

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)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

**Научный руководитель** доктор экономических наук, доцент  
**Трейман Марина Геннадьевна**

**Официальные оппоненты:** **Губернаторов Алексей Михайлович**, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», профессор кафедры «Бизнес - информатика и экономика»  
**Медяник Наталья Витальевна**, доктор экономических наук, доцент, Северо-Кавказский институт-филиал ФГБОУ ВО «Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» в г. Пятигорске, профессор кафедры государственного, муниципального управления и права

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 года в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.386.06 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» по адресу: 191023, набережная канала Грибоедова 30-32, литер А, ауд. 3033.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://www.unesop.ru/dis-sovety> Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 года.

Ученый секретарь

Бездудная А.Г.

## **I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **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.** Проблемами управления обращения с отходами в регионе занимаются 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 непромышленного типа;
- сформировать методику оценки экологического состояния регионов, совмещенную с теорией рейтинговых оценок в области обращения с отходами производственного и непромышленного 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 непромышленного 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** 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 непромышленного 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 непромышленного 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 169 страниц основного текста, включает список использованной литературы из 117 наименований, 22 таблицы, 35 рисунков, 3 приложения.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

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

Создание модели 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 (рис. 1).

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» (табл. 1).

Таблица 1. Сценарные условия реализации экологического проекта

| 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;<br>здания и сооружения - 25 лет;<br>машины - 7 лет.  |
| Привлечение кредита<br>(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 вторичного сырья (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.

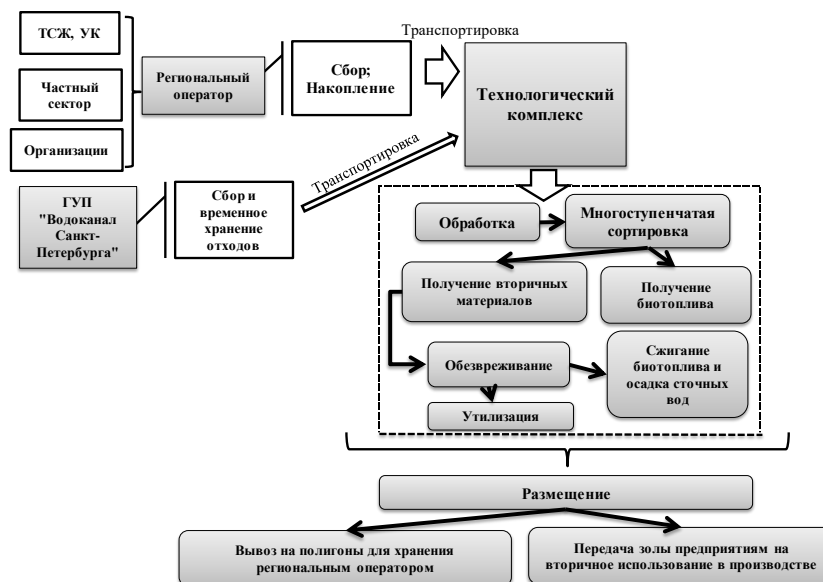


Рис. 1. Структура процесса обращения с отходами производства и потребления в регионе

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. 2).

Таблица 2. Прогнозный баланс деятельности технологического комплекса по обезвреживанию и сжиганию ТКО и осадка сточных вод

| № 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 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.

**2. Предложена методика оценки эколого-экономического состояния регионов, которая дает возможность реализовать механизмы стимулирования всех участников процесса обращения с отходами**

**производственного и непроизводственного типа к снижению объемов образования отходов.**

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 3. Расшифровка критериев оценки показателя

| 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.

Таблица 4. Критерии оценки эффективности деятельности по обращению с отходами в регионе (представлен усеченный вариант таблицы)

| 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<br>Не соответствует до 3% – 4<br>Не соответствует до 5% – 3<br>Не соответствует до 8% – 2<br>Не соответствует до 10% – 1<br>Не соответствует более 10% – 0<br><i>(Не соответствует – направлено на обработку (сортировку) в меньшем объеме)</i> |
| 2.                                 | Доля ликвидации несанкционированных свалок в год   | Да/нет   | Фактическое значение к нормативному, соответствие:<br>От 100 до 90% – 5<br>От 90 до 80% – 4<br>От 80 до 65% – 3<br>От 65 до 55% – 2<br>От 55% до 21% – 1<br>20≤0  |

|                                      |   |        |  |
|--------------------------------------|---|--------|--|
| 3.                                   | Наличие в регионе регионального оператора   | Да/нет | Все районы охвачены работой РО – 5<br>10% районов не охвачено работой РО – 4<br>От 20% до 30% – 3<br>30% и более – 1   |
| 4.                                   | Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе  | Да/нет | Низкая – 5 и 4<br>Повышенная – 3<br>Высокая – 2<br>Очень высокая – 1<br>Критическая – 0  |
| 5.                                   | Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов  | Да/нет | Предприятия в наличии и принимают отходы из исследуемого региона и др. субъектов – 5<br>Предприятия в наличии, принимают отходы только из исследуемого региона – 4<br>Предприятия в наличии, не принимают отходы из исследуемого региона – 2<br>Отсутствуют предприятия на территории исследуемого региона - 0 |
| <b>II. Социальные показатели</b>     |   |        |  |
| 6.                                   | Уровень здоровья населения (снизился / увеличился показатель заболеваемости кори, гепатит)  | Да/нет | Показатель заболеваемости снизился – 5<br>Показатель заболеваемости кори увеличился, гепатита снизился – 3<br>Показатель заболеваемости гепатита увеличился, кори снизился – 1<br>Показатель заболеваемости на прежнем уровне – 2<br>Показатель заболеваемости увеличивается / нет данных – 0                  |
| <b>III. Экономические показатели</b> |   |        |  |
| 7.                                   | Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации |        | 1-4 место – 5<br>5-8 место – 4<br>9-12 место – 3<br>13-14 место – 2 балла<br>15 место – 1 балл<br>Регион не попадает под выбранный диапазон Национального рейтинга – 0   |
| 8.                                   | Реализация в регионе экологических проектов   | Да/нет | Проекты реализуются – 5<br>Проекты не реализуются – 0  |

Далее в таблице 5 рассмотрим на примере Москвы, Санкт-Петербурга и Мурманской области применение разработанной методики.

Таблица 5. Проведение оценки эффективности на примере трех регионов (представлен усеченный вариант таблицы)

| 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 ликвидации несанкционированных свалок в год   | 3               | 4      | 3                  |
| 3.                                   | Наличие в регионе регионального оператора  | 5               | 5      | 5                  |
| 4.                                   | Степень загрязнения атмосферного воздуха в регионе   | 4               | 4      | 5                  |
| 5.                                   | Наличие предприятий на территории региона, занимающихся переработкой отходов   | 5               | 5      | 5                  |
| <b>II. Социальные показатели</b>     |  |                 |        |                    |
| 6.                                   | Уровень здоровья населения (снижился / увеличился показатель заболеваемости кори, гепатита)  | 3               | 3      | 3                  |
| <b>III. Экономические показатели</b> |  |                 |        |                    |
| 7.                                   | Присутствие региона в диапазоне мест с 1 по 15 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в регионах Российской Федерации  | 4               | 5      | 0                  |
| 8.                                   | Реализация в регионе экологических проектов  | 5               | 5      | 5                  |
|                                      | Итого:   | 68              | 83     | 64                 |

Представленная методика включает в себя определение критериев и шкалы баллов, выбор показателей в соответствии с принципами 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.

**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».**

В настоящее время в деятельность технологических и производственных комплексов внедряются цифровые механизмы обращения с отходами производства и потребления: нейросети и блокчейн-технологии. Рассмотрим их.

## а) Использование нейросетевых технологий

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



Рис.2. Укрупненный структурно-логический алгоритм работы нейросети для оценки эффективности экологического проекта

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 экологических проектов и их результатов. На основе входных данных происходит обучение нейросети анализу, систематизации данных, после чего нейросеть может осуществить выбор наиболее подходящего результата.

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

Нейросеть может учитывать такие параметры как:

1. Уровень загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов.
2. Сокращение объема отходов, направляемых на захоронение.
3. Количество отходов, прошедших сортировку, переработку и размещаемых на объектах.
4. Улучшение общего состояния экосистемы региона.
5. Уровень удовлетворенности населения, в связи со строительством инфраструктурного объекта или модернизации действующих производственных мощностей.
6. Уровень экологической культуры населения.

Учет данных параметров поможет оценить влияние экологического проекта на окружающую природную среду, уровень жизни населения региона, а также выделить возможные препятствия, с которыми может столкнуться предприятие при внедрении проекта.

Технология нейросети, помимо расчета эффективности экологических проектов, способна создать его визуальную составляющую.

## **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.**

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.

### **б) Использование блокчейн-технологий для защиты информации о технологическом процессе сжигания ТКО и осадка сточных вод**

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.

Рассмотрим цепочку блокчейн для организации передачи данных при сохранении информации об использовании отходов и системы их сжигания (таблица 6).

Таблица 6. Процесс передачи данных с помощью технологии блокчейн по цепочке распределения для экологического проекта по сжиганию отходов в регионе

| 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, 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.

Поскольку исследуемый технологический комплекс является стратегически важным и закрытым объектом, хранение информации для него необходимо и позволит сохранять данные по объему образования отходов, их обезвреживанию, сжиганию.

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

Основными экономическими механизмами, регулирующими деятельность технологического комплекса по обращению с отходами производства и потребления, являются тарифообразование в сфере сжигания ТКО и осадка сточных вод и расчет экологического сбора в отношении товаров.

**а) Методика сценарного прогнозирования тарифов в области обращения с отходами производственного и непромышленного типа**

Для данного Технологического комплекса рассмотрим три сценария условий реализации экологического проекта, построенные методом корреляционно-регрессионного анализа. На рисунках 3–5 отражена взаимосвязь прогнозного тарифа на обработку и обезвреживание твердых коммунальных отходов и осадка сточных вод и экономически обоснованного тарифа.



Рис.3. Условия реализации проекта - Сценарий № 1 «Базовый», тыс.руб.

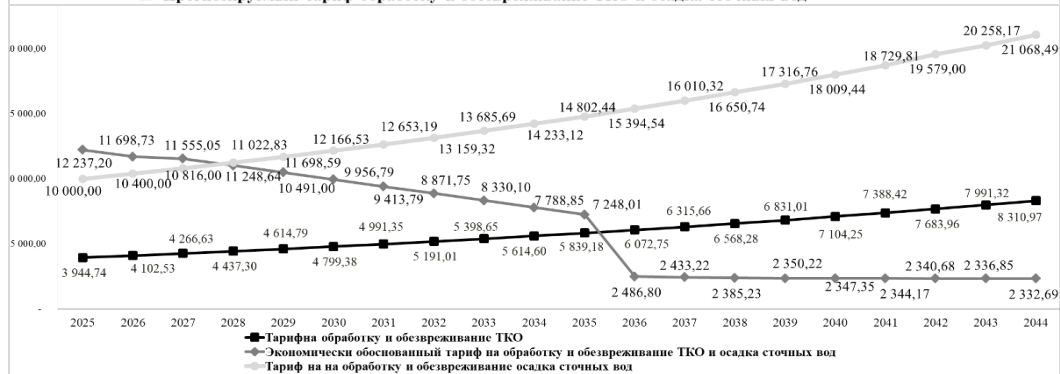


Рис.4. Условия реализации проекта - Сценарий № 2 «Оптимистический», тыс.руб.

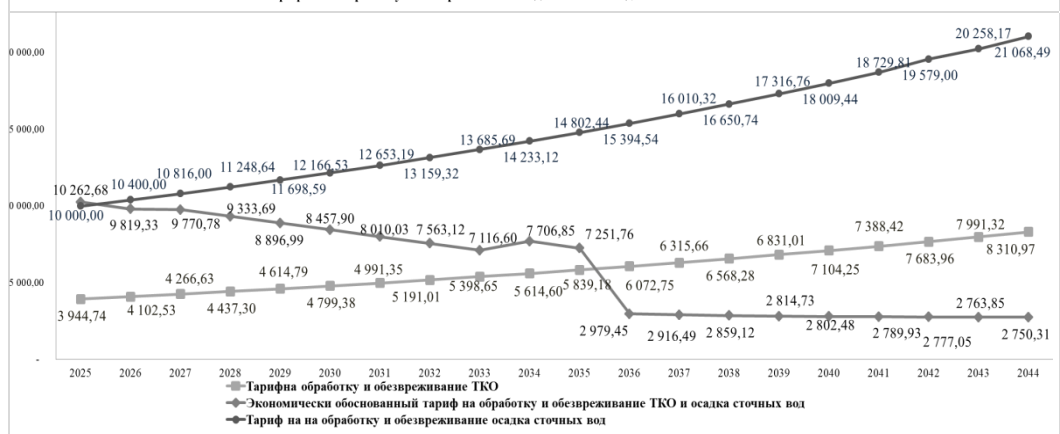


Рис. 5. Условия реализации проекта - Сценарий №3 «Пессимистический», тыс.руб.

### Сценарий № 1. «Базовый»

В сценарии № 1, предлагается привлечение кредитных средств 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.

Расчет прогнозного тарифа основывался на установленных тарифах СПб ГУП «МПБО-2» на обработку и обезвреживание отходов – 6 454, 27 руб., с учетом инфляции 4% до 2044 года.

Как видно из представленного рисунка 3 экономически обоснованный тариф значительно выше предельных значений прогнозного тарифа, установленного Комитетом по тарифам Санкт-Петербурга, при этом начиная с 2031 года он будет ниже в 2 раза.

### 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 соответствует программам социально-экономического развития региона.

Расчет прогнозного тарифа ТКО основывался на установленных предельных тарифах Комитета по тарифам Санкт-Петербурга на обработку и обезвреживание отходов – 3 944, 74 руб., с учетом инфляции 4% до 2044 года.

Как видно из представленного рисунка 4 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 осадка сточных вод. С 2036 года экономически обоснованный тариф для жителей региона будет в 2 раза ниже.

### **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 программам социально-экономического развития региона.

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 проекта по показателю «экономически обоснованный тариф». В 2025 году самый высокий тариф устанавливается в «Базовом» сценарии, а самый низкий в «Пессимистическом». На период до 2036 года, самые высокие тарифы будут для «Оптимистическом» и «Пессимистическом» сценарии. При этом отклонения между тремя предлагаемыми тарифами значительны. Однако, с 2036 по 2044 года, сценарий №1 и №2 практически сравниваются в стоимости предоставления услуги по обращению с отходами населению.

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

### **б) Оценка экологического сбора в отношении производителей и импортёров товаров**

Производители и импортеры товаров, уплачивают экологический и утилизационный сбор в 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 обеспечение экологической безопасности в регионах страны.

В настоящее время расчет экологического сбора для производителей и импортёров в отношении товаров не совершенен, поскольку необходима

корректировка в области расчетов норматива утилизации отходов от использования товаров.

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

$$\text{ЭК}_{\text{сбор}} = \text{СтавкаЭк.Сб.} \times \text{M}_{\text{тов.}} \times (\text{N}_{\text{у}} - \text{M}_{\text{от.}}) \times \text{K}_{\text{пов.пюн.}}, \quad (1)$$

где

$\text{ЭК}_{\text{сбор}}$  – экологический сбор производителей и импортеров товаров, тыс. руб.;

$\text{N}_{\text{у}}$  – 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;

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

$\text{K}_{\text{пов.}}$  – 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.  $\text{K}_{\text{пов.}} > 1$ , предлагается установить коэффициент 1,25 – если объем отходов, подлежащих утилизации не прошел предварительную сортировку и обработку.

$\text{K}_{\text{пюн.}}$  – понижающий коэффициент, направленный на снижение суммы экологического сбора для товаров, прошедших предварительную сортировку.  $\text{K}_{\text{пюн.}} < 1$  – 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%.

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

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании представлен разработанный автором алгоритм функционирования технологического комплекса, который будет внедрен 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.

В работе предлагается создать технологический комплекс 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.

Все рассмотренные в исследовании разработки относятся к механизмам управления эффективностью обращения с отходами в регионе: разработка модели технологического комплекса, формирование эколого-экономических показателей сферы обращения с отходами, использование нейросетей и блокчейн-технологий; экономические механизмы – методика сценарного прогнозирования тарифов в области обращения с отходами производственного и непроизводственного типа и оценка экологического сбора в отношении товаров. Рассмотренные механизмы позволят органам государственной власти и местного самоуправления создать комплексные программы развития территорий.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных  
журналах и изданиях, рекомендованных ВАК России**

1. **Игнатова, Д.Ю. Анализ регионального обращения с отходами в Российской Федерации / Д.Ю. Игнатова, М.Г. Трейман // Экономика и предпринимательство. – 2022. – №10 (147). – С. 689 - 695. – 0,46 п.л. – 0,23 п.л. авт.**
2. **Игнатова, Д.Ю. Анализ эколого-экономической ситуации на рынке по обращению с отходами в Российской Федерации / Д.Ю. Игнатова, М.Г. Трейман // Экономика и экологический менеджмент. – 2022. – №3. – С. 33 - 41. – 0,62 п.л. – 0,31 п.л. авт.**
3. **Игнатова, Д.Ю. Исследование перспективных направлений утилизации осадка сточных вод для предприятия водопроводно-канализационного хозяйства // Д.Ю. Игнатова / Проблемы современной экономики. – 2023. – №2 (86). – С. 211 - 214. – 0,23 п.л.**
4. **Игнатова, Д.Ю. Использование цифровых решений для сферы обращения с отходами // Д.Ю. Игнатова / Инновации и инвестиции. – 2024. – №7. – С. 156 - 159 – 0,31 п.л.**
5. **Игнатова, Д.Ю. Исследование возможности использования технологий переработки и зарубежного опыта в практике российских**

регионов // Д.Ю. Игнатова / Экономика строительства. – 2024. – №6. – С. 270 – 273. – 0,31 п.л.

6. Игнатова, Д.Ю. Методы оценки экологических рисков природоохранного проекта // Д.Ю. Игнатова / Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2024. - №3. – С.1-7. – 0,5 п.л.

Публикации, входящие в базы цитирования Web of Science / Scopus

7. Ignatova, D. Benchmarking as a tool for the development of «green» technologies in the water supply and sanitation enterprise / D. Ignatova, M. Treyman, A. Nazarova // E3S Web of Conferences. – №390. – 2023. – P. 1-7. – 0,46 п.л. / 0,15 п.л. авт.

### Монографии

8. Игнатова, Д.Ю. Управление отходами в Арктическом регионе // Вопросы устойчивого развития Российской Арктики // Д.Ю. Игнатова / Коллективная монография. Под редакцией В.М. Разумовского, А.Г. Бездудной. - Санкт-Петербург. – 2022. – С.49 – 56. – 0,53 п.л.

### Другие научные публикации

9. Игнатова, Д.Ю. Анализ нормативно-правовых актов обращения с отходами производства и потребления // Д.Ю. Игнатова / Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и тенденции развития современной экономики». – Самара: Самарский государственный технический университет. – 2022. – С. 258 – 262. – 0,31 п.л.

10. Игнатова, Д. Ю. Анализ рынка отходов в Российской Федерации // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,15 п.л.

11. Игнатова, Д.Ю. Анализ ситуации по обращению с отходами производственного и непроеизведённого типа в Российской Федерации // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,3 п.л.

12. Игнатова, Д.Ю. Зарубежный опыт управления эффективным использованием осадка сточных вод // Д.Ю. Игнатова / Сборник статей Международной научно-практической конференции «Трансформация экономических процессов в условиях больших вызовов». – 2023. – С. 31 – 38. – 0,54 п.л.

13. Игнатова, Д.Ю. Инвестирование в развитие технологий в сфере обращения с ТКО // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,38 п.л.

14. Игнатова, Д.Ю. Исследование инновационных разработок по очистке кислых шахтных вод // Д.Ю. Игнатова / Сборник материалов Международной методической и научно-практической конференции им. д.э.н., профессора Т.Р. Терёшкиной. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2023. – С. 285 – 289. – 0,3 п.л.

15. Игнатова, Д.Ю. Использование принципов экономики замкнутого цикла на региональном развитии территорий // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,38 п.л.

16. Игнатова, Д.Ю. Принципы обращения с ТКО в регионах России // Д.Ю. Игнатова / Сборник материалов конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». – 2023. – С. 364–371. – 0,54 п.л.

17. Игнатова, Д.Ю. Опыт обращения с отходами производственного и непромышленного типа в Азербайджане // Д.Ю. Игнатова / Сборник материалов Международной научной конференции «Зеленая экономика: наука, образование и инновации». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2024. – С. 110 – 116. – 0,38 п.л.

18. Игнатова, Д.Ю. Устойчивое развитие в системе обращения с отходами в Российской Федерации // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,69 п.л.

19. Игнатова, Д.Ю. Управление водопользованием – технологические, инновационные и региональные аспекты // Д.Ю. Игнатова / Гипотеза / Hypothesis. – 2021. – №4 (17). – С. 28 – 33. – 0,38 п.л.

20. Игнатова, Д. Ю. Управление отходами в странах Евросоюза // Д.Ю. Игнатова / V Международной научно-практической конференции «Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях». – Санкт-Петербург. – 2022. – С. 179–186. – 0,54 п.л.

21. Игнатова, Д. Ю. Экологические риски природоохранного проекта – методы их оценки // Д.Ю. Игнатова / 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. – 0,3 п.л.