вариантом будет экологический проект №2 «Оптимистический».

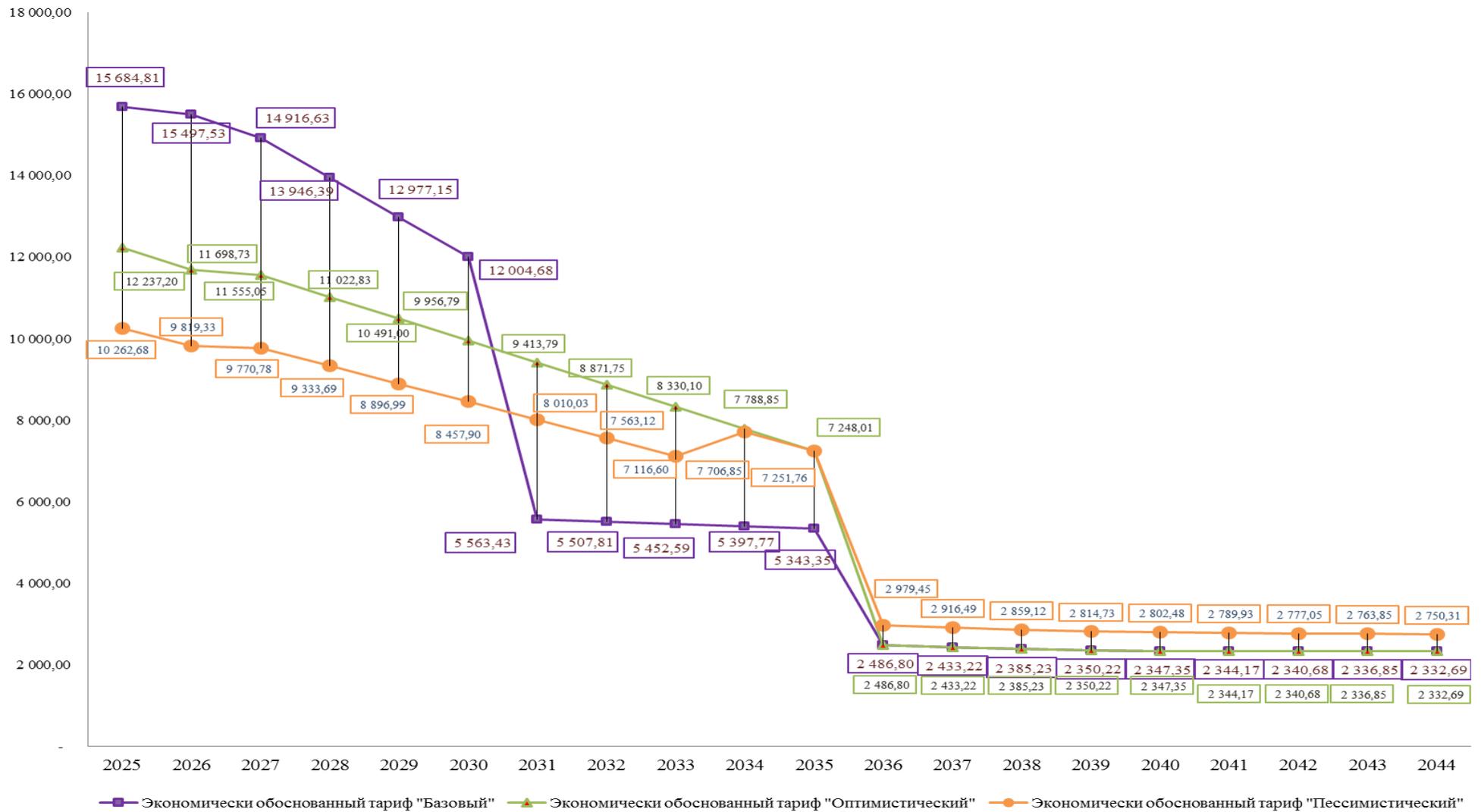


Рисунок 28 – Сравнение экономически обоснованных тарифов трех сценариев, тыс. руб. (составлено автором)

В исследовании рассмотрены экономические методы и инструменты управления эффективностью обращения с отходами производственного и непромышленного характера и оценка использования экологического проекта технологический комплекс. Подробно рассмотрен экологический сбор, и автором предложены стимулирующие коэффициенты для понижения / повышения результатов расчета. Стимулирование позволит влиять на производителей, их решения и дальнейшую деятельность. Как наиболее используемый метод в работе представлена плата за негативное воздействие на окружающую среду. Плата обладает множеством функций и в настоящее время это распространенный метод, поскольку методики являются наиболее точными. Отдельно автором рассмотрены методы инвестирования, которые позволяют сформировать комплекс мер поддержки экологических проектов, что важно для представленного исследования.

Далее представлен метод тарифообразования, он используется для создания тарифной политики предложенного в работе экологического проекта. Тариф очень важен для населения, для формирования тарифа используется метод сценариев.

При этом сформировано 3 вида метода сценариев: базовый, оптимистический и пессимистический. В итоге предполагается остановиться на сценарии №2 «Оптимистический», потому что в первом и третьем сценарии тарифы для населения слишком завышены и будут различаться с установленной региональной политикой.

### **3.2. Реализация принципов оценки рисков для экологического проекта**

Реализация проектов всегда сопряжена с определенным уровнем рисков, вероятность отклонения от ожидаемого результата может наступить на любой стадии жизненного цикла проекта. По данной причине выявление рисков, а также определение вероятности наступления тех или иных событий приобретает большое значение. Особую актуальность они приобретают в контексте реализации экологических проектов, характеризующихся высокой

сложностью, длительным сроком окупаемости и зависимостью от существенного ряда факторов [13].

Проектные риски можно разделить на риски внутренней и внешней среды.

К потенциальным рискам, связанным с возникновением критических факторов со стороны внешней среды, относятся следующие типы рисков:

1. Экономические риски. Данные риски могут быть обусловлены:

— нестабильностью на рынке вторичного сырья, колебание цен на вторичное сырье может привести к неправильной оценке рентабельности проекта, а нехватка сырья к падению уровня производства;

— волатильностью цен на ресурсы;

— инфляцией и изменением валютных курсов, данные факторы могут влиять на стоимость проекта и на его экономическую эффективность;

— невозможностью полностью удовлетворить объемы запросов региона по переработке отходов со стороны организации;

— недоступностью финансирования, которая может быть выражена в ограниченности бюджетных ассигнований под проекты, связанные с обращением с отходами, в том числе в сокращении программ государственной поддержки или снижении привлекательности в финансировании сферы обращения с отходами для инвесторов из-за длительного срока окупаемости проекта.

2. Правовые риски, данные типы рисков связаны с изменением в законодательстве, в том числе изменении правового поля в области международных и национальных соглашений, требований, стандартов, также в области законодательного регулирования сферы обращения с отходами, их организации, контроля и распределения.

3. Политические риски, могут быть связаны с внешней и внутренней политикой государства, внешнеторговыми отношениями, а также изменением и возможно усилением вектора ESG на мировом уровне [77].

4. Социальные риски. К социальным рискам можно отнести:

— влияние негативного общественного мнения со стороны населения региона на возможность реализации проекта, на репутацию организации;

— изменение в демографической ситуации региона может привести к изменению структуры потребления и, как следствие, морфологического состав отходов, объема их образования.

5. Экологические риски как факторы внешнего воздействия на реализацию проекта подразумевают под собой [39]:

— изменение климатических условий;

— уровень благоустройства городской среды;

— возможная степень негативного воздействия проекта на окружающую среду.

6. Технологические риски включают в себя:

— невозможность получения доступа к передовым или инновационным технологиям из-за санкций, ограничений, связанных с патентным правом, высокой стоимостью оборудования, существенно снижающей рентабельность проекта;

— дефицит квалифицированных кадров.

Анализ рисков внешней среды является важным этапом планирования при реализации любых проектов.

Наиболее распространенными типами рисков внутренней среды могут быть:

1. Финансовые риски, которые заключаются в следующем:

— невозможность выполнения кредитных обязательств перед заемщиком (кредитный риск);

— коммерческие риски, возможное снижение доходов организации, увеличение издержек производственного процесса, риски реализации продукции;

— отсутствие налаженной сбытовой сети, заключается в отсутствии соглашений на постоянной основе на поставку вторичного сырья;

— неплатежеспособность контрагентов, высокая дебиторская задолженность;

— сложности с реализацией продукции в желаемом стоимостном выражении, в необходимые организации сроки;

— низкая рентабельность проекта вследствие высоких затрат на обезвреживание и утилизацию отходов, а также невысокой стоимости вторичного сырья.

## 2. Организационно-управленческие риски:

— дефицит ресурсов: отсутствие квалифицированных кадров, и как следствие низкий уровень компетенции менеджмента;

— отсутствие доступа к технологиям, в том числе невозможности своевременной замены или модернизации оборудования;

— изменение руководящего состава организации: данный риск влияет на эффективность реализации проекта, в том числе может привести к смене приоритетов, пересмотру целей проекта и выделению новых требований в процессе его реализации, что влечет за собой дополнительные издержки, проблемы в координации работ и ошибкам в проектно-сметной документации;

— складские и снабженческие риски;

— ошибки при проектировании экологического проекта;

— нереалистичные сроки, бюджеты и цели проекта.

## 3. Техничко-технологические риски:

— неэффективно выбранная технология может привести к недозагрузке проектной мощности и, как следствие, невозможности достижения планируемых результатов по обезвреживанию или утилизации отходов, получению необходимого объема вторичного сырья и

электроэнергии из процессов сжигания, а также существенному износу оборудования;

— сбои и аварии при эксплуатации оборудования, влекут за собой аварийные ситуации с воздействием на окружающую природную среду, а также остановке всего производственного процесса;

— фактическая производственная мощность может не соотноситься с проектной и быть достаточно ниже заявленной, что приведет к невозможности выполнения взятых на себя организацией обязательств в полном объеме и накоплению отходов производственного и непромышленного типа;

— выпуск продукции более низкого качества;

— недостаток трудового ресурса;

— увеличение стоимости оборудования по мере реализации проекта;

— отсутствие необходимой городской инфраструктуры на территории реализации проекта.

К внутрипроектным рискам относятся маркетинговые, социальные и экологические риски. Экологические риски могут быть вызваны непредвиденным воздействием на окружающую среду, нарушением экологических стандартов и неэффективной системой мониторинга.

Для выявления данных рисков, вероятности достижения того или иного события используются методики экспертизы рисков. Их можно разделить на две группы: количественные и качественные. Выбор методики зависит от сферы применимости проекта, его сложности, доступности ресурсов для его реализации и необходимой точности оценки.

К качественным методам относятся: метод экспертных оценок (метод Дельфи), сценарный анализ, метод аналогий или консервативных прогнозов, «спираль» или «роза» рисков. Качественные методы не предусматривают оценку, выраженную числовыми значениями [13; 44].

К количественным методикам относятся: метод анализа чувствительности, имитационное моделирование (модель Монте-Карло),

Метод BOCR, древо решений, метод количественной оценки рисков, метод сценариев, метод дисконтирования. Данные методы в основном базируются на использовании компьютерных моделей и статистических данных при проведении анализа рисков [32].

Наиболее эффективными для анализа рисков проекта и выявления степени вероятности наступления событий являются: метод анализ чувствительности отдельных факторов проекта, метод BOCR и метод имитационного моделирования. Одним из инструментов метода имитационного моделирования является модель Монте-Карло.

Модель Монте-Карло достаточно часто применяется для определения вероятности достижения того или иного события и используется для оценки инвестиционных экологических проектов, а также для организации бизнеса и прогнозирования результатов тех или иных бизнес-решений. Данный метод относится к группе методов имитационного моделирования: с помощью этого подхода воссоздается реальная ситуация и для нее проводится оценка рисков. Автор предлагает использовать метод Монте-Карло как оценочный для рисков реализации экологических проектов. В данном случае рассматривается технологический комплекс, предложенный автором во второй главе.

Представим общую характеристику метода Монте-Карло для формирования и внедрения экологического проекта.

### **Этап 1. Формирование переменных величин и коридора их распределений.**

Для реализации метода необходимо идентифицировать основные переменные, характерные для реализации экологического проекта. Данные распределения необходимо разделить на 4 типа, представленные в таблице 14.

К основным критериям можно отнести стоимость, время, эффективность, а также могут быть учтены внешние факторы. Эти факторы

дают возможность определить тип распределения и вероятности для всех 4-х типов элементов.

Таблица 14 – Типы распределения для оценки рисков методом Монте-Карло (составлено автором)

Наименование	Описание
Нормальное распределение	Отклонение равномерно и отражает зеркальную вероятность в обе стороны от принятого среднего значения.
Логнормальное распределение	Для тех типов переменных, которые не могут иметь отрицательных значений, к ним относятся временные факторы.
Треугольное распределение	Переменные отражаются минимальным и максимальным диапазоном, обычно значения выражаются в процентах.
Дискретное распределение	Переменные, которые имеют конечное число значений, то есть данные события являются вероятными.

### **Этап 2. Проведение генерации случайных значений.**

Для оценки генеральной совокупности значений используется генерация случайных чисел в определенном диапазоне значений 4-х рассмотренных ранее переменных. Данные переменные дают возможность определить регрессию и исключить корреляционные факторы, то есть улучшить сходимость исследования.

### **Этап 3. Моделирование результатов проекта.**

Для сгенерированных значений производится расчет результатов проекта, что дает возможность приблизительно оценить результаты проектной деятельности.

### **Этап 4. Проведение анализа результатов по использованию метода Монте-Карло.**

Оценка проводится графически с использованием гистограмм и диаграмм, что дает возможность оценить результаты и возможности реализации проекта. Данный подход дает оценить возможность достижения результатов и чувствительность выбранных параметров к успеху реализации проекта.

### **Этап 5. Результаты и вывод по исследованию.**

Данный подход позволяет оценить успешность проекта и риски по нему, что впоследствии позволят разработать подходы к управлению рисками

и своевременной их оценки. Для экологических проектов данная модель даст возможность оценивать успешность и результативность экологических проектов.

Проведем оценку рисков проекта по переработке отходов в регионе с помощью модели Монте-Карло.

Ключевые переменные (исходные данные):

1. Стоимость экологического проекта: 2 млрд. руб. (нормальное распределение).

2. Процент переработки отходов методом сжигания: 80% (треугольное распределение).

3. Время функционирования завода по сжиганию отходов: 15 лет (логнормальное распределение).

4. Вероятность безотходного производства: 72% (дискретное распределение).

**Этап 1. Определение распределений по 4-ем основным составляющим.**

а) Стоимость проекта (С): при установленном распределении 2 млрд. руб. за экологический проект, стандартное отклонение составит 10%  $\sigma = 200$  млн. руб.

Процент переработки соответствует треугольному распределению с минимальным показателем 70%, при этом максимальное составит 90%, а вероятное будет 80%.

Время функционирования относится к лонгнормальному распределению, медиана которого составит 15 лет.  $\sigma = 0,2$ .

Вероятность безотходности технологии является дискретным распределением с вероятностью 0,72 и 0,28 при наличии остаточных отходов.

**Этап 2. Моделирование.**

Для всех четырех показателей были сгенерированы случайные выборки значений, затрагивающие все ключевые показатели.

Проведен расчет количества переработанных отходов: как общее количество отходов за временной промежуток Т. Проведена оценка расчетной стоимости переработки одной тонны отходов, деленной на количество переработанных отходов. Наличие остаточных отходов определяется разностью объемов отходов до и после.

### Этап 3. Анализ результатов.

Построим график по количеству переработанных отходов.

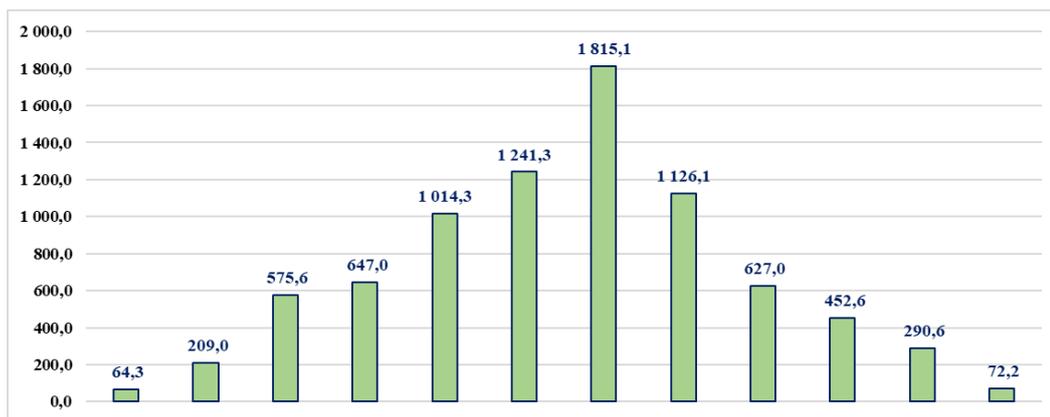


Рисунок 29 – Количество переработанных отходов с помощью экологического проекта, тонн (составлено автором)

Изменение работы завода позволит распределить использование производственных мощностей и распределять объемы переработки, согласно графику.

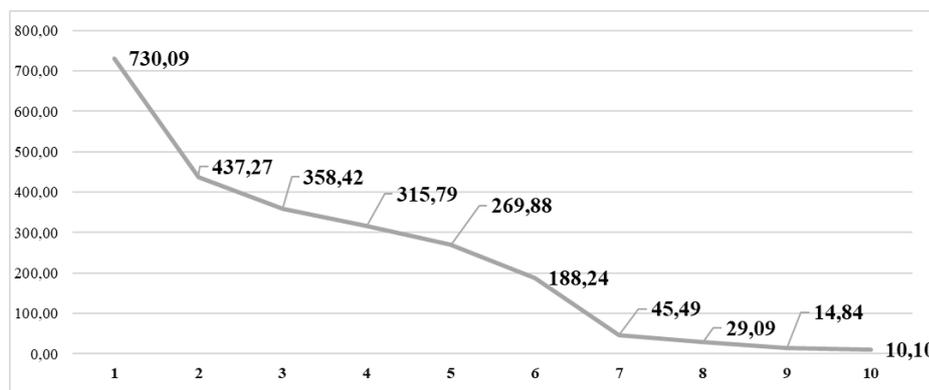


Рисунок 30 – Наличие остаточных отходов, тонн (составлено автором)

Отметим, снижение объемов остаточных необработанных отходов по годам, что свидетельствует о технологичности экологического комплекса.

Рассмотрим расчет экономической эффективности.

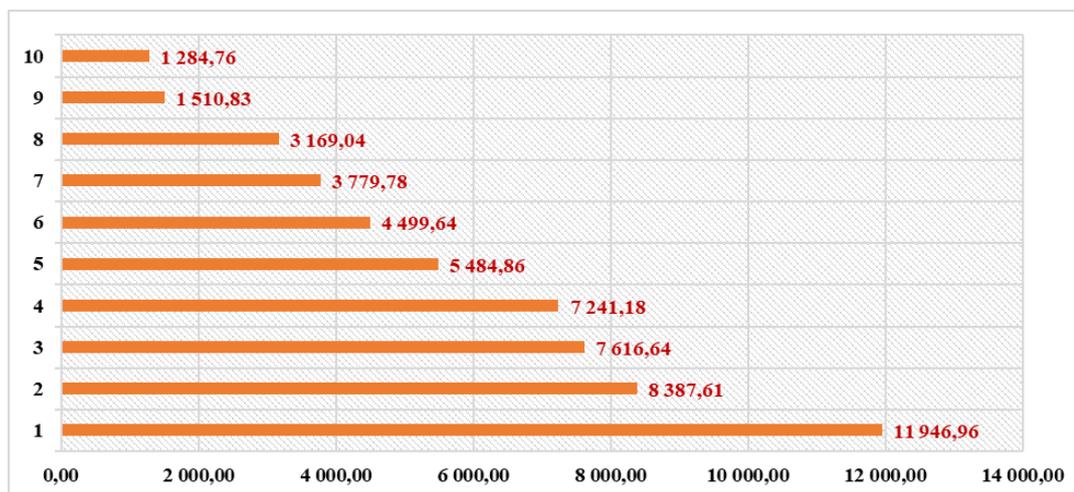


Рисунок 31 – Изменение стоимость активов для комплекса по переработке ТКО (составлено автором)

Согласно полученным результатам, риски экологического проекта низкие, то есть данный технологический комплекс дает возможность создать безотходное производство, способное снизить объем образования отходов и остаточные отходы для переработки. 80% - что проект достигнет целевых показателей. Для технологического комплекса, характерны риски, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Классификация и описание рисков работы и внедрения экологического проекта (составлено автором)

Наименование риска	Описание
Изменение нормативно-правовой базы в области управления отходами	Может касаться производственных и непромышленных отходов и впоследствии может исключить рассматриваемую технологию.
Финансовый риск	Изменение схемы финансирования в связи с различными типами обстоятельств (внесение изменений во внешней и внутренней среде).
Производственный риск	Возможности поломки оборудования и аварий в технологическом комплексе.
Цифровой риск	Использование нейросети может приводить к сбоям, также возможны хакерские атаки, отсутствие надлежащего обслуживания и использования цифровых технологий.
Экологический риск	При ненадлежащей эксплуатации технологического комплекса может произойти авария, которая повлечет за собой загрязнение региона и всех природных сред.
Социально-экономический риск	Возможно ухудшение здоровья и качества жизни населения в регионе при ненадлежащей эксплуатации оборудования в комплексе.

Для анализа и оценки ситуации по рискам экологического проекта автором был использован метод Монте-Карло, который позволил определить вероятность внедрения безотходного производства в деятельность региона. Для реализации метода Монте-Карло была разработана модель, в которой были учтены основные параметры: стоимость, время функционирования, процент переработки отходов и вероятность безотходного производства, далее на основании данных показателей были спрогнозированы количество переработанных отходов, наличие остаточных отходов, изменение стоимости активов для экологического проекта. Использование метода Монте-Карло подтвердило авторскую гипотезу о том, что использование экологического проекта с заданными параметрами позволит достичь ключевых показателей и внедрить экономически эффективную технологию, близкую к безотходному производству. Средний срок эксплуатации технологии составит 10 лет. При этом основными вероятностными рисками будут: нормативно-правовой, цифровой, производственный, социально-экономический, экологический и финансовый риск.

Таким образом, в рамках достижения целей реализации экологического проекта, необходимо понимать характер рисков и вероятность наступления определенных событий. Рассмотренные риски можно разделить на две группы, прямого и косвенного воздействия. К рискам прямого воздействия будут относиться финансовые риски, организационно-управленческие, технико-технологические, маркетинговые. К рискам косвенного воздействия можно отнести экономические и политические, социальные факторы, а также природные, связанные с изменением природных условий. Указанные внешние риски не подлежат контролю, результат по факту их наступления позволяет сформировать внешний предсказуемый риск – потери финансовой устойчивости проекта, инвестиций. Однако, использование методов анализа рисков, позволяет провести оценку возможности их наступления, ранжировать по степени значимости для проекта, а также определить условия реализации проектов в разных сценарных условиях.

Для проведения анализа наступления вероятности событий существует множество методик, которые можно разделить на качественные и количественные. Автором были проанализированы следующие методы: метод Дельфи, метод анализа чувствительности, в рамках данного метода рассмотрен инструмент «спираль» рисков проектов, методы имитационного моделирования и метод BOCR. Каждый из данных методов позволяет определить вероятность наступления событий, составить их прогноз и оценку степени влияния на экологический проект. Для выявления возможных рисков при реализации экологического проекта, автором была выбрана модель Монте-Карло. Данный подход позволил провести оценку успешности и результативности проекта, а также классифицировать и охарактеризовать риски работы и внедрения технологического комплекса.

### **3.3. Использование технологий искусственного интеллекта для оценки эффективности экологических проектов**

В настоящее время цифровые технологии стали неотъемлемой частью современной общественной жизни. К обычным технологиям, таким как электронный документооборот, расчет заработной платы, издержек производственного процесса, сбора и систематизации данных, добавилась возможность анализа информации и прогнозирования возможных вариантов за счет использования нейросетей. Основной целью их создания, является выполнение трудоемкой, рутинной работы, связанной с обработкой больших массивов информации [19]. Их преимущество заключается в скорости и качестве работы с данными, объективности при проведении анализа, персонализации и экономическом эффекте.

Применение технологии нейросетей во многих отраслях экономики Российской Федерации обладает потенциалом к многочисленным возможностям повышения уровня бизнес-процессов организаций и производительности труда, что позволяет эффективно решать задачи социально-экономической направленности. В настоящее время в

экологической сфере нейросеть может применяться, но при этом необходимо будет учитывать специфику деятельности и интегрировать информацию.

На рисунке 32 представлен объем организаций разных сфер экономической деятельности, в процентном соотношении, внедривших технологии искусственного интеллекта и планирующих их внедрение. Данные взяты из рейтинга «Индекс готовности приоритетных отраслей экономики РФ к внедрению искусственного интеллекта в 2023 году».

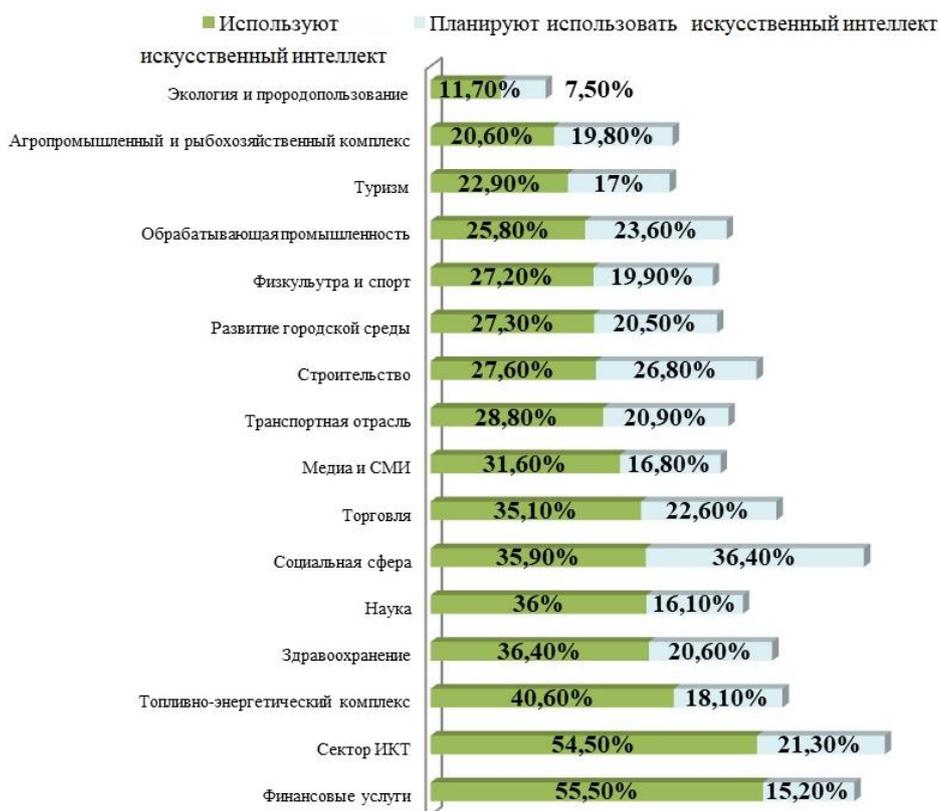


Рисунок 32 – Уровень использования нейросетей по сферам экономической деятельности, 2023 г. (составлено автором) [79]

Как видно из приведенной диаграммы, наиболее высокий уровень использования технологий искусственного интеллекта приходится на сферу финансовых услуг и сектор информационных коммуникационных технологий (ИКТ), на третьем месте находится топливно-энергетический комплекс, а сфера экологии и природопользования имеет низкий уровень использования и занимает последнее место. Причиной является достаточный уровень финансирования сфер-лидеров индекса, а также наличие квалифицированных

кадров, необходимой вычислительной инфраструктуры и доступной для обработки информации.

Сфера природопользования сталкивается с нехваткой квалифицированных кадров, способных интегрировать специфику данной области, параметры и данные для анализа нейросетевых технологий. Причиной является сложность освоения искусственным интеллектом сбора и обработки экологических данных, которые достаточно разрознены и не стандартизированы. Например, учет данных о постоянно меняющихся условиях состояния окружающей среды, биоразнообразии, состоянии экосистем регионов, видах загрязнений, факторах, способствующих этому и т.п.

Второй проблемой, сказывающейся на уровне вовлечения в работу организаций искусственного интеллекта, является недостаточное финансирование. В сравнении с такими отраслями как финансы, сфера ИКТ, здравоохранение и топливно-энергетических комплекс, сфера экологии и природопользования существенно недофинансирована, это ограничивает возможности компаний в проведении исследований по разработке и внедрению технологии нейросетей.

Третьим наиболее важным барьером является обеспечение безопасности данных при работе с нейросетями. Перспективным инструментом в обеспечении контроля безопасности информации будет использование блокчейн-технологии. Несмотря на данные сложности, потенциал применения нейросетей для решения проблем экологического и социально-экономического характера огромен.

Существует несколько видов нейросетей-инструментов, в основном они разделяются на способных считывать и генерировать данные на основе изображения и через текстовую информацию. Однако, некоторые из них способны распознавать и классифицировать звуки, речь, обрабатывать видео и перерабатывать, и использовать его исходя из содержания, а также выделять искомые объекты из видео и генерировать новые.

В рамках сферы обращения с отходами искусственный интеллект имеет значительный потенциал в применении. Например, внедрение интеллектуальных систем сортировки отходов, где в алгоритмы будет заложено распознавание морфологического состава отходов по изображениям с установленных камер. Данная технология позволяет автоматизировать процесс сортировки отходов и повысить его эффективность, а также даст возможность осуществлять аналитическую оценку данных по использованию отходов как вторичных материальных ресурсов. Модели искусственного интеллекта могут также прогнозировать объемы образования отходов на любом объекте, их состав, за счет чего происходит оптимизация логистических издержек, снижение временных затрат на сбор и вывоз отходов. Онлайн чат-боты с алгоритмами нейросетей способны предоставлять информацию населению о местах накопления отходов, пунктов раздельного сбора сырья, мест их переработки. Использование искусственного интеллекта возможно и для роботизации процессов на мусоросортировочных и мусоросжигающих заводах, выделения наиболее перспективных направлений утилизации отходов, исходя из их морфологического состава, а также управления комплексами обращения с отходами, оценки эффективности экологических проектов.

В работу стандартных нейронных сетей закладывается алгоритм считывания определенного набора данных, которые искусственный интеллект будет самостоятельно обрабатывать и анализировать. Построение таких нейросетей сложная задача, однако, данная технология будет актуальной для управления производственными процессами в технологическом комплексе по утилизации и сжиганию отходов предприятия ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Нейросети на основе собираемой статистической информации будут составлять материальный баланс отходов, исходя из которого, алгоритм распределит отходы между процедурами сжигания и переработки. Нейросетевые технологии, считывая информацию с приборов оборудования

комплекса, определяют возможности полной загрузки производственных мощностей. Нейросети будут обрабатывать информацию и контролировать ее на каждом этапе обращения с отходами в комплексе, с момента поступления отходов, их сортировки и до формирования брикетов вторичного сырья, биологического топлива и электроэнергии.

Для эффективного управления нейросетями экологическими проектами, необходимо после обучения нейросетей провести тестирование нейросетей на нескольких предварительно загруженных проектах.

Алгоритм управления с помощью нейросети состоит из нескольких этапов:

### **1. Обучение и тестирование**

Первый этап заключается в составлении входных данных, указываемых пользователем, с примерами разных проектов и их результатов. На их основе происходит обучение нейросети проведению анализа, систематизации данных и выборе наиболее подходящего результата. На текущем этапе также учитываются параметры для управления экологическими проектами: описание, количественные и качественные показатели, по которым будет сопоставление, дополнительные параметры, которые необходимо оценить, чтобы принять решение. Определяются источники данных, необходимые для проведения измерения. Структурируются и задаются данные о рисках, их описание, вероятность и условия наступления событий.

Первый этап заключается в составлении входных данных, указываемых пользователем, с примерами разных экологических проектов и их результатов. На основе входных данных происходит обучение нейросети анализу, систематизации данных, после чего нейросеть может осуществить выбор наиболее подходящего результата.

Данные на первом этапе разделяются на две категории: обучение и тест. Первые предназначены для обучения нейросети, вторые для тестирования по указанным параметрам ее работы.

Также на первом этапе необходимо заложить параметры для оценки уровня экологизации региона и его социально-экономического потенциала.

Нейросеть может учитывать такие параметры как:

- уровень загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов;
- сокращение объема отходов, направляемых на захоронение;
- количество отходов, прошедших сортировку, переработку и размещаемых на объектах;
- улучшение общего состояния экосистемы региона;
- уровень удовлетворенности населения, в связи со строительством инфраструктурного объекта или модернизации действующих производственных мощностей;
- уровень экологической культуры населения.

Учет данных параметров поможет при проведении предусмотреть влияние экологического проекта на окружающую природную среду, уровень жизни населения региона, а также выделить возможные препятствия, с которыми столкнутся при внедрении проекта.

Выстраивание данных параметров происходит через архитектуру нейросети и предварительный ее выбор.

## **2. Настройка интеграции нейросети с другими системами**

На втором этапе важным является процесс объединения нейросети с другими системами организации, реализующей проект, для цифровизации принятия решений и получения информации в режиме реального времени для оценки использования отходов производства и потребления.

## **3. Проведение повторного тестирования для оценки эффективности системы при проведении анализа экологических проектов**

**4. - 9. Анализ и сопоставление данных по проекту, обработка и получение результатов.**

На рисунке 33 представлена структурно-логическая схема работы нейросети, в ней определены основные блоки:

Первый блок — это входной слой, где указываются данные по проекту.

Например: текстовое описание проекта, ключевые показатели проекта, предполагаемые затраты, необходимый объем инвестиций, сроки реализации, возможные риски, проблемы, решаемые в регионе.

Второй – пятый блок – это слой обработки данных, на данном этапе происходит обработка текстовой информации и извлечение ключевых количественных и качественных показателей, которые далее преобразовываются в числовые данные, для обработки их нейросетью и проводится анализ.

В шестом блоке проходит анализ полученных данных. На седьмом и восьмом слое происходит сопоставление данных проекта с факторами внешней среды и уровнем социально-экономического состояния региона (информация считывается нейросетью из открытых источников информации, в том числе нормативно-правовых актов и заложенных данных в алгоритм нейросети).

Заключительный слой – это 9 блок выходных данных, где представляются результаты проведенного анализа и их интерпретация.

Технология нейросети, помимо расчета эффективности проектов способна создать его визуальную составляющую. При создании цифровой экосистемы возможно настроить искусственный интеллект не только на проведение оценки эффективности проектов, но и управление процессами предприятий различных отраслей, а также построения цифровых двойников (рис.34).



Рисунок 33 – Укрупненный структурно-логический алгоритм работы нейросети для оценки эффективности экологического проекта (составлено автором)

Однако, для качественного функционирования нейросети необходимо обеспечение безопасности передаваемых данных на каждом этапе транзакции. Для этого предлагается внедрение на предприятии ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» технологии блокчейн.

Блокчейн и искусственный интеллект являются двумя наиболее важными технологиями, взаимодействие которых обеспечивает высокий уровень безопасности данных, в частности, кибербезопасности в технологических комплексах по сжиганию отходов производства и потребления. В исследовании блокчейн – это технология децентрализованной базы данных, направленная на хеширование и сохранение информации с помощью криптографического шифрования, например, о количестве сжигаемых отходов, их видах и типах, особенностях их морфологического состава и т.д.



Рисунок 34 – Схема сбора, обработки данных нейросети и контроля процессов управления технологическим комплексом (составлено автором)

Основные функции блокчейн платформы:

- сбор данных и размещение их на серверах блокчейн;
- организация хранения данных;
- перемещение данных из сервисного хранения в узловые коммуникации, для осуществления их хеширования в цепочке блокчейн;
- хранение данных и их систематизация, с осуществлением процесса кодирования;
- в узловых коммуникациях блокчейн платформы происходит процесс преобразования данных и кодировка их в блоки.

Блокчейн применяется в разных сферах, от финансового сектора экономики, где сейчас данную технологию используются для транспортировки денежной массы и работы криптовалют, до сфер здравоохранения, природопользования и государственного управления. Система направлена на упрощение процессов ведения бизнеса, увеличение показателей эффективности производственных процессов, снижение издержек и увеличения прибыли.

Применение блокчейн-технологии на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства совместно с внедрением искусственного интеллекта может существенно повысить эффективность бизнес-процессов. Блокчейн сохраняет неизменность и открытость данных при сборе и передаче информации, технологии искусственного интеллекта способны анализировать полученные данные и выявлять отклонения, исходя из установленных параметров.

Исследуемая технология может быть использована в области аудита данных по учету водоотведения, потребления, потерь водных ресурсов, объема поступления и т.д. за счет установленных датчиков, что позволит оптимизировать процессы водоснабжения и снизить издержки неучтенных расходов. Одним из важных способов применимости блокчейн будет процесс контроля транспортировки отходов, система необходима для отслеживания и управления цепочкой поставок осадка сточных вод. Управление включает в

себя анализ поступающей информации, в том числе по составу и объему отходов, контроль над их обезвреживанием, маркировкой при необходимости и отслеживании дальнейшего размещения.

Рассмотрим цепочку блокчейн для организации передачи данных при сохранении информации об использовании отходов и системы их сжигания (таблица 16).

Таблица 16 – Процесс передачи данных с помощью технологии блокчейн по цепочке распределения для экологического проекта по сжиганию отходов в регионе (составлено автором)

Обозначение компании	Объем отходов, отправляемых на переработку, т.	Обозначение транзакции	Обозначение пункта переноса данных	Последовательность транзакции
m	23	m23	U	m23 => A→U
f	9	f9	H	f9 => A→H
l	33	l33	S	l33 => A→S
n	14	n14	R	n14 => A→R
x	19	x19	Z	x19 => A→Z

В рассматриваемом примере данные о количестве отходов и их типах, поступивших на переработку и децентрализованно кодируются. Блокчейн-информация будет защищать данные об отходах производства и потребления и позволит анализировать эколого-экономическую ситуацию в регионе, что даст возможность прогнозировать его состояние на долгосрочную перспективу.

Блокчейн-информация храниться в таблицах, где осуществляются основные операции:

1. Кодирование информации о морфологическом составе и структуре отходов производства и потребления, о производственных мощностях и работе технологического комплекса, и всех этапах осуществления технологического процесса.

2. Транзакция данных закрепляется ссылкой и кодировкой из табл.6.

3. Все узлы по передаче данных запускаются с помощью специализированного ключа, и кодировка сохраняется в сети в зависимости от распределительного реестра, который дает возможность передавать

информацию об отходах производства и потребления по цепочке и доступ к этой информации будут иметь только пользователи со специализированным допуском.

Далее рассмотрим на рисунке 35 схему процесса передачи данных на платформе блокчейн. Как видно из представленного рисунка, технология обладает децентрализованным кодированием данных, за счет чего происходит непрерывный процесс обновления информации и ее сохранения во всей цепочке блоков.

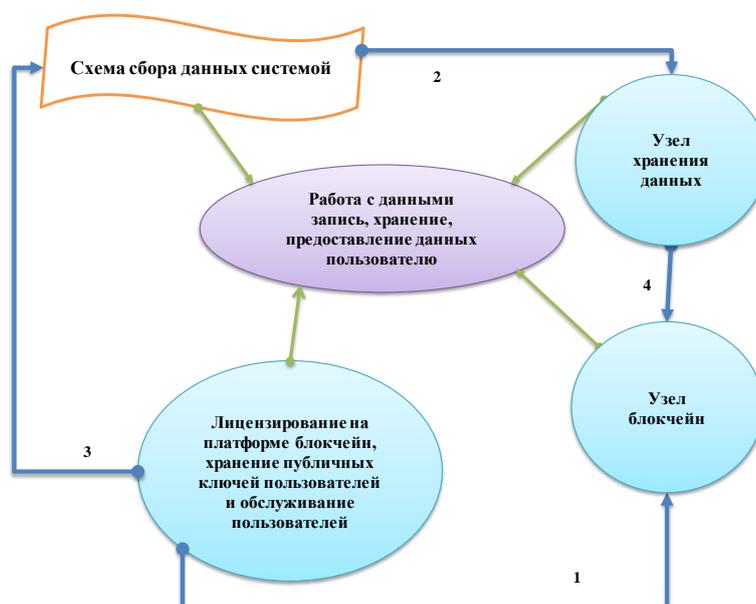


Рисунок 35 – Схема функционирования процесса обработки данных на платформе блокчейн (составлено автором)

Поскольку исследуемый технологический комплекс является стратегически важным и закрытым объектом, хранение информации для него важно и актуально в современной действительности и позволит сохранять и кодировать данные по объему образования отходов, их обезвреживанию, сжиганию и т.д.

Интеграции технологии в производственные процессы предприятия водопроводно-канализационного хозяйства будет осуществлена за счет установки аппаратного обеспечения и автоматизации датчиков контроля за оборудованием. Это позволит выявить неполадки в работе текущих систем,

оптимизирует процесс экологического мониторинга, а нейросети анализируют собранные данные и автоматически генерируют алгоритмы решения выявленных проблем.

Таким образом, можно отметить положительный эффект от использования технологий блокчейн и искусственного интеллекта в сфере природопользования и природоохранной деятельности. На сегодняшний день значительно увеличивается процент организаций, активно внедряющих технологии нейросетей. Данные технологии успешно себя зарекомендовали в финансовом секторе и сфере ИКТ, однако сфера экологии и природопользования имеет достаточно низкий уровень внедрения нейросетей, что сопровождается рядом барьеров, таких как сложность обучения искусственного интеллекта в сборе и обработке эколого-экономических показателей, которые достаточно разрозненны и не стандартизированы, нехваткой квалифицированных кадров, способных работать в области экологии, статистики и программирования и пр.

Применение данных технологий в сфере обращения с отходами, позволит цифровизировать большую часть процессов, в том числе процесс управления отходами со стороны предприятия ВКХ и регионального экологического оператора, данные методы позволят изменить структуру управления и повысить эффективность деятельности за счет снижения количества ошибок и возможности прогнозировать на основе банка данных ситуацию по обращению с отходами производственного и непромышленного типа в регионе.

#### **Обобщающие выводы к третьей главе диссертационного исследования:**

В рамках проводимого диссертационного исследования была рассмотрена схема участников экономических отношений в сфере обращения с отходами, исходя из которой были выделены экономические методы и инструменты управления эффективностью обращения с отходами: экологический сбор для товаров и упаковки, плата за негативное влияние на

окружающую среду, инвестирование в природоохранные проекты, тарифообразование. Автор разработал дополнительные коэффициенты к формуле экологического сбора для товаров с учетом повышающего и понижающего коэффициента, который направлен на стимулирование к самостоятельной обработке и утилизации отходов производителей и импортеров товаров, а также на расширения уровня экологической ответственности производителя. Апробация данной формулы была проведена на базе нескольких групп товаров.

В исследовании также проведен сценарный анализ тарифообразования для экологического проекта №2 технологического комплекса. В рамках анализа были рассмотрены три сценария реализации проекта: базовый, оптимистический и пессимистический. Данный метод использовался для оценки вариантов будущего развития инвестиционного проекта, исходя из нескольких альтернативных сценариев, учитывающих влияние экономических показателей на проект. При проведении анализа в каждом из сценариев оценивалась взаимосвязь экономически обоснованных тарифов и прогнозируемых на обработку и обезвреживание ТКО и осадка сточных вод. В рамках сравнения экономически обоснованных тарифов трех сценариев на период до 2044 года, был выбран сценарий №2 «Оптимистический», поскольку в нем заложены наиболее оптимальные для населения тарифы, которые не будут противоречить региональной политике.

Поскольку реализация проектов невозможна без определенного уровня рисков, в исследовании был представлен принцип оценки рисков для экологического проекта. Потенциальные типы рисков были разделены на две группы: связанные с возникновением критических факторов со стороны внешней среды и внутренней. К первой группе можно отнести: экономические риски, правовые, политические, социальные, технологические и экологические. Вторая группа включает риски: финансовые, организационно-управленческие, технико-технологические, маркетинговые, социальные и экологические. Для определения вероятности наступления того

или иного события, прогнозирования рисков проекта используются методики анализа рисков, которые могут как предусматривать оценку как в виде числового значения, так и описательного характера. Данные методы в основном делятся на группы количественные и качественные. Автором был использован метод Монте-Карло для проведения расчета количества переработанных отходов за временной промежуток в 10 лет, на основании чего сделан прогноз об использовании производственных мощностей технологического комплекса за данный период и распределении объемов переработки. Также рассмотрен расчет экономической эффективности. Исходя из проведенного анализа и интерпретации полученных результатов, был сделан вывод, что риски для данного проекта низкие, соответственно, в исследуемом комплексе есть возможность создания безотходного производства.

Для эффективной реализации проекта №2 предлагается использовать технологии искусственного интеллекта. Данные технологии применяются в разных отраслях экономики, они позволяют улучшать структуру бизнес-процессов организации, эффективно решать поставленные задачи, предупреждать возникновение аварийных ситуаций. Нейросети способны как проводить оценку эффективности экологического проекта, создавать его цифрового двойника, так и управлять процессами предприятий. Искусственный интеллект, автором предлагается использовать для сбора и обработки данных процессов управления технологическим комплексом, а для обеспечения безопасности передачи данных будет внедрена технология блокчейн на предприятии ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Синергетический эффект от использования блокчейна и нейросети будет заключаться в высокой скорости обработки и передачи зашифрованных данных между узлами их хранения, высоком уровне кибербезопасности, своевременном выявлении неполадок в работе систем оборудования и автоматическом их решении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время проблемы охраны и защиты окружающей природной среды актуальны для регионов Российской Федерации, поскольку каждый регион имеет дифференцированное положение и в каждом в зависимости от состава, географического положения, сложившейся климатической ситуации образовались определенные экологические проблемы. Практически для всех регионов России основным типом экологических проблем можно считать отсутствие сортировки и необходимой переработки отходов.

Отметим, что необходимо решать проблему не только для отходов не производственного, но и производственного типа. При этом комбинированное решение проблемы позволит изменять ситуацию в части экологизации деятельности региона. Переработка отходов – перспективное направление для любого региона, но нужно разработать методы обращения с отходами и инструменты управления эффективностью, позволяющие стимулировать и контролировать данные типы деятельности, помимо этого, важно учитывать специфику региона, а также особенности организации деятельности по обращению с отходами производства и потребления.

Рассматривая отечественный и зарубежный опыт обращения с отходами разных типов, автор пришел к мнению, что зарубежом система управления отходами более развита, чем в России, и применяются методы сжигания, переработки, сортировки, и др., позволяющие сформировать комплексные подходы развития территорий в части обращения с отходами и предотвращения множества экологических проблем. Зачастую Российской Федерации необходимо перенимать опыт обращения с отходами производственного и непроизводственного типа, что даст возможность внедрять инновационные технологии в технологические процессы регионов.

Анализ отечественного опыта показал, что в Российской Федерации есть пионерный опыт удачного внедрения схем управления и обращения с отходами – это касается таких регионов как Республика Башкортостан,

Санкт-Петербург, Москва и Московская область, Белгородская область, данный опыт дает возможность разрабатывать организационно-экономические механизмы обращения с отходами, направленные на улучшения схем обращения с отходами в регионах и организацию деятельности по использованию отходов как вторичного материального ресурса. Рециклинг отходов является одной из перспективных, но не до конца востребованных технологий, для ее внедрения необходимо сформировать технологические комплексы, где в основе будет заложена одна технология, которая позволит регламентировать деятельность по обращению с отходами. Технологический комплекс должен включать экологизированную технологию, позволяющую улучшать экологическую обстановку и сокращать негативное воздействие на окружающую природную среду.

В диссертационном исследовании представлена разработанный автором унифицированный подход к построению технологического комплекса, который будет апробирован в городе Санкт-Петербурге. Город Санкт-Петербург является центром инновационных технологий, промышленности, поэтому для него одной из целей является создание благоприятной окружающей среды в интересах устойчивого развития и будущих поколений. Автор предлагает создать модель технологического комплекса на базе предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, поскольку данное предприятие обладает необходимыми производственными мощностями для полноценной переработки отходов. Ресурсоснабжающее предприятие перерабатывает иловый осадок сточных вод методом сжигания, образующаяся зола отправляется на полигон для размещения. Автор предлагает перерабатывать ТКО тем же способом. Таким образом, будет осуществлено снижение объема образования отходов, снизятся логистические издержки, улучшится эколого-экономическая ситуация в регионе. В исследовании представлена оценка эффективности экологического проекта.

Помимо этого, автором разработана методика оценки экологического состояния региона, которая сформирована на основе совмещения рейтинговых оценок по выбранным эколого-экономическими показателям, данные подходы апробированы на трех регионах Российской Федерации. Использование данного алгоритма позволит оценивать эколого-экономическую эффективность региона и осуществлять функции контроля за региональной системой обращения с отходами.

Автором разработана методика оценки рисков, основанная на методе Монте-Карло, то есть учитывающая вероятностный подход к реализации экологического проекта как нового типа безотходного производства. В исследовании с помощью сценарного метода представлено 3 сценария: оптимистический, базовый, пессимистический. Данный прогноз тарифов дает возможность улучшить систему учета и управления экономическими активами, также позволит прогнозировать расходы населения на переработку и утилизацию ТКО по новой схеме управления.

В исследовании представлена возможность использования нейросетей для построения алгоритмов управления технологическим комплексом и создания комплексных подходов в сфере организации эколого-экономической деятельности, что дает возможность контролировать технологические параметры и развивать принципы экономики замкнутого цикла с помощью их стандартизации. Применение нейросетей даст возможность построить модель управления и внедрить принципы цифрового проектирования и цифрового двойника.

Развитие комплексного подхода в сфере управления отходами дает возможность создать гибкую систему функционирования, контроля в области обращения как с отходами производственного типа, так и с отходами потребления. Важность такой системы для региона значительна, поскольку она позволяет контролировать и собирать статистические данные и динамично реагировать на изменения внешней среды, а также дает возможность формировать принципы управления в природоохранной деятельности. В данном случае отходы станут вторичными материальными ресурсами и будет обеспечен их рециклинг и обезвреживание.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (последняя редакция) «Об отходах производства и потребления».
2. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция) «Об охране окружающей среды».
3. Указ Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
4. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 326 (ред. от 25.11.2023) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды».
5. Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года».
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.12.2022 № 4249-р «Об утверждении перечня веществ и (или) предметов, образуемых в результате хозяйственной и (или) иной деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и не являющихся продукцией производства, которые не могут быть отнесены к побочным продуктам производства».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.03.2022 г. № 467 (ред. от 06 окт. 2022 г.) «О порядке и условиях предоставления средств поступившего в федеральный бюджет экологического сбора».
8. Постановление Правительства РФ от 05.05.2022 г. № 814 «Об утверждении Правил предоставления в 2022 году субсидий из федерального бюджета российским кредитным организациям на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным юридическим лицам, реализующим инвестиционные проекты в области обращения с отходами, по льготной ставке».

9. Постановление Правительства Московской области от 11.01.2022 № 3/1 «О внесении изменений в постановление Правительства Московской области от 22.12.2016 № 984/47 «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Московской области».

10. Постановление Правительства Мурманской Области №58-пп от 30.01.2023 Г. «О внесении изменений в территориальную схему обращения с отходами Мурманской области».

11. Постановление Правительства РФ от 31.05.2023 №881 «Об утверждении Правил исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду».

12. Модельный закон – участников СНГ от 31 октября 2007 г. № 29-15 «Об отходах производства и потребления».

13. Аронов, А.М., Зверева, М.А., Петров, А.Н., Петрова, И.И. Управление рисками корпорации: учебное пособие / А.М. Аронов [и др.]; под ред. А.Н. Петрова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ. – 2019. – 289 с.

14. Алексашина, В.В. Экология города. Мусоросжигательные заводы // Academia. Архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С.77-86.

15. Бездудная, А.Г., Трейман, М.Г., Смирнов, Р.В. Исследование особенностей организации процессов обращения с отходами производства и потребления в регионе // М.: «Изд-во СПбГЭУ». – 2022. – 114 с.

16. Бездудная, А.Г., Трейман, М.Г., Чечина, О.С. Экологические инновации как перспективный путь развития направления переработки твердых коммунальных отходов // Сборник научных трудов по итогам IV международной научно-практической конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в условиях цифровой экономики». – Санкт-Петербург. – 2021. – Санкт-Петербург. – С. 49-54.

17. Волкова, А.В. Исследование: Рынок утилизации отходов // Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. Центр развития. – 2018. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –

<https://dcenter.hse.ru/data/2018/07/11/1151608260/202018> (Дата обращения 30.12.2021)

18. Гильмундинов, В.М., Тагаева, Т.О., Бокслер, А.И. Анализ и прогнозирование процессов обращения с отходами в РФ // Проблемы прогнозирования. – 2020. – №1 (178). – С.126-134.

19. Елкина, Л.Г., Вилбданова, Л.В. Функциональный и процессный подходы в бережливом управлении твердыми коммунальными отходами // Известия УГГУ. – 2022. – №1(65).– С.161-167.

20. Елкина, Л.Г., Россинская, Г.М., Лейберт, Т.Б. Система управления обращением с твердыми коммунальными отходами: национальный и региональный уровни // Экономика строительства. – 2023. – №9. – С.10-15.

21. Зимнухова, А.Е., Зимнухов, М.А., Белявская, О.Ш. Исследование осадка сточных вод очистных сооружений как удобрения для озеленения территорий различного назначения // Вестник молодежной науки. – 2021. – №1 (28). – 15 с.

22. Игнатова, Д.Ю. Анализ нормативно-правовых актов обращения с отходами производства и потребления // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и тенденции развития современной экономики». – Самара: Самарский государственный технический университет. – 2022. – С. 258-262.

23. Игнатова, Д. Ю. Анализ рынка отходов в Российской Федерации // Материалы научной конференции аспирантов «Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2022. – С. 169-171.

24. Игнатова, Д.Ю. Анализ ситуации по обращению с отходами производственного и непроемленного типа в Российской Федерации // Сборник материалов национальной научно-практической конференции с международным участием «Современный менеджмент: проблемы и

перспективы». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2022. – С.92-96.

25. Игнатова, Д.Ю. Зарубежный опыт управления эффективным использованием осадка сточных вод // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов». – 2023. – С.31-38.

26. Игнатова, Д.Ю. Инвестирование в развитие технологий в сфере обращения с ТКО // Сборник материалов национальной научно-практической конференции с международным участием «Современный менеджмент: проблемы и перспективы». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2023. – С.202-207.

27. Игнатова, Д.Ю. Исследование инновационных разработок по очистке кислых шахтных вод // Сборник материалов Международной методической и научно-практической конференции имени д.э.н., профессора Т.Р. Терёшкиной. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С.285-289.

28. Игнатова, Д.Ю. Использование принципов экономики замкнутого цикла на региональном развитии территорий // Сборник материалов научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвящённой памяти заслуженного деятеля науки РФ, профессора В.С. Соминского. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. - 2023. – С.82-87.

29. Игнатова, Д.Ю. Использование цифровых решений для сферы обращения с отходами // Инновации и инвестиции. – 2024. – №7. – С. 156-159.

30. Игнатова, Д.Ю. Исследование перспективных направлений утилизации осадка сточных вод для предприятия водопроводно-канализационного хозяйства. – 2023. – Проблемы современной экономики. – 2023. – №2 (86). – С. 211-214.

31. Игнатова, Д.Ю. Исследование возможности использования технологий переработки и зарубежного опыта в практике российских регионов // Экономика строительства. – 2024. – №6. – С. 270-273.

32. Игнатова, Д.Ю. Методы оценки экологических рисков природоохранного проекта // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2024. - №3. – С.1-7.

33. Игнатова, Д.Ю. Опыт обращения с отходами производственного и непроизводственного типа в Азербайджане // Сборник материалов Международной научной конференции «Зеленая экономика: наука, образование и инновации». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2024. – С. 110- 116.

34. Игнатова, Д.Ю. Принципы обращения с ТКО в регионах России // Сборник материалов конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». – 2023. – С. 364-371.

35. Игнатова, Д.Ю. Устойчивое развитие в системе обращения с отходами в Российской Федерации // Материалы 4-ой Международной образовательной конференции молодых ученых и специалистов по устойчивому развитию, инвестициям и финансовым рискам «Финатлон форум». – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 115-124.

36. Игнатова, Д.Ю. Управление водопользованием – технологические, инновационные и региональные аспекты // Гипотеза / Hypothesis. – 2021. – №4 (17). – С. 28– 33.

37. Игнатова, Д. Ю. Управление отходами в странах Евросоюза // Материалы V Международной научно-практической конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». - Санкт-Петербург. - 2022. – С. 179–186.

38. Игнатова, Д.Ю. Управление отходами в Арктическом регионе // Вопросы устойчивого развития Российской Арктики // Коллективная

монография. Под редакцией В.М. Разумовского, А.Г. Бездудной. Санкт-Петербург. – 2022. – С.49-56.

39. Игнатова, Д. Ю. Экологические риски природоохранного проекта – методы их оценки // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2024. – С. 1- 4.

40. Игнатова, Д.Ю. Трейман, М.Г. Анализ регионального обращения с отходами в Российской Федерации // Экономика и предпринимательство. – 2022. – №10 (147). – С. 689-695.

41. Игнатова, Д.Ю., Трейман, М.Г., Анализ эколого-экономической ситуации на рынке по обращению с отходами в Российской Федерации. – 2022. – №3. – С. 33-41.

42. Иорданова, А.В. Комплекс дистанционного обнаружения загрязнений поверхности земли несанкционированными объектами размещения отходов // Известия Юго-западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика, медицинское приборостроение. – №2 (11). – 2021. – С.108-119.

43. Исламова, Э. Б., Шаяхметов, Т. Р., Самофеев, Н. С., Хузин, Р. М., Муллаянов, И. А. К вопросам повышения надежности систем поверхностного сбора воды крупного города на примере г. Уфа Республики Башкортостан // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 5. — [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esj.today/issue-5-2023.html> (Дата обращения 10.03.2024)

44. Казак, А. Ю., Слепухина, Ю. Э. Современные методы оценки проектных рисков: традиции и инновации // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. — 2013. — № 2. — С. 13-26.

45. Капитонов, И.А., Пармененков, К.Н., Бронская, Ю.К. Международный опыт внедрения рациональных методов утилизации и

обезвреживания твердых бытовых отходов: перспективы ускорения экономического роста // Инновации и инвестиции. — 2023. — №1. — С.33-41.

46. Козлова, Ю.А., Носков-Дукельский, А.И. Проблема загрязнения природной среды России отходами производства и потребления // Символ науки. — 2023. — №3-2. — С.8-12.

47. Колесник, Г.В., Меркулина, И.А. Методы эффективного обращения с отходами производства и потребления на основе экономики замкнутого цикла. М.: «Дашков и К». — 2020. —182 с.

48. Колесников, Р.В. Анализ подходов к управлению твердыми коммунальными отходами на региональном уровне // Управленческий учет. — 2021. — №10-3. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://upravuchet.ru/index.php/journal/article/view/1341> (Дата обращения 31.12.2023)

49. Кирильчук, И. О., Иорданова, А. В. Информационно-аналитическая система управления ликвидацией несанкционированных свалок // Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга». — 2019. — 136 с.

50. Ларионов, В.Г., Павленков, М.Н., Воронин, П.М., Ларионов, Г.В., Павленков, И.М. Организация и управление твердыми коммунальными отходами города в рамках экологического менеджмента. М.: «Дашков и К». — 2020. —366 с.

51. Лычагина, А.А. Анализ существующих проблем в сфере обращения с отходами в РФ // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. — 2020. — №2-2.— С.175-181.

52. Мамаджанов, Р.Х. Возможность использования в Китае технологии по термической переработке отходов, применяемой на Спецзаводе №2 ГУП «Экотехпром» // Евразийский Союз Ученых. — 2015. — №11-1 (20). — С.42-45.

53. Манжина, С.В. Российские и зарубежные практики обращения с осадком сточных вод. — 2023. — Том 5. — №1. — С.15-31.

54. Макаренко, Е.Н., Тяглов, С.Г., Шевелева, А.В. Вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства: российский и европейский опыт // Регионология. – 2023. – №2 (123). – С.313-334.
55. Пильц, Г., Аннема, Дж. А., Пеш, У. Взгляды экспертов на устойчивость и риски свободно применяемой золы ТБО: исследование Q-методологии в Нидерландах // Environ Dev Sustain. – 2023. – С. 55-62.
56. Разумовский, В.М., Овчинников, Д.Е. Исследование возможностей внедрения инноваций в рамках регионального проекта // Сборник научных трудов по итогам VI международной научно-практической конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». – Санкт-Петербург. – 2023. – С.181-186.
57. Рублева, И.С., Лопин, И.Л., Горелов, А.С., Канунников, А.О. Анализ территориальных схем обращения с отходами наиболее населенных субъектов Российской Федерации // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». – 2021. – №2. – Т.8. – 10 с.
58. Санович, И.О., Санович, М. А. Нормативно-правовые основы аудита эффективности бюджетных расходов // Актуальные вопросы современной экономики. – 2023. – №9. – С.95-110.
59. Семерджян, А.К., Орехова, В.И., Кондратенко, Л.Н., Варакин, Г.С. Осадки сточных вод очистных сооружений г. Краснодара как удобрение для сельскохозяйственных угодий // Плодородие. - 2022. – №4 (127). – С. 88-89.
60. Сираждинов, Р.Ж. Исследование опыта советского союза в управлении отходами производства и потребления // Вестник ГУУ. – 2021. – №3. – С. 5-13.
61. Толстолесова, Л.А. Механизм государственно-частного партнерства в системе управления отходами: российская практика // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». – 2019. – №4. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://resources.today/issue-4-2019.html> (Дата обращения 12.12.2022)

62. Трейман, М.Г. Экономическая оценка инновационных технических решений в области обработки осадка на примере отечественных и зарубежных ресурсоснабжающих предприятий // Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – №3. – С.155-162.
63. Трейман, М.Г. Совершенствование инновационных подходов к развитию экологических, экономических, социальных, логистических систем: монография – СПб.: Астерион, 2019. – 110 с.
64. Трунова, Е.Ю., Ножнин, И.Н. Инструментарий механизмов эффективного управления отходами электронной промышленности // Вестник ВУиТ. – 2011. – №24. – С.195-205.
65. Хисамутдинов, И.А., Шнайдерман, А.В. Экономические методы регулирования эколого-экономической системы // Вестник ЧелГУ. – 2017. – №10 (406). – С.72-79.
66. Хорошавин, Л.Б., Беляков, В.А., Свалов, Е.А. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов: учебное пособие // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2016. – 220 с.
67. Шилкина, С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». – 2020. – Том 1. – №7. – С. 188-210.
68. Юзвович, Л.И., Дегтярев, С.А., Князева, Е.Г. Инвестиции / под ред. Л.И. Юзвович, С.А. Дегтярева, Е.Г. Князевой, Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2016. – 543 с.
69. Dijkgraaf, E., Gradus, R. Waste management in the Netherlands // Handbook on Waste Management. – 2014. – P. 287-315.
70. Environmental Implementation Review 2022: Turning the tide through environmental compliance // European Commission. – 2022. – P.50.
71. Gunilla, P., Annema, J., Pesch, U. Experts' perspectives on the sustainability and risks of freely applicable MSWI bottom ash: a Q methodology study in the Netherlands // Springer link. – 2023. – P.25.

72. Hoek, J., Fooij, H., Struiker, A. Wastewater as a resource: Strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2016. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344916301227> (Дата обращения: 09.03.2024)
73. Schnell, M., Horst, Th., Quicker, P. Thermal treatment of sewage sludge in Germany: A review. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720303029> (Дата обращения: 12.04.2024)
74. Ignatova, D., Treyman, M., Nazarova, A. Benchmarking as a tool for the development of «green» technologies in the water supply and sanitation enterprise // *E3S Web of Conferences*. – №390. – 2023. – P. 1-7.
75. Zhang, S., Wang, F. Status and Development of Sludge Incineration in China // *Waste and Biomass Valorization*. – 2021. – 520-524 p.
76. Fernando-Foncillas, C., Estevez, M., Uellendahl, H., Varrone. C. Co-Management of Sewage Sludge and Other Organic Wastes: A Scandinavian Case Study. – 2021. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/12/3411> (Дата обращения: 21.03.2024)
77. Аналитический бюллетень «Актуальное в ESG-повестке» // Цифровая библиотека МГИМО в сфере ЦУР/ESG. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esg-library.mgimo.ru/> (Дата обращения 06.12.2023)
78. Аналитический доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге / Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого – СПб.: 2023. – 226 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecology.exproforum.ru/> (Дата обращения 08.12.2023)
79. Аналитический центр при Правительстве РФ. Информация о ключевых проектах и достижениях в сфере искусственного интеллекта. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ai.gov.ru/> (Дата обращения: 12.04.2024)

80. Генеральная схема санитарной очистки территории приморского муниципального района Архангельской области. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.primadm.ru/upload/acts/Gen\\_shema949\\_27122017](https://www.primadm.ru/upload/acts/Gen_shema949_27122017) (Дата обращения 05.03.2024)

81. Единая платформа экономики замкнутого цикла. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reo.ru/ezc?ysclid=lo2am6wh4i138653934> (Дата обращения 29.05.2024)

82. Единая платформа Российского экологического оператора. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ППК «РЭО» <https://reo.ru/?ysclid=ly3qqd4tou104520731> (Дата обращения 05.06.2024)

83. Единая концепция обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (с возможностью разделения потоков ТКО). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb-neo.ru/dokumentatsiya/edinaya-kontseptsiya-obrashcheniya-s-tko/?ysclid=ly3qg48jqo572557557> (Дата обращения 30.01.2024)

84. ЕМИСС Государственная статистика. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> (Дата обращения 19.02.2024)

85. Информационный портал: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» Северная станция аэрации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vodokanal.spb.ru/> (Дата обращения 28.02.2024)

86. Информационный портал: Экопортал — вся экология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecoportal.su/> (Дата обращения 15.03.2024)

87. Информационный ресурс: региональные операторы ТКО в Москве. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [regoperatory.ru](http://regoperatory.ru) (Дата обращения 04.03.2024)

88. Информационный сайт Института промышленной экологии «ПРОМЭКОЛОГИЯ». Основы законодательства в области обращения с отходами в Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb-institute.ru/about/articles/lektsiya-1-osnovy-zakonodatelstva->

v-oblasti-obrashcheniya-s-otkhodami-v-rossiyskoy-federatsii/ (Дата обращения 29.10.2022)

89. Информационный портал: Мусороперерабатывающая промышленность в Санкт-Петербурге. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orgpage.ru/sankt-peterburg/musoropererabatyvayuschaya/3/?ysclid=ly3qe7sn88282199553> (Дата обращения 08.03.2024)

90. Информационный портал Министерства жилищно-коммунального хозяйства Белгородской области: Утверждена территориальная схема обращения с отходами на территории Белгородской области. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belgkh.ru> (Дата обращения 25.12.2023)

91. Исследование эколайн о процессах сортировки отходов в сортировочном комплексе. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/issledovanie-ekolain-kakie-othodi-popadayut-sortirovochnie-kompleksi-moskvi?ysclid=lg1k61k5pj603872889> (Дата обращения 08.12.2023)

92. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 22.06.2024). Статья 8.2. «Несоблюдение требований в области охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34661/43d2b6416a74a097f53f54a4766eea13670142b5/?ysclid=lrjgt9nfef939726874](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/43d2b6416a74a097f53f54a4766eea13670142b5/?ysclid=lrjgt9nfef939726874) (Дата обращения 05.03.2024)

93. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/obrashenie-s-otkhodami/obshestvennye-obsuzhdeniya-proekta-territorialnoj-shemy-obrasheniya-s-/razdel-4-mesta-nakopleniya/> (Дата обращения 01.02.2024)

94. Космическая съемка Земли // Совзонд. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/> (Дата обращения 29.12.2023)

95. Наука и инновации Санкт-Петербурга в 2022 году. Статистический бюллетень // Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области (ПЕТРОСТАТ). – 2023. – С.62. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youthlib.mirea.ru/ru/resource/3929?ysclid=ly3roezy1k202966311> (Дата обращения 25.12.2023)

96. Обзор технологий и решений по совершенствованию системы управления твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Москве. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://Obzor\\_tehnologij\\_i\\_reshenij\\_po\\_sovershenstvovaniyu\\_sistemy\\_upravleniy\\_u](https://Obzor_tehnologij_i_reshenij_po_sovershenstvovaniyu_sistemy_upravleniy_u) (Дата обращения 19.02.2024)

97. Обзор технологий и решений по совершенствованию системы управления твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Москве // Агентство инноваций города Москвы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://innovationmap.innoagency.ru> (Дата обращения 22.03.2024)

98. Основы законодательства в области обращения с отходами в Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb-institute.ru/about/articles/lektsiya-1-osnovyzakonodatelstva-v-oblasti-obrashcheniya-s-otkhodami-v-rossiyskoy-federatsii/> (Дата обращения 29.10.2022)

99. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gov.spb.ru> (Дата обращения 18.06.2023)

100. Официальный сайт МВК, Мосводоканал. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Утилизация осадков – <https://mosvodokanal.ru> (Дата обращения 28.11.2023)

101. Портал открытых данных города Москвы. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.mos.ru/opendata/2031> (Дата обращения 01.01.2024)

102. Приказ Министерства топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Краснодарского края «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Краснодарского края и федеральной территории «Сириус». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://mintekgkh.krasnodar.ru/upload/iblock/9e5/cdddrj1fo9lvaavdn7ikfggqklznfgv6/prikaz\\_compressed](https://mintekgkh.krasnodar.ru/upload/iblock/9e5/cdddrj1fo9lvaavdn7ikfggqklznfgv6/prikaz_compressed) (Дата обращения 02.02.2024)

103. Программа повышения экологической эффективности ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» Северной станции аэрации на период с 2023 по 2029 год. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://burondt.ru/docs/conference/dayone/ru/14\\_programmy\\_povysheniya\\_ekologicheskoi\\_effektivnosti\\_gup.pdf?ysclid=ly3q65m346419781379](https://burondt.ru/docs/conference/dayone/ru/14_programmy_povysheniya_ekologicheskoi_effektivnosti_gup.pdf?ysclid=ly3q65m346419781379) (Дата обращения 18.06.2023)

104. Расчет и порядок уплаты экологического сбора. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_210784/2021b77e7443c07d24f5b60f75972b68cba694c8/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_210784/2021b77e7443c07d24f5b60f75972b68cba694c8/) (Дата обращения 29.04.2024)

105. СМИ сетевое издание «Экология России» – «Национальный проект экология РФ». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecologyofrussia.ru/?ysclid=lo21md6lka940194533> (Дата обращения 12.01.2022)

106. Схема водоотведения муниципального округа Мончегорск с подведомственной территории Мурманской области на период до 2023 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aomvk.ru> (Дата обращения 10.03.2024)

107. Территориальная схема обращения с отходами Архангельской области. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://regulation.dvinaland.ru/docs/public/4773/?ysclid=ly3s83lu9u953729153>

(Дата обращения 05.03.2024)

108. Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления на территории Свердловской области. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy.midural.ru> (Дата обращения 05.03.2024)

109. Территориальная схема обращения с отходами Мурманской области. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://minenergo.gov-murman.ru/activities/implementation\\_national\\_projects/terskhema-\\_redaktsiya-30-12\\_.pdf?ysclid=ly3s98rxaa697572294](https://minenergo.gov-murman.ru/activities/implementation_national_projects/terskhema-_redaktsiya-30-12_.pdf?ysclid=ly3s98rxaa697572294) (Дата обращения 10.03.2024)

110. Целевые показатели Национального проекта «Экология». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecologyofrussia.ru/proekt/?ysclid=ly3ryy3gyv966409896> (Дата обращения 12.01.2022)

111. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/regions/main/documents/legal/rpn/> (Дата обращения 18.11.2023)

112. Федеральная служба государственной статистики. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru> (Дата обращения 30.05.2024)

113. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (Дата обращения: 01.11.2023)

114. China unveils plan to improve harmless disposal of sludge. -- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://english.news.cn/20220927/a0dd6aba4f45498080c2a558f777358c/c.html> (Дата обращения: 21.03.2024)

115. Outrage over 'forever chemicals' as hazardous sewage sludge is released in certain states in the USA // Carbonclick. – 2022. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.carbonclick.com/news-views/outrage-over-forever-chemicals-as-hazardous-sewage-sludge-is-released-in-certain-states-in-the-usa> (Дата обращения: 02.03.2024)

116. Recycling water and sludge disposal efficiency in China's sewage treatment industry. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mde.3338> (Дата обращения: 15.03.2024)

117. Waste to Energy Germany Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2024 – 2029). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-waste-to-energy-market-industry\\_](https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-waste-to-energy-market-industry_) (Дата обращения: 10.03.2024)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**Таблица 17 – Шаблон критериев оценки эффективности деятельности по обращению с отходами в регионе (составлено автором)**

п/п	Критерии	Оценка соответствия программы критерию (да /нет)	Нормативное значение критерия	Фактическое значение критерия	Балл
<b>I. Экологические показатели</b>					
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»				
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»				
3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»				
4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок				
5.	Наличие в регионе регионального оператора				
6.	Наличие инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе				
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух				

Окончание табл. 17.

8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе				
9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов				
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации отходов				
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов				
12.	Охвачены ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды				
<b>II. Социальные показатели</b>					
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год				
14.	Уровень здоровья населения (Снизился/увеличился показатель заболеваемости кори, гепатита)				
<b>III. Экономические показатели</b>					
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации				
16.	Реализация в регионе экологических проектов				
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охране окружающей среды				
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки				

Таблица 18 – Расчет критериев оценки эффективности региона Санкт-Петербург (составлено автором) [93; 95; 99]

п/п	Критерии	Оценка соответствия программы критерию (да /нет)	Нормативное значение критерия	Фактическое значение критерия	Балл
<b>I. Экологические показатели</b>					
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	29,60	44,1	5
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Нет	9,00	3,7	1
3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Нет	91,00	96,2	1
4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок	Да	583	399	3
5.	Наличие в регионе регионального оператора	Да	Все районы охвачены работой регионального оператора		5
6.	Наличие инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе	Да	Инфраструктура в наличии		5
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Да	Мероприятия проводятся, соответствуют национальному проекту Чистый воздух и отражены в Стратегии социально-экономического развития региона		5

Окончание табл. 18.

8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе	-	Индекс качества воздуха и загрязнения атмосферы отражает низкий уровень загрязнения		4
9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов	Да	Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов		5
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации отходов	Да	Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов		5
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов	Да	Да, проведение рекультивации осуществляется		4
12.	Охвачены ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды	Проект не запущен	0	0	0
<b>II. Социальные показатели</b>					
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год	-	Регион демонстрирует положительную динамику по уровню безработицы		5
14.	Уровень здоровья населения (Снизился/увеличился показатель заболеваемости кори, гепатита)	-	Показатель заболеваемости кори, за исследуемый период, увеличился, гепатита снизился		3
<b>III. Экономические показатели</b>					
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации.	Да	6 место		4
16.	Реализация в регионе экологических проектов	Да	Проекты реализуются		5
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охране окружающей среды	Да	Заложено в бюджетное финансирование, показатель увеличился незначительно		4
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки	Да	Увеличение показателя незначительно		4

Таблица 19 – Расчет критериев оценки эффективности региона Москва  
(составлено автором) [9; 87; 96; 97; 100; 101]

п/п	Критерии	Оценка соответствия программы критерию (да /нет)	Нормативное значение критерия	Фактическое значение критерия	Балл
<b>I. Экологические показатели</b>					
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	40	99,9	5
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	24	50,7	5
3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	76	49,2	5
4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок	Да	97	80	4
5.	Наличие в регионе регионального оператора	Да	Все районы охвачены работой регионального оператора		5
6.	Наличие инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе	Да	Инфраструктура в наличии		5
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Да	Мероприятия проводятся, соответствуют национальному проекту Чистый воздух и отражены в Стратегии социально-экономического развития региона		5

8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе	-	Индекс качества воздуха и загрязнения атмосферы отражает низкий уровень загрязнения		4
9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов	Да	Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов		5
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации отходов	Да	Предприятия в наличии, принимают отходы только из исследуемого региона		4
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов	+/-	В территориальной схеме по обращению с отходами информация не отображена		5
12.	Охвачены ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды	Проект не запущен	0	0	0
<b>II. Социальные показатели</b>					
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год	-	Регион демонстрирует положительную динамику по уровню безработицы		5
14.	Уровень здоровья населения (Снизился / увеличился показатель заболеваемости кори, гепатита)	-	Показатель заболеваемости кори, за исследуемый период, увеличился, гепатита снизился		3
<b>III. Экономические показатели</b>					
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации.	Да	1 место		5
16.	Реализация в регионе экологических проектов	Да	Проекты реализуются		5
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охране окружающей среды	Да	Заложено в бюджетное финансирование, показатель увеличился незначительно		4
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки	Да	Увеличение показателя незначительно		4

Таблица 20 – Расчет критериев оценки эффективности региона  
Мурманская область (составлено автором) [10]

п/п	Критерии	Оценка соответствия программы критерию (да /нет)	Нормативное значение критерия	Фактическое значение критерия	Балл
<b>I. Экологические показатели</b>					
1.	Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	88	82,8	2
2.	Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Нет	50	16,8	0
3.	Доля направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, в том числе прошедших обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов в соответствии с «Комплексной системой обращения с твердыми коммунальными отходами»	Да	58,9	73,2	5
4.	Доля ликвидации несанкционированных свалок в год	Да	50	36	3
5.	Наличие в регионе регионального оператора	Да	Все районы охвачены работой регионального оператора		5
6.	Наличие инфраструктуры для раздельного сбора отходов в регионе	Да	Инфраструктура в наличии		5
7.	Проведение мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Да	Мероприятия проводятся, соответствуют национальному проекту Чистый воздух и отражены в Стратегии социально-экономического развития региона		5

Окончание табл. 20.

8.	Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе	-	Индекс качества воздуха и загрязнения атмосферы отражает низкий уровень загрязнения.	5
9.	Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов	Да	Предприятия в наличии, однако, в схеме не отражены	5
10.	Наличие объектов инфраструктуры в регионе по обработке (сортировке), утилизации отходов	Да	Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов	5
11.	Наличие загрязненных земель от выведенных из эксплуатации полигонов	+/-	Да, рекультивация запланирована	3
12.	Охвачены ли все города региона комплексной информационной системой мониторинга состояния окружающей среды	Проект не запущен	0	0
<b>II. Социальные показатели</b>				
13.	Снижение уровня безработицы в регионе за год	-	Регион демонстрирует положительную динамику по уровню безработицы	5
14.	Уровень здоровья населения (Снизился / увеличился показатель заболеваемости кори, гепатит)	-	Показатель заболеваемости кори, за исследуемый период, увеличился, гепатита снизился	3
<b>III. Экономические показатели</b>				
15.	Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации	Нет	Регион не попадает под выбранный диапазон	0
16.	Реализация в регионе экологических проектов	Да	Проекты реализуются	5
17.	Финансирование деятельности, связанной с реализацией мероприятий по благоустройству региона и охране окружающей среды	Да	Заложено в бюджетное финансирование, показатель увеличился незначительно	4
18.	Внутренние затраты на научные исследования и разработки		Увеличение показателя незначительно	4

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Таблица 21 – Расчет повышающего коэффициента экологического сбора (составлено автором)

№	Условия для расчета	Расчет суммы экологического сбора с учетом повышающего коэффициента	Расчет суммы экологического сбора без учета повышающего коэффициента
1	<p>Произведено и выпущено на рынок 150 тонн бумажных журналов, из объема подлежащего утилизации 16,6% – содержат вторичное сырье.                      Норматив утилизации – 20%.                      Ставка экологического сбора 2 378 руб.                      Дополнительное условие, отходы, подлежащие утилизации не прошли сортировку и обработку.</p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_y - M_{\text{от.}}) \times K_{\text{пов.}}</math>   <math>K_{\text{пов.}} = 1,25.</math>   <math>ЭК_{сбор} = 11\ 146,85 \text{ тыс. руб.}</math></p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_y - M_{\text{от.}}),</math>   <math>ЭК_{сбор} = 2\ 378 \times 150 \times (30 - 5) = 8\ 917,50 \text{ тыс. руб.}</math></p>
2	<p>Произведено и выпущено на рынок:                      36 тонн пластмассовых игрушек, из объема подлежащего утилизации 74% – содержат вторичное сырье.                      5 тонн зеркал, из объема подлежащего утилизации 5% – содержат вторичное сырье.                      14 тонн картонных пищевых форм, из объема подлежащего утилизации 35% – содержат вторичное сырье.                      Норматив утилизации:                      изделия из картона – 20%;                      изделия из пластмассы – 15%;                      зеркала стеклянные – 10%.                      Ставка экологического сбора:                      бумага и картон – 2 378 руб.;                      изделия из пластмассы – 4 156 руб.;                      зеркала стеклянные – 25 858 руб.                      Дополнительное условие, отходы, подлежащие утилизации не прошли сортировку и обработку.</p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_y - M_{\text{от.}}) \times K_{\text{пов.}}</math>   <math>K_{\text{пов.}} = 1,25.</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ карт.пищ.}} = 74,91 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ пласт.игр.}} = 261,83 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ зерк.}} = 64,65 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор} = 401,38 \text{ тыс. руб.}</math></p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_y - M_{\text{от.}})</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ карт.пищ.}} = 2\ 378 \times 14 \times (2,8 - 1) = 59\ 925,60 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ пласт.игр.}} = 4\ 156 \times 36 \times (5,4 - 4) = 209\ 462,40 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор \text{ зерк.}} = 25\ 858 \times 5 \times (0,5 - 0,1) = 51,72 \text{ тыс. руб.}</math>   <math>ЭК_{сбор} = 321,10 \text{ тыс. руб.}</math></p>

Таблица 22 – Расчет понижающего коэффициента экологического сбора (составлено автором)

№	Условия для расчета	Расчет суммы экологического сбора с учетом повышающего коэффициента	Расчет суммы экологического сбора без учета повышающего коэффициента
1	<p>Произведено и выпущено на рынок: 150 тонн бумажных журналов; 120 тонн бумажных сумок; из объема подлежащего утилизации 5% – содержат вторичное сырье. Норматив утилизации: изделия печатной продукции – 20%; мешки и сумки бумажные – 20%. Ставка экологического сбора: изделия печатной – 2 378 рубля; мешки и сумки бумажные – 2 378 рублей. Дополнительное условие: прошедшие сортировку и обработку отходы 75% от объема подлежащего утилизации.</p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_{\text{У}} - M_{\text{ОТ.}}) \times K_{\text{ПОН.}}</math></p> <p><math>K_{\text{ПОН.}} = 0,25.</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ бум.журналы} = 2\,541,49 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ бум.сумки} = 1\,626,55 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} = 4\,168,04 \text{ тыс. руб.}</math></p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_{\text{У}} - M_{\text{ОТ.}})</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ бум.журналы} = 2\,378 \times 150 \times (30-1,5) = 10\,165,95 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ бум.сумки} = 2\,378 \times 120 \times (24-1,2) = 6\,506,1 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} = 16\,672,16 \text{ тыс. руб.}</math></p>
2	<p>Произведено и выпущено на рынок: 28 тонн пластмассовых скамеек; 14 тонн зеркал. Норматив утилизации: изделия из пластмассы – 15%, из них содержащих вторичного сырья – 86%; зеркала стеклянные – 10% содержащих вторичного сырья – 60%; Ставка экологического сбора: изделия из пластмассы – 4 156 рубля; зеркала стеклянные – 25 858 рубля. Дополнительное условие: прошедшие сортировку и обработку отходы 40% от объема подлежащего утилизации.</p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_{\text{У}} - M_{\text{ОТ.}}) \times K_{\text{ПОН.}}</math></p> <p><math>K_{\text{ПОН.}} = 0,6.</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ пласт.скам.} = 41\,892,48 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ зерк.} = 43\,441,44 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} = 85\,333,92 \text{ тыс. руб.}</math></p>	<p><math>ЭК_{сбор} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times M_{\text{ТОВ.}} \times (N_{\text{У}} - M_{\text{ОТ.}})</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ пласт.скам.} = 4\,156 \times 28 \times (4,2-3,6) = 69,82 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} \text{ зерк.} = 25\,858 \times 14 \times (1,4-1,2) = 72,40 \text{ тыс. руб.}</math></p> <p><math>ЭК_{сбор} = 142,22 \text{ тыс. руб.}</math></p>