

На правах рукописи



Нгуен Тхи Тху Хыонг

**ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
МЕХАНИЗМА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА
УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(5. Транспорт и логистика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата экономических наук

Москва – 2022

Работа выполнена на кафедре предпринимательства и логистики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», г. Москва

Научный руководитель:

- доктор технических наук, профессор
Ларин Олег Николаевич

Официальные оппоненты:

- **Степанов Алексей Алексеевич**
доктор экономических наук,
профессор, ФГБОУ ВО
«Государственный университет
управления», заведующий кафедрой
управления транспортными
комплексами

-**Коновалова Татьяна Вячеславовна**
кандидат экономических наук,
доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный технологический
университет», заведующий кафедрой
транспортных процессов и
технологических комплексов

Ведущая организация:

-ФГБОУ ВО «Московский
автомобильно-дорожный
государственный технический
университет (МАДИ)»

Защита состоится 30 ноября 2022 г. В 13.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.372.06 на базе ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, Стремянный пер., д.36, корп.3, ауд. 353.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Научно-информационном библиотечном центре им. Академика Л.И. Абалкина ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Зацепа, д.43 и на сайте организации: <http://ords.rea.ru/>

Автореферат разослан « ___ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.372.06,
доктор экономических наук, доцент



Лукина Анастасия Владимировна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последнее время усиливается внимание государственных и общественных структур к проблеме утилизации электронных бытовых отходов (ЭБО), которые способны нанести существенной вред окружающей среде и здоровью людей. Наиболее остро данная проблема проявляется в крупных городах, где отмечаются высокие темпы прироста ЭБО, которые образуются в результате интенсивной эксплуатации населением различного рода устройств с электрическими или электронными компонентами (компьютерная техника, мониторы, периферийные устройства, лампы, в том числе ртутьсодержащие и люминесцентные, крупная бытовая техника и пр.). На ЭБО приходится незначительная доля в общей структуре бытовых отходов, однако они содержат множество опасных веществ, неправильная утилизация которых создает угрозу загрязнения окружающей среды, а при надлежащей переработке такие отходы являются источником ценного сырья.

Для многих стран мира задача повышения эффективности утилизации электронных отходов уже является одной из приоритетных в повестке экономического и экологического развития. В России в 2020 году утверждена «Концепция совершенствования института расширенной ответственности производителей и импортеров товаров и упаковки», которая разработана в соответствии со стратегическими директивными указаниями Президента России В.В. Путина на период до 2030 года. В Концепции закреплён принцип недопущения захоронения отходов, содержащих опасные материалы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.

Многочисленные данные свидетельствуют о низком уровне утилизации ЭБО в разных по уровню экономического и технологического странах мира. Например, во Вьетнаме по официальным данным ежегодный прирост объёмов ЭБО достигает 50%, а уровень сбора и официальной (легальной) утилизации с целью последующего их использования с соблюдением требований к безопасности данного процесса не превышает 10%. Остальная часть отходов либо просто выбрасывается, либо собирается и обрабатывается нелегальными структурами, которые не соблюдают установленные нормативные требования, наносят ущерб экологии и создают угрозу причинения вреда здоровью граждан. Для Вьетнама данная проблема приобретает особую актуальность, так как страна является активным участником глобальных цепочек создания электронных товаров. Вьетнам входит в десятку ведущих стран мира по импорту и экспорту электронных компонентов и товаров информационных технологий¹.

В настоящее время многие отраслевые лидеры (Samsung Electronics, LG Electronics, Daewoo, Lenovo, Dell, и т. д.) разместили во Вьетнаме свои заводы и интенсивно наращивают объёмы производства электронной продукции. В последние годы Вьетнам подписал ряд крупных торговых соглашений, в том числе, Соглашение о свободной торговле с Европейским союзом (EVFTA),

¹ Источник: United nations conference on trade and development. [Электронный ресурс] –Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/tn_unctad_ict4d19_en.pdf (дата обращения: 30.11.2021).

Соглашение о всеобъемлющем региональном экономическом партнерстве RCEP, Соглашение о свободной торговле с Соединенным Королевством (UKVFTA), реализация которых предусматривает активное участие страны в глобальных цепочках создания электронной продукции. Увеличение объемов производства и потребления электронной продукции без опережающего развития системы утилизации ЭБО приведет к негативным последствиям для экологии страны и благополучия населения.

Проблема низкой эффективности процесса утилизации ЭБО обусловлена различными причинами, среди которых отмечается несовершенство организационных и экономических условий осуществления логистической поддержки данного процесса. В частности, используются нерациональные механизмы взаимодействия участников возвратной (реверсивной) логистической цепочки, не в полной мере учитываются интересы источников генерации отходов ЭБО (населения) при проектировании конфигурации сети пунктов приёма и временного хранения отходов (ПНП), не принимаются во внимание динамические особенности образования таких отходов при планировании параметров ПНП и транспортировке ЭБО на пункты их накопления и обработки (ПНО). Поэтому исследование факторов и совершенствование организационных и экономических условий осуществления логистической поддержки процесса утилизации ЭБО является актуальной научно-практической задачей.

Степень научной разработки темы исследования. Объяснение взаимосвязи между инструментами логистики в среде обращения с отходами исследовано в работах российских и других зарубежных ученых: М. А. Любарская, И. О. Садовнича, Т. В. Великанова, Т. В. Близнюкова, В. И. Степанов, О. В. Сагинова, И. Б. Стукалова, О. Н. Ларин, Н. А. Мезина, Б. Б. Бобович, А. Ф. Баранова, Т. В. Близнюкова, А. Д. Асеев, Ю. В. Рыбасова, О. А. Чередниченко, А. Тосик (A. Tomic), А. К. Коньялиоглу (A. K. Konyalioglu), С. Кочан (S. Kochan), С. Поурреза (S. Pourreza), В. Р. Прибыток (V. R. Prybutok), А. Юшида (A. Yoshida), А. Теразоно (A. Terazono) и др. Проблемы обращения с отходами применительно к Вьетнаму рассматривались в работах вьетнамских ученых, таких как: Нгуен Ван Фьонг, До Нгок Куанг, Нгуен Тхи Ван Ха, однако эти авторы рассматривают только правовой аспект обращения с отходами во Вьетнаме. Следует отметить, что проведенный анализ не выявил работ, в которых были исследованы вопросы формирования экономического и организационного механизма логистической поддержки обращения с ЭБО. Данное обстоятельство повлияло на выбор темы, формулирование цели и задач исследования.

Область исследования. Исследование соответствует пунктам: 5.5. «Транспортно-логистическая инфраструктура, современные тенденции ее развития и теоретико-методологические основы ее анализа», 5.10. «Моделирование, прогнозирование и оптимизация цепей поставок», 5.11. «Отраслевые и функциональные аспекты развития сектора логистических услуг». Паспорта научных специальностей Высшей аттестационной комиссии

при Минобрнауки России по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (5. Транспорт и логистика).

Объектом исследования определены система логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов.

Предметом исследования является организационно-экономические отношения, возникающие при организации сбора, накопления и транспортировки электронных бытовых отходов из населенных пунктов в места их утилизации.

Цель диссертационного исследования заключается в совершенствовании теоретических аспектов формирования организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов и разработке методического инструментария, обеспечивающего повышение эффективности данного процесса.

Для достижения цели диссертационного исследования ставились следующие **основные задачи:**

- охарактеризовать назначение и сущность организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов;

- систематизировать подходы к оценке эффективности логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов;

- провести анализ мирового опыта в сфере утилизации электронных бытовых отходов, раскрыть особенности взаимодействия участников логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов с учётом национальной специфики администрирования данного процесса;

- выявить зависимость параметров процесса образования электронных бытовых отходов от внешних факторов и предложить методический подход к оценке объёмов генерации отходов для характерных территориальных образований;

- исследовать влияние параметров пунктов приёма и временного хранения электронных бытовых отходов на эффективность логистической поддержки и разработать методику формирования сети данных пунктов;

- охарактеризовать динамику процесса образования электронных бытовых отходов и усовершенствовать алгоритм планирования их вывоза из пунктов их приёма и временного хранения на пункты накопления и обработки для дальнейшей утилизации.

Теоретическую и методологическую базу исследования составляют научные труды российских, вьетнамских и других зарубежных учёных по проблемам обращения отходов, логистической поддержки процесса утилизации отходов, размещения инфраструктурных объектов, планирования перевозок отходов на объекты утилизации. При сборе и обработке данных применялись методы экономического анализа, математической статистики, экономико-математического моделирования, линейного программирования. Также были использованы методы социологических исследований (анкетирование, опрос, экспертные оценки).

Информационная база исследования. Информационную и экспериментальную основу исследования составляют официальные статистические данные государственных органов, научные публикации, материалы из открытых источников экономической и научно-технической информации, материалы научно-практических конференций, данные предприятий, осуществляющих деятельность в сфере логистической поддержки утилизации отходов. В ходе исследования учитывались требования действующих российских и зарубежных нормативно-правовых документов к организации процесса обращения электронных отходов.

Научная новизна диссертации заключается в развитии теоретико-методических подходов к формированию организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов и разработке методического инструментария, обеспечивающего повышение эффективности данного процесса.

Наиболее значимые результаты диссертационного исследования, полученные лично автором и содержащие элементы научной новизны, отражены в следующих положениях, выносимых на защиту:

1. Уточнены структурные и функциональные характеристики организационно-экономического механизма применительно к логистической поддержке процесса утилизации электронных бытовых отходов и разработано авторское определение понятия данного механизма, в котором акцентируется внимание на необходимости повышать уровень собираемости отходов, что может быть обеспечено за счёт применения мер экономического стимулирования населения использовать официальные каналы утилизации отходов.

2. Предложены способы оценки эффективности логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов, учитывающие особенности образования эффектов в возвратной (реверсивной) логистической цепочке, как за счёт применения мер экономического стимулирования, так и за счёт организационных решений, оптимизирующих затраты на накопление и вывоз отходов.

3. Дополнена модель взаимодействия участников логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов процедурами отбора, экономического стимулирования и контроля, что позволяет повысить безопасного данного процесса, а также обеспечивает рациональное расходование ресурсов на сбор, хранение и вывоз отходов.

4. Предложен методический подход к оценке объёмов генерации электронных бытовых отходов, основанный на установленных зависимостях данного показателя от интенсивности генерации отходов и численности жителей в смежных таксонах административно-территориальной иерархии.

5. Разработана методика формирования сети пунктов приёма и временного хранения электронных бытовых отходов и математическая модель расчёта оптимальной складской ёмкости данных пунктов, при которой обеспечиваются минимальные совокупные затраты на хранение и вывоз отходов с учётом установленной продолжительности накопления отходов.

6. Усовершенствован алгоритм планирования вывоза электронных бытовых отходов на пункты накопления, отличающийся использованием при формировании системы оптимальных маршрутов данных о фактическом уровне заполнения складской ёмкости пунктов приёма и временного хранения отходов.

Теоретическая значимость полученных научных результатов состоит в развитии и дополнении научных знаний об особенностях формирования организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов, о структурировании и распределении функций между участниками данного процесса, об особенностях образования таких отходов, о статических зависимостях показателей их генерации от характеристик территориальных образований, о критериях оценки эффективности логистической поддержки процесса утилизации отходов, о методических подходах к формированию конфигурации пунктов приёма отходов, обоснованию оптимальных параметров таких пунктов, планированию вывоза отходов на пункты их накопления и обработки.

Практическая значимость исследования заключается в разработке методического инструментария, использование которого позволяет участникам возвратной (реверсивной) логистической цепочки повысить уровень собираемости электронных бытовых отходов и снизить логистические затраты, в том числе, на складские и транспортные операции. Результаты исследования могут быть использованы при решении вопросов распределения между органами власти различных уровней полномочий по нормативному, методическому и организационному обеспечению логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов в масштабах государства, отдельных регионов и городов. Разработанные автором модели и методы успешно внедрены в хозяйственную деятельность компаний АО «Бинь Минь логистические услуги и торговля» (г. Ханой, Вьетнам) и ООО «Золотой Ресурс» (г. Калининград), которые занимаются утилизацией и вывозом отходов. Научные результаты диссертации используются в учебном процессе в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова и в Университете транспортных технологий (г. Ханой, Вьетнам).

Апробация результатов диссертационного исследования. Положение и результаты исследования представлены автором на научных конференциях: XXXII Международные Плехановские чтения, РЭУ им. Г. В. Плеханова (г. Москва – апрель 2019 г.); VIII международной конференции: «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство» (г. Казань, 30 сентября 2019 г.); II Международной научно- практической конференции: «Новые импульсы развития: вопросы научных исследований» (г. Саратов: 10 августа 2020 г.); XX Национальная научная конференция с международным участием «Модернизация России: приоритеты, проблемы, решения», РЭУ им. Г. В. Плеханова (г. Москва, 14-15 декабря 2020 г.); Международной научно-практической конференции «Современные финансовые рынки в условиях новой экономики», посвященной 114-му Дню рождения Российского экономического университета имени Г. В.

Плеханова, Кафедра «Финансовые рынки», ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова» (г. Москва, 22.01.2021 г.); Международная научно-практическая конференция «XXXIV Плехановские Чтения», РЭУ им. Г. В. Плеханова (г. Москва, 25 марта 2021 г.); III Международной конференции: «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности» (г. Казань, 30 - 31 марта 2021 г.); Международной научно-практической конференции «Горизонты России» РЭУ им. Г. В. Плеханова, (г. Москва, апрель 2021 г.); X Международная научно-практическая конференция «Абалкинские чтения» РЭУ им. Г. В. Плеханова, (г. Москва, май 2021 г.), Международная научная конференция International Scientific Conference «International Transport Scientific Innovation» (Москва, 29.06.2021 г.); Национальная научно-практическая конференция «Цифровые технологии транспорта», посвященная 125-летию РУТ (г. Москва, сентябрь 2021 г.), Международная научная конференция «Railway Transport and Technologies» (г. Екатеринбург, 24-25 ноября 2021 г.).

Публикации. Основные положения диссертации и результаты исследования изложены в 16 опубликованных работах общим объемом – 10,5 печ. л. (авторских – 6,95 печ. л.), в том числе из них 8 статей общим объемом - 7,80 печ. л. (авторских – 5,09 печ. л.) опубликованных в изданиях, из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и 1 статья опубликована в рефератной базе Скорпус.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы 241 источников), содержит 25 рисунков, 16 таблиц, 12 приложений. Объем диссертационной работы составляет 172 страниц.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Уточнены структурные и функциональные характеристики организационно-экономического механизма применительно к логистической поддержке процесса утилизации электронных бытовых отходов и разработано авторское определение понятия данного механизма, в котором акцентируется внимание на необходимости повышать уровень собираемости отходов, что может быть обеспечено за счёт применения мер экономического стимулирования населения использовать официальные каналы утилизации отходов.

На основе результатов анализа процесса утилизации ЭБО во Вьетнаме установлены характерные причины низкой эффективности данного процесса: не регулируется доступ коммерческих структур к утилизационной деятельности и не контролируется результативность её осуществления, не предпринимаются меры по развитию инфраструктуры для сбора отходов, не используются меры экономического стимулирования участников данного процесса утилизации увеличивать собираемость отходов и снижать затраты на логистические операции по перемещению отходов на объекты их утилизации.

Логистическая поддержка процесса утилизации ЭБО заключается в обеспечении своевременного и экономически эффективного перемещения отходов по всем звеньям возвратной логистической цепочки – от источников зарождения (генерации) потока отходов (ИГО), расположенных в границах определенных территориальных образований (таксонах), до пунктов их приёмки и временного хранения (ПНП), вывоза из ПНП на пункты накопления и обработки (ПНО), откуда отходы подлежат дальнейшему перераспределению на пункты их утилизации (ПУО) в соответствии с установленной технологией использования (рециклинг, регенерация, рекуперация и др.).

Основные функции логистической поддержки процесса утилизации ЭБО состоят в:

- 1) формировании иерархии территориальных образований (таксонов), в границах которых организуется логистическая поддержка процесса утилизации, и нормировании показателей генерации ЭБО для таксонов каждого уровня в иерархии;
- 2) проектировании конфигурации сети ПНП для приемки и временного хранения ЭБО от ИГО в границах обслуживаемой территории;
- 3) обосновании рациональной складской ёмкости ПНП и предельных сроков хранения ЭБО на таких пунктах;
- 4) планировании вывоза ЭБО из ПНП на ПНО с минимальными затратами на работу транспорта.

На рисунке 1 показан Организационно-экономический механизм логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов.

Для эффективной практической реализации перечисленных функций необходимо сформировать комплекс организационных и экономических условий, совокупность которых раскрывается в содержании понятия организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов (ОЭМЛП).

Такой механизм является сложным по своей структуре и выполняемым функциям системным образованием, является частью организационно-экономического механизма процесса утилизации электронных отходов, который, в свою очередь, входит в состав национального механизма обращения с отходами. ОЭМЛП представляет собой совокупность нормативных, административных, рыночных, финансовых (инвестиционных) форм и методов воздействия на деятельность участников возвратной (реверсивной) логистической цепочки ЭБО в целях повышения уровня собираемости отходов и оптимизации затрат на логистические операции.

Организационная подсистема ОЭМЛП включает систему нормативного регулирования обращения ЭБО, лицензирования деятельности по утилизации таких отходов, институциональную среду рынка утилизации и модели взаимодействия участников утилизационной деятельности.

Экономическая подсистема содействует эффективной утилизации ЭБО за счёт применения мер тарифного регулирования в сфере утилизации ЭБО, экономического стимулирования повторного применения ЭБО и их сбора,

инвестиций на развитие инфраструктуры для выполнения логистических операций.

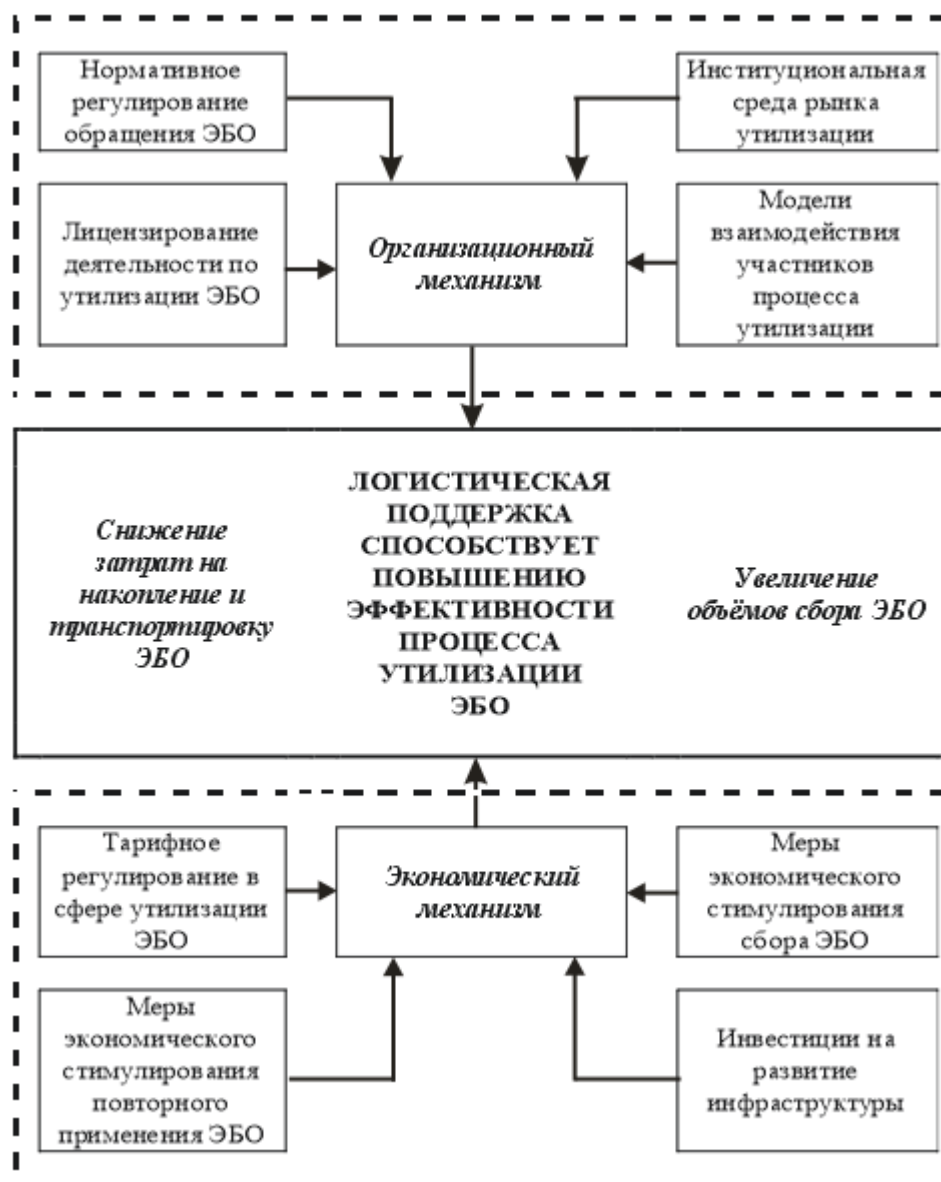


Рисунок 1 - Организационно-экономический механизм логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов
Источник: составлено автором

В табл. 1 приведены дефиниции основных понятий в области логистической поддержки процесса утилизации ЭБО, формулировка и содержание которых были уточнены автором.

2. Предложены способы оценки эффективности логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов, учитывающие особенности образования эффектов в возвратной (реверсивной) логистической цепочке, как за счёт применения мер экономического стимулирования, так и за счёт организационных решений, оптимизирующих затраты на накопление и вывоз отходов.

Эффективная логистическая поддержка должна содействовать увеличению объемов ЭБО, поступающих на утилизации. Анализ результатов научных исследований и отчетной документации показывает, что значительная часть ЭБО, генерируемых населением крупных городов, не направляется на утилизацию, а выбрасывается вместе с твердо-коммунальными отходами (ТКО), либо поступает в систему нелегальной утилизации, что наносит существенный вред окружающей среде. Например, во вьетнамской столице Ханой общий объем официально собираемых ЭБО, определенный по методике «Vietnam recycle», составляет менее 10% от общего объема генерируемых ЭБО в границах административно-территориального образования.

Низкий уровень собираемости отходов E_w обусловлен рядом причин, которые для участников логистической поддержки процесса утилизации выступают в качестве внешних и внутренних факторов. Внешними факторами являются организационно-экономические условия и стимулы, которые влияют на уровень потенциально возможного объема ЭБО, предъявляемого ИГО для сбора и вывоза.

Таблица 1 – Основные понятия логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов

Понятие	Авторское определение
Электронные бытовые отходы	Разновидность электронных отходов, которые образуются в процессе эксплуатации населением устройств с электрическими или электронными компонентами, содержащие опасные и токсические вещества и требующие специальных условий для их утилизации
Процесс утилизации электронных бытовых отходов	Совокупность организационно-экономических и производственно-технологических условий и решений, обеспечивающих максимальное и рациональное повторное использование электронных бытовых отходов
Логистическая поддержка процесса утилизации электронных бытовых отходов	Деятельность по организации сбора, временного хранения и перевозки электронных бытовых отходов для обеспечения процесса их утилизации
Организационно-экономический механизм логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов	Совокупность административных, рыночных, финансовых (инвестиционных) форм и методов воздействия на деятельность участников возвратной (реверсивной) логистической цепочки электронных бытовых отходов в целях повышения уровня собираемости отходов и оптимизации затрат на логистические операции

Источник: составлено автором

К основным внешним факторам относятся «удобные» для населения параметры инфраструктуры сбора ЭБО (плотность размещения, предельная удаленность, наличие коммуникаций) и система экономического стимулирования ИГО по обращению с ЭБО. Улучшение параметров инфраструктурных объектов и использование стимулов повышает внешнюю эффективность логистической поддержки, что проявляется в росте объемов отходов, поступающих на ППП от ИГО. Внешняя эффективность логистической

поддержки характеризуется коэффициентом ΔE_w , величина которого должна быть положительной:

$$\Delta E_w = \frac{\Delta Q_{wU}}{Q_{wU0}}, \quad (1)$$

где ΔQ_{wU0} – величина изменения начального значения объёма собираемых ЭБО у населения к значению на текущий момент, тонн; Q_{wU0} – начальное значение объёма собираемых ЭБО у населения, тонн;

Внутренняя эффективность логистической поддержки проявляется в виде сокращения совокупных затрат на операции по перемещению ЭБО по логистической цепочке – от ИГО до ПНП. Для повышения внутренней эффективности необходимо организовать рациональное планирование параметров выполнения основных логистических операций: сбор, накопление, хранение, вывоз.

Оценка внутренней эффективности логистической поддержки характеризуется коэффициентом ΔE_s , величина которого также должна быть положительной:

$$\Delta E_s = \frac{\Delta S_w}{S_{w0}}, \quad (2)$$

где ΔS_w – величина изменения совокупных затрат на логистические операции к текущему моменту от корректировки плановых параметров логистических операций, руб.; S_{w0} – начальное значение совокупных затрат на логистические операции, руб.

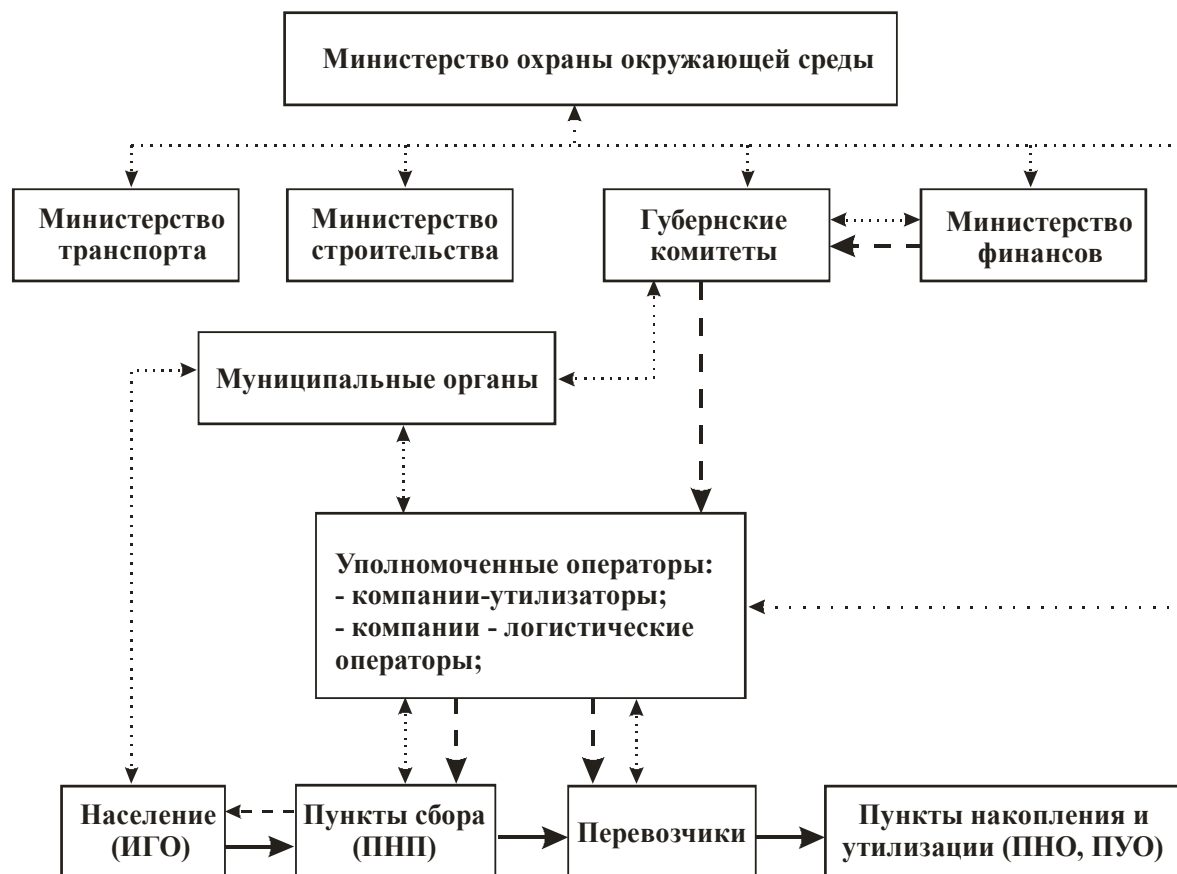
3. Дополнена модель взаимодействия участников логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов процедурами отбора, экономического стимулирования и контроля, что позволяет повысить безопасного данного процесса, а также обеспечивает рациональное расходование ресурсов на сбор, хранение и вывоз отходов.

Для планирования логистической поддержки процесса утилизации ЭБО и повышения ее эффективности, административным структурам Вьетнама необходимо организовать взаимодействие между участниками ОЭМЛП на системной основе, с чётким распределением полномочий, прав и обязанностей всех участников.

Для эффективного взаимодействия участников ОЭМЛП необходимо распределить полномочия между структурами подсистемы административного регулирования, организовать движение информационных и финансовых потоков между подсистемами.

Содержание данных полномочий определяют направленность потоков информации и финансовых средств, а также модель взаимодействия между участниками ОЭМЛП (рисунок 2).

Предложенный вариант взаимодействия участников ОЭМЛП отличается от используемого в настоящее время наличием следующих дополнительных процедур: отбор уполномоченных операторов; экономическое стимулирование ответственного поведения ИГО.



—→ Поток ЭБО - - - → Финансовый поток → Информационный поток

Рисунок 2 - Модель взаимодействия участников ОЭМЛП

Источник: составлено автором

Осуществление контроля качества услуг логистической поддержки процесса утилизации ЭБО со стороны территориальных органов власти и населения.

4. Предложен методический подход к оценке объёмов генерации электронных бытовых отходов, основанный на установленных зависимостях данного показателя от интенсивности генерации отходов и численности жителей в смежных таксонах административно-территориальной иерархии.

Для планирования логистической поддержки процесса утилизации необходимо использовать достоверные данные о среднесуточных объемах генерации ЭБО населением на соответствующих таксономических уровнях (город, район, часть района) для установленных периодов (год, месяц, сутки, период вывоза). При этом для оценки таких объемов целесообразно использовать статистические данные, так как в современных условиях для проведения натурных требуются значительные затраты, а полученные в ходе них данные характеризуются низким уровнем достоверности.

В общем виде среднесуточный Q_{WD} объем генерации ЭБО рассчитывается через отношение общего объема генерации отходов Q_W (тонны) за период их накопления к продолжительности такого периода T_W (дни):

$$Q_{WD} = \frac{Q_W}{T_W}, \text{ тонн/день,} \quad (3)$$

Среднесуточный объем генерации Q_{SD} по стране в целом (нулевой таксономический уровень) может быть рассчитан на основе данных официальной статистики о годовом объеме Q_{SY} генерации ЭБО в государстве по формуле:

$$Q_{SD} = \frac{Q_{SY}}{T_Y}, \text{ тонн/день,} \quad (4)$$

где T_Y – число дней в году, дни.

Показатели среднесуточных объемов для городов Q_{CD} и административных районов Q_{RD} рассчитываются по аналогии, при условии, что имеются статистические сведения о годовых объемах Q_{CY} и Q_{RY} соответственно:

$$Q_{CD} = \frac{Q_{CY}}{T_Y}, \text{ тонн/день,} \quad (5)$$

$$Q_{RD} = \frac{Q_{RY}}{T_Y}, \text{ тонн/день.} \quad (6)$$

Основными параметрами, необходимыми для планирования логистической поддержки, являются среднесуточные объемы генерации ЭБО в районах Q_{RD} и на их участках Q_{PD} . Однако на практике не всегда могут быть известны достоверные данные о годовых объемах генерации ЭБО для городских районов Q_{RY} и, тем более, для участков в районных образованиях Q_{PY} , где планируется размещать ПНП. Результаты статистического анализа показывают, что нецелесообразно использовать имеющиеся сведения об объемах Q_{CYi} ($i \in C$) в отдельном i -ом территориальном образовании с городским статусом в качестве норматива для оценки объемов в других образованиях одного таксономического уровня, так как наблюдаются существенные различия в значениях показателей: $Q_{CYi} \neq Q_{CYi+1}$. Аналогичная ситуация также характерна для образований районного уровня ($Q_{RYi} \neq Q_{RYi+1}$, $i \in R$) и для участков ($Q_{PYi} \neq Q_{PYi+1}$, $i \in P$). При этом на основе результатов статистического анализа данных об объемах генерации ЭБО в различных территориальных образованиях выявлены статистические зависимости между объемами в таксонах смежных уровней в иерархии. С учётом данных зависимостей разработана расчётная методика планирования показателей генерации ЭБО.

На основе результатов корреляционного анализа зависимости объемов генерации отходов по Ханюю и его районам от площади, численности и плотности жителей соответствующих территориальных образований обоснована возможность использования расчётных значений среднесуточного объема генерации ЭБО таксономического образования (например, города Q_{CD}) для определения среднесуточного объема генерации ЭБО каждого нижележащего (входящего в его структуру) таксономического образования (например, района Q_{RD}) с учётом численности проживающего там населения. Для этого данные о среднесуточных объемах в городах Q_{CD} (тонны/день) должны быть преобразованы в удельные показатели, учитывающие численность жителей.

Таким удельным показателем является среднесуточная интенсивность генерации отходов W_{CD} для городской территории, которая рассчитывается через отношение среднесуточного объёма генерации отходов в городе к количеству проживающих там жителей N_C (тыс. чел.):

$$W_{CD} = \frac{Q_{CD}}{N_C}, \text{ кг / чел.} \cdot \text{дн.} \quad (7)$$

Аналогичным образом может быть рассчитана интенсивность генерации ЭБО по каждому i -му району W_{RDi} города:

$$W_{RDi} = \frac{Q_{RDi}}{N_{Ri}}, \text{ кг / чел.} \cdot \text{дн.}, \quad i \in R, \quad (8)$$

где Q_{RDi} – среднесуточный объём генерации отходов на территории i -го района, тонны/день; N_{Ri} – численность жителей i -го района, тыс. чел.; R – множество районов.

В результате проведенных расчётов определены значения объёмов и интенсивностей генерации ЭБО по крупнейшим городам Вьетнама и районам г. Ханоя. Статистический анализ полученных данных показал значительные различия между средними показателями интенсивностей по городам ($W_{KC} = 4,69$) и районам вьетнамской столицы ($W_{KR} = 7,4$).

Кроме того, отмечается более высокий уровень разброса значений для городов, чем для районов. Коэффициент вариации v_C для интенсивности городов находится в зоне со значительной степенью разброса данных (свыше 0,33):

$$v_C = \frac{\sigma_C}{W_{KC}} = \frac{2,26}{4,69} = 0,48. \quad (9)$$

Для районов характерна большая согласованность данного показателя по отдельным районам при невысоком значении коэффициента вариации v_R :

$$v_R = \frac{\sigma_R}{W_{KR}} = \frac{0,93}{7,40} = 0,12. \quad (10)$$

Отмеченные различия между статистическими характеристиками интенсивностей генерации отходов для городов и районов в границах одного города объясняются естественными отличиями между населенными пунктами, например, они отличаются экономическим потенциалом, плотностью застройки, социальным составом населения, плотностью дорожной сети и т.п. Вместе с тем, между районными образованиями в границах одного города таких отличий значительно меньше.

На основе сравнительного анализа статистических характеристик показателей генерации отходов по Ханюю и его районам обоснована возможность использования значения показателей интенсивности генерации отходов вышележащих в иерархии таксонов для определения объёмов генерации в территориальных образованиях, относящихся к смежному нижележащему таксономическому уровню. Например, расчётное значение интенсивности в городе W_{CD} для оценки объёма в районе Q_{RD} , расчётное значение интенсивности в районе W_{RD} для оценки объёма на участке Q_{PD} . Формулы для таких случаев приведены ниже:

$$Q_{RD} = W_{CD} \cdot F_R \cdot P_R, \text{ тонн /} \cdot \text{дн.}, \quad (11)$$

$$Q_{PD} = W_{RD} \cdot F_P \cdot P_P, \text{ тонн /·дн.}, \quad (12)$$

где F_R или F_P – площадь соответствующих района и участка, кв. км; P_R или P_P – плотность населения района и участка соответственно, чел./кв. км.

5. Разработана методика формирования сети пунктов приёма и временного хранения электронных бытовых отходов и математическая модель расчёта оптимальной складской ёмкости данных пунктов, при которой обеспечиваются минимальные совокупные затраты на хранение и вывоз отходов с учётом установленной продолжительности накопления отходов.

Основное требование к организации сети ПНП заключается в обеспечении высокого уровня доступности данных объектов для населения, которая характеризуется расположением ПНП в пределах допустимого значения показателя их удаленности L_P от мест нахождения потенциальных ИГО – жителей населенных пунктов и домохозяйств. Значение показателя L_P определяется с учётом различных факторов, преимущественно социальной природы (в том числе, возрастной состав населения, образ жизни, бюджет свободного времени и пр.). Для оценки предпочтительного значения L_P целесообразно проводить непосредственный опрос ИГО. Значение L_P определяет границы участка (УОП) D_i ($i \in P$), который будет обслуживаться одним пунктом сбора отходов (рисунок 3).

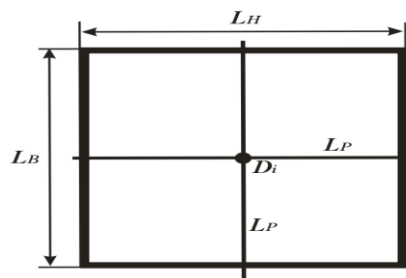


Рисунок 3 - Схематичное изображение границ участка D_i с центром в ПНП
Источник: составлено автором

Каждый УОП является квадратной ячейкой с одинаковыми шириной L_B и высотой L_H и площадью участка F_P :

$$F_P = 4 \cdot L_P^2, \text{ кв. км}, \quad (13)$$

Для формирования сети ПНП населенный пункт разбивается на множество R «характерных районов» таким образом, чтобы все входящие в состав района участки имели одинаковые значения плотности населения P_{Ri} ($i \in R$). Термин «характерный район» говорит о том, что в границах административного района может быть создано несколько «характерных районов». Границы «характерных районов» могут быть установлены по границам административных районов города. Районирование позволяет повысить точность оценки объемов накопления ЭБО на отдельных ПНП, что важно для планирования параметров вывоза отходов на ПНО. На рисунке 4-а – 4-в показана последовательность размещения «характерных районов» и УОП на территории города.

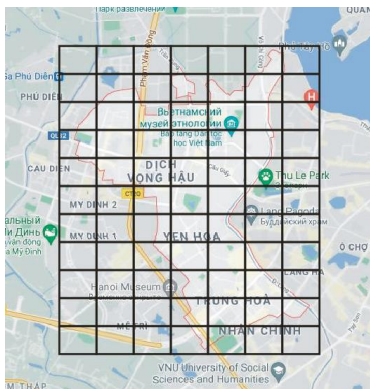


Рисунок 4-а – Разделение на участки

Источник: составлено автором



Рисунок 4-б – Разделение на «характерные районы»

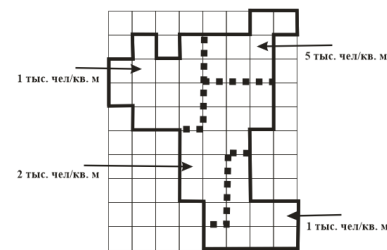


Рисунок 4-в – Группировка участков

Плановое количество УОП в границах территориального объекта (M_P) рассчитывается по формуле:

– для городов M_{PC} :

$$M_{PC} = \frac{F_C}{F_P}, \text{ ед.}, \quad (14)$$

– для района M_{PR} :

$$M_{PR} = \frac{F_R}{F_P}, \text{ ед.} \quad (15)$$

Плановое количество УОП для района ХоангМай составляет:

$$M_{PR} = \frac{F_R}{F_P} = \frac{41}{3,24} = 12,65 \approx 13 \text{ (ед.)}, \quad (16)$$

при $L_P = 0,9$ км, которое было определено на основе данных опроса ИГО, в котором предусматривались варианты с экономическими стимулами.

Для повышения эффективности процесса размещения ПНП рекомендуется применять геоинформационные системы (ГИС, GIS). Незначительные части территории района (слева вверху и справа внизу), площадь которых составляет менее 10% от площадки участков F_P , остались за границами всех участков. Это сделано в целях рационального использования ресурсов на создание и содержание ПНП. Население данных территорий сможет получить обслуживание в ПНП на соседних участках.

Для запланированных ПНП определяется показатель Q_{PD} среднесуточного объема генерации ЭБО в границах участка по формуле (12). Полученные значения Q_{PD} присваиваются всем ПНП, созданным в границах «характерного района». Величина Q_{PD} показывает какой потенциальный объем ЭБО может быть собран на одном ПНП в течение суток при условии, что все ИГО будут направлять отходы на утилизацию через сеть официальных ПНП.

На основе показателя Q_{PD} определяется требуемая складская Q_{PB} ёмкость ПНП для временного хранения принимаемых от населения ЭБО. Минимальная ёмкость ПНП соответствует среднесуточному объёму генерации ($Q_{PB\min} = Q_{PD}$) и

устанавливается при ежедневном вывозе ЭБО, что соответствует величине периода накопления T_W в один день.

Так как каждодневный вывоз небольших партий отходов сопровождается высокими затратами на перевозку S_{TB} , то в целях их снижения можно устанавливать интервалы для вывоза ЭБО с большей продолжительностью ($T_{Wm} \geq 1$). Однако в этом случае потребуется нарастить складскую ёмкость пункта Q_{PB} для хранения запаса ЭБО до размера:

$$Q_{PB} = Q_{PD} \cdot T_{Wm}, \text{ тонн}, \quad (17)$$

что приведёт к увеличению затрат S_{CB} на содержание ПНП.

Расходы S_{CB} на содержание всех инфраструктурных объектов напрямую зависят от их ёмкости Q_{PB} , а расходы на вывоз S_{TB} снижаются по мере увеличения данной ёмкости, поэтому может быть найдено такое значение Q_{PB}^* , при котором суммарные затраты S_{CBT} будут минимальными, а величина ёмкости Q_{PB}^* будет определяться на основе оптимальной продолжительности периода T_W^* .

Затраты S_{CB} на содержание сети ПНП зависят от общей ёмкости пунктов S_{CB} и рассчитываются по формуле:

$$S_{CB} = Q_{PB} \cdot U_{PB} \cdot T_Y = T_W \cdot Q_{PD} \cdot N_P \cdot U_{PB} \cdot T_Y, \text{ руб.}, \quad (18)$$

где U_{PB} – норма затрат на содержание единичной ёмкости ПНП, руб./т·дн.

Затраты S_{CT} на вывоз ЭБО из ПНП на ПНО рассчитываются по формуле:

$$S_{CT} = Q_{CT} \cdot U_T, \text{ руб.}, \quad (19)$$

где Q_{CT} – объём транспортной работы, выполняемой при вывозе планового Q_{CY} количества ЭБО, т·км/год; U_T – норма затрат на единицу выполненной транспортной работы, руб./т·км.

Расчёт транспортных затрат основан на следующих допущениях: все участки в границах района имеют одинаковую площадь F_P , численность N_R и плотность P_R жителей; все ПНП имеют одинаковую ёмкость Q_{PB} ; между всеми ПНП есть транспортные коммуникации, в том числе, через транзитные смежные ПНП; маршруты строятся по кратчайшим расстояниям посредством последовательного заезда транспорта в соседние ПНП. Тогда объём транспортной работы Q_{CTi} , планируемый к вывозу со всех ПНП i -го района в течение года, составит:

$$Q_{CTi} = \sum_{j=1}^{N_M} N_{MTj} \cdot Q_{Mj} \cdot L_{Mj}, \text{ т·км}, \quad (20)$$

где N_{MTj} – общее количество циклов вывоза ЭБО по каждому j -му маршруту в течение плавного периода, ед./год; N_M – общее количество маршрутов, ед.; Q_{Mj} – объём вывозимых ЭБО из всех ПНП, включенных в каждый j -й маршрут i -го района, тонны; L_{Mj} – пробег транспортного средства по j -му маршруту, км.

Объём Q_{Mj} вывозимых ЭБО по каждому отдельному маршруту устанавливается с учётом грузоподъёмности специализированного подвижного состава q_A , используемого на линии. При полном использовании грузоподъёмности подвижного состава: $Q_{Mj} = q_A$.

С учётом преобразований формула для расчёта суммарных затрат на логистическую поддержку процесса утилизации S_{CBT} примет вид:

$$S_{CBT} = T_W \cdot U_{PB} \cdot T_Y \cdot \sum_{i=1}^R (Q_{PDi} \cdot M_{PRi}) + \frac{T_Y \cdot 2 \cdot L_P \cdot q_A \cdot U_T}{T_W} \cdot \sum_{i=1}^R M_{PRi} + \\ + T_Y \cdot U_T \cdot \sum_{i=1}^R (M_{PRi} \cdot Q_{PDi} \cdot L_{Di}) - T_Y \cdot U_T \cdot 2 \cdot L_P \cdot \sum_{i=1}^R (M_{PRi} \cdot Q_{PDi}), \text{ руб.}, \quad (21)$$

где R – количество районов; L_{Di} – самый протяженный путь внутри границ i -го района, км.

Анализ выражения (21) показывает, все показатели, кроме T_W , являются постоянными величинами. Поэтому можно найти такое значение T_W^* , при котором функция затрат на логистическую поддержку S_{CBT} будет минимальна:

$$S_{CBT} \xrightarrow{T_W} \min. \quad (22)$$

Продифференцируем функцию S_{CBT} (21) по T_W , приравняем к полученное выражение нулю и найдем T_W^* :

$$T_W^* = \sqrt{\frac{2 \cdot L_P \cdot q_A \cdot U_T \cdot \sum_{i=1}^R M_{PRi}}{U_{PB} \cdot \sum_{i=1}^R (Q_{PDi} \cdot M_{PRi})}}, \text{ дн. } i = 1, 2, \dots, R. \quad (23)$$

С использованием исходных данных по району ХоангМай определим оптимальный период накопления T_W^* для всех ПНП района:

$$T_{Wj}^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \cdot 5 \cdot 560}{790 \cdot 0,25}} = 5,05 \approx 5 \text{ (дн.)}$$

В расчётах использовались следующие значения показателей: $T_Y = 365$ дн.; $L_P = 0,9$ км; $q_A = 5$ т; $U_T = 560$ руб./т·км; $M_{PR} = 13$ ед.; $U_{PB} = 790$ руб./т·дн.; $Q_{PD} = 0,25$ т/дн.

По формуле (21) суммарные затраты на логистическую поддержку S_{CBT} при $L_D = 8,1$ км для расчётного (оптимального) значения $T_W^* = 5,05$ дн. составят: $S_{CBT} = 13\,653\,238$ руб./год., для округленного значения $T_W = 5$ дн., составят: $S_{CBT} = 13\,653\,738$ руб./год.

Округление вызвало незначительное увеличение затрат – менее 0,01% от затрат по оптимальному варианту. На основе полученных данных построены графики (рисунок 5) изменения затрат на логистическую поддержку (S_{CB} , S_{CT} , S_{CBT}) для различных значений периода накопления T_W – от 1 до 30 дней. График сухарных затрат S_{CBT} имеет минимальное значение при T_W^* .

6. Усовершенствован алгоритм планирования вывоза электронных бытовых отходов на пункты накопления, отличающийся использованием при формировании системы оптимальных маршрутов данных о фактическом уровне заполнения складской ёмкости пунктов приёмки и временного хранения отходов.

Под маршрутом вывоза ЭБО понимается схема движения транспортного средства по улично-дорожной сети населенного пункта, образованная при последовательном посещении всех входящих в маршрут ПНП. Система маршрутов должна быть оптимальной по критерию минимального общего пробега транспортных средств L_M . Графики движения транспортных средств по

маршруту разрабатываются с учётом затрат времени на технологические операции (движение между ПНП, приемка отходов и пр.).

Типовая процедура планирования вывоза ЭБО в населенных пунктах предусматривает определение следующих параметров: периодичности (интервалов) вывоза отходов с учётом циклического характера их накопления; кратчайших маршрутов движения транспортных средств между пунктами приёма и накопления (утилизации) отходов, что обеспечит минимизацию затрат на перевозки; расчёт необходимого количества подвижного состава A_M , достаточного для полного вывоза отходов в объеме Q_{PBi} из каждого ПНП, накопленных в течение оптимального периода T_w^* .

При планировании вывоза ЭБО первый параметр имеет особое значение, так как неправильно назначенные интервалы вывоза могут привести к дефициту свободной ёмкости ПНП и, как следствие, к снижению уровня утилизации отходов. В зависимости от учёта параметра цикличности образования отходов выделяется два базовых подхода (методических принципа) организации их вывоза: 1) «с установленной периодичностью»; 2) «по фактическому заполнению».

Свойство цикличности присуще накоплению для всех видов отходов. Например, в городах ТКО накапливаются регулярно и, как правило, равномерно во всех ПНП, что обусловлено особенностями потребления населением товаров повседневного спроса.

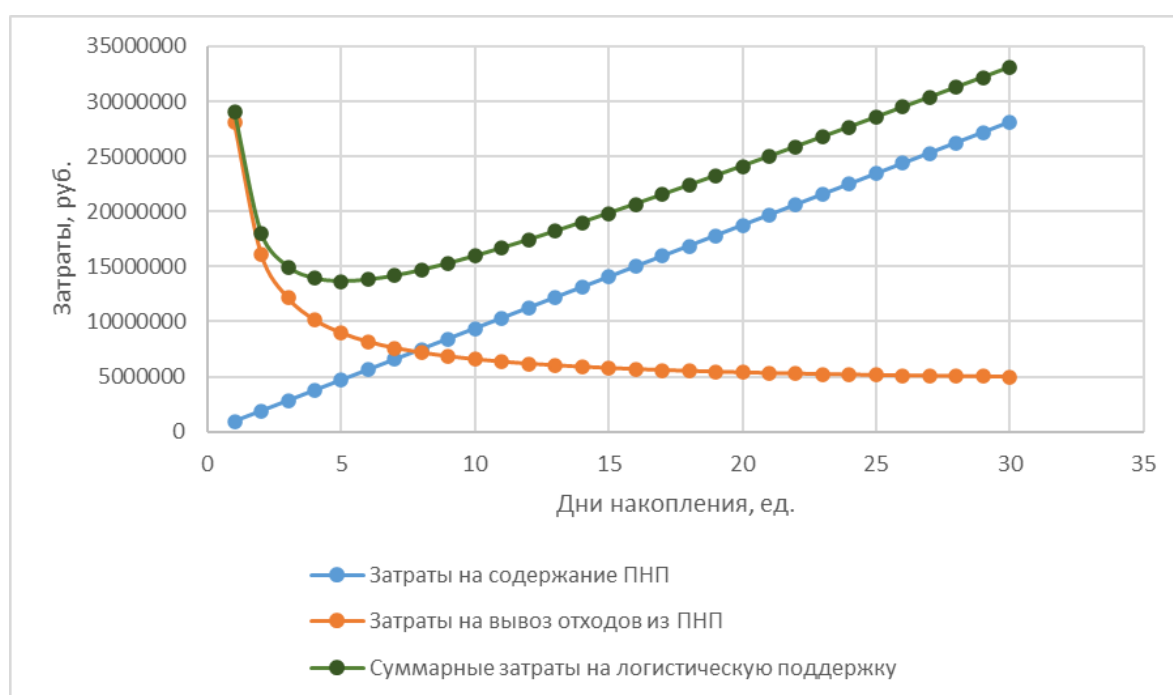


Рисунок 5 - Графики изменения затрат на логистическую поддержку (S_{CB} , S_{CT} , S_{CBT} , руб.) для различных значений периода накопления T_w (дни)
 Источник: расчёты автора.

Поэтому вывоз ТКО, особенно в крупных городах, осуществляется по принципу «с установленной периодичностью», как правило, ежедневно с охватом маршрутной сетью всех ПНП каждого района.

Однако для ЭБО характерна цикличность с менее выраженными регулярностью и равномерностью накопления объёма. Фактические значения параметров генерации ЭБО определяются надёжностью функционирования электронных изделий, отказы которых происходят, как правило, случайным образом. Поэтому даже при известных значениях интенсивности генерации ЭБО сложно прогнозировать момент выхода каждого электронного изделия из строя и поступления в конкретный ПНП. Данное обстоятельство означает, что если планировать вывоз ЭБО по принципу «с установленной периодичностью» с интервалами T_w^* , то складская ёмкость у отдельных ПНП может быть исчерпана досрочно. Тогда при исчерпании складской ёмкости ПНП не смогут принимать ЭБО, что недопустимо.

Для исключения подобных нежелательных ситуаций предлагается планировать вывоз ЭБО «по фактическому заполнению» складской ёмкости ПНП. Данный методический принцип допускает формирование маршрутов вывоза отходов для отдельных дней внутри периода T_w^* , когда фактически накопленный объём отходов Q_{PW} в отдельных ПНП достигнет установленной нормы Q_{PB} вывоза (предельной ёмкости пункта), рассчитанной по формуле (17) с учётом продолжительности T_w^* :

$$Q_{PW} = Q_{PB}. \quad (24)$$

Предлагается следующий алгоритм планирования вывоза ЭБО «по фактическому заполнению» ёмкости ПНП с минимальным общим пробегом транспортных средств L_M :

- 1) формирования перечня ПНП для предстоящего планового вывоза ЭБО;
- 2) формирование матрицы кратчайших расстояний между всеми ПНП и ПНО;
- 3) формирование системы оптимальных маршрутов по критерию минимального суммарного пробега;
- 4) расчёт необходимого количества единиц подвижного состава для обслуживания всех маршрутов в течение суток.

Для своевременного вывоза отходов в каждом ПНП должен осуществляться мониторинг текущего уровня заполнения складской ёмкости. Пункты, для которых выполняется условие (24), включаются в план для предстоящего вывоза. Для реализации данного подхода проведен численный эксперимент для ПНП в районе ХоангМай, которые будут размещены на D_i участках (один участок – один ПНП). При среднесуточном объёме генерации отходов $Q_{PDj} = 0,25$ т/дн. и оптимальном периоде накопления $T_w^* = 5$ дней складская ёмкость каждого пункта составит $Q_{PW} = 1,25$ т. При помощи программного модуля «генерация случайных чисел» MS Excel для каждого t -го дня планового периода $T_D = T_w^*$ смоделировано распределение ПНП, в которых фактической уровень Q_{PWt} накопленных отходов достигает установленной предельной Q_{PB} ёмкости пунктов. План вывоза отходов по всем участкам D_i для каждого t -го дня периода T_D , а также количество N_{PDt} участков, из которых будет осуществляться вывоз ЭБО в t -ый день планового периода T_D показаны в тал. 2.

Объём накопленных отходов Q_{PWt} в каждый T_{Dt} день составит:

$$Q_{PWt} = Q_{PW} \cdot N_{PDt}, \text{ тонн,} \quad t \in T_D \quad (25)$$

а за весь период T_D совокупный объём вывоза Q_{RW} по всем участкам района составит:

$$Q_{RW} = \sum_{t=1}^n Q_{PWt}, \text{ тонн, } n = 1, 2, \dots, T_D. \quad (26)$$

Таблица 2 – План вывоза отходов из участков D_i по дням периода T_D

T_{Dt}	D_i													Q_{PWt} , тонн	N_{PDt} , ед.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,25	1
2	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3,75	3
4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3,75	3
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2,5	2
Всего	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16,25	13

Источник: расчёты автора.

Матрица кратчайших расстояний между всеми ПНП и ПНО разрабатывается с учётом фактических данных ГИС-систем о местах размещения этих объектов и конфигурации транспортной сети. Для формирования оптимальных маршрутов использовались стандартные математические методы, разработанные для «задачи коммивояжера» («Travelling salesman problem»), например, эволюционный алгоритм, который реализован в программном модуле «Поиск решения» MS Excel.

При планировании вывоза «по фактическому заполнению» разрабатывается система «локальных» маршрутов, которые соединяют ПНО только с теми ПНП, в которых фактический объём накопления Q_{PW} достиг предельного значения по условию (24). Общее количество N_{MZ} «локальных» маршрутов находится в диапазоне от 1 до T_D и соответствует числу дней, в которые осуществляется вывоз ЭБО. На основе данных о днях фактического накопления отходов (табл. 2) разработаны пять «локальных маршрутов». Последовательность посещения ПНП определялась по кратчайшим расстояниям.

Объём транспортной работы Q_{TZ} на вывоз ЭБО по z -му количеству локальных маршрутов ($z = 1, 2, \dots, N_{MZ}$) с протяженностью L_{Mz} и с объемами вывоза Q_{PWz} при общем количестве циклов N_{MT} объезда всех маршрутов в течение года определяется по формуле:

$$Q_{TZ} = N_{MT} \cdot \sum_{z=1}^m (Q_{PWz} \cdot L_{Mz}), \text{ Т·км,} \quad (27)$$

В формуле (27) объём транспортной работы определяется как произведение суммарного объёма Q_{PWt} вывозимых отходов из всех ПНП каждого маршрута на длину маршрута L_{Mt} , а не как сумма произведений объёмов, вывозимых из отдельных ПНП, на длину соответствующих участков маршрута, так как работа транспортного средства оплачивается независимо от степени его заполнения.

Затраты S_{RTz} на вывоз вычисляются по формуле:

$$S_{TZ} = Q_{TZ} \cdot U_T, \text{ руб.} \quad (28)$$

Объем транспортной работы на вывоз ЭБО по пяти локальным маршрутам составит $Q_{TZ} = 42\,549,9$ т·км, а затраты на вывоз – $S_{TZ} = 23\,827\,930$ руб.

Количество A_{Mt} транспортных средств, необходимых для вывоза отходов в каждый t -й день определяется с учётом грузоподъемности машин, ежедневной продолжительности их работы T_H на маршрутах, протяженности локальных маршрутов L_{Mz} , средней эксплуатационной скорости V_E движения (с задержками, остановками и простоями). Если общее время работы транспорта T_{Mt} на обслуживание всех локальных маршрутов в t -й день превышает допустимую продолжительность T_H , что потребуются использовать несколько единиц A_{Mt} подвижного состава:

$$A_{Mt} = \frac{T_{Mt}}{T_H}, \text{ ед.} \quad (29)$$

Для расчётов значения эксплуатационных показателей установлены на основе данных транспортных компаний, осуществляющих вывоз бытовых ТКО в Ханое: $V_E = 18$ км/ч; $T_H = 9,5$ час. Для обслуживания всех «локальных» маршрутов в границах района ХоангМай в течение каждого дня периода T_D будет достаточно одного транспортного средства.

Для оценки эффективности вывоза «по фактическому заполнению» полученные результаты сравнивались с показателями вывоза ЭБО по принципу «с установленной периодичностью». Данный подход предусматривает разработку одного «глобального» маршрута для сбора накопившихся ЭБО из всех ПНП в последний день периода T_D . Затраты на перевозку по «глобальному» маршруту составят $S_{TG} = 23\,655\,723$ руб., по субмаршрутам $S_{TGs} = 24\,895\,920$ руб. Для смоделированных условий при планировании вывоза с «установленной периодичностью» средняя продолжительность дефицита складской ёмкости на одном ПНП составила 1,9 дня, а доля непринятых на утилизацию ЭБО составит 38,5% от общего объема генерации.

Сравнение полученных результатов показывает, что транспортные затраты на обслуживание «локальных» маршрутов (S_{TZ}) и «глобального» маршрута (S_{TG}) находятся на одном уровне с разницей 172 207 рублей (менее 1%). При этом затраты на «локальные» маршруты на 4,2% меньше затрат на обслуживание «субмаршрутов» (S_{TGs}):

$$\Delta S_{RTs} = 24\,895\,920 - 23\,827\,930 = 1\,067\,990 \text{ руб.}, \quad (30)$$

что свидетельствует о внутренней эффективности предложенной модели вывоза отходов «по фактическому заполнению».

Также стоит отметить, что система «локальных» маршрутов обеспечивает не только внутреннюю эффективность логистической поддержки в виде экономии транспортных затрат: $\Delta S_W = 0,042$. Не менее важным является повышение внешней эффективности логистической поддержки в виде исключения дефицита T_{PU} ёмкости ПНП за счёт организации вывоза «по фактическому заполнению» при использовании «локальных» маршрутов: $\Delta E_W = 0,385$.

III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В исследовании выявлены структурные и функциональные особенности организационно-экономического механизма логистической поддержки процесса утилизации ЭБО, с учётом которых на примере Вьетнама предложено расширение состава участников данного механизма, в том числе за счёт государственных органов, которые будут нормировать уровень логистических затрат на накопление и вывоз ЭБО, планировать меры экономического стимулирования и выделять средства для компенсации затрат на логистическую поддержку.

2. Повышение эффективности логистической поддержки заключается в увеличении объемов ЭБО, поступающих на утилизацию по официальным каналам, а также в снижении затрат на сбор и вывоз ЭБО на специальные объекты для утилизации. Для измерения полученных эффектов предложены математические выражения, отражающие динамику показателей внутренней и внешней эффективности.

3. Процесс утилизации электронных бытовых отходов сопровождается активным взаимодействием органов публичной власти (государственных и муниципальных), коммерческих структур и населения. Для высокой эффективности и безопасности процесса утилизации такое взаимодействие должно предусматривать процедуры установления мер экономического стимулирования участников данного процесса, конкурентного отбора логистических компаний для организации сбора и вывоз отходов, контролирования объемов и качества выполненных услуг.

4. Для планирования объемов логистической поддержки необходимо использовать данные об объемах генерации электронных бытовых отходов в границах соответствующих административно-территориальных образований. Для случая, когда для районов городов и участков районов статистические сведения о таких объемах отсутствуют, предлагается определять объёмы генерации расчётным путём с использованием показателей интенсивности генерации отходов и численности проживающего в районе или на участке населения. Данное предложение основано на установленных зависимостях между указанными показателями.

5. Разработана методика формирования сети пунктов приёма и временного хранения ЭБО и математическая модель расчёта оптимальной складской ёмкости данных пунктов, использование которых позволяет обеспечить высокий уровень доступности данных объектов для населения при оптимальных затратах на содержание ПНП и вывоз отходов. Показатель плотности размещения ПНП предложен в качестве норматива обеспеченности территориальных образований инфраструктурой для сбора ЭБО. На примере города Ханоя разработана сеть ПНП для района Хоанг Май, учитывающая характерные особенности данной территории, в том числе, наличия транспортных коммуникаций и др. Для условий района Хоанг Май г. Ханой минимальные суммарные затраты на логистическую поддержку в размере 13 653 738 руб./год достигаются при пятидневном периоде накопления ЭБО для всех ПНП.

6. Разработана методика планирования вывоза электронных бытовых отходов из ПНП по фактическому уровню заполнения их складской ёмкости. Данная методика предусматривает включение в маршруты для заезда транспортных средств только тех пунктов, в которых накопленный объем отходов достиг предельного объёма хранения. Использование методики обеспечивает снижение затрат на работу транспорта при посещении пунктов с незаполненной емкостью, а также позволяет исключить ситуации отказа в приёме отходов в переполненных пунктах. Эффект составил 1 067 990, рублей, что на 4,2 % меньше затрат на организацию вывоза отходов по методике «установленной периодичностью».

Результаты исследования рекомендуется использовать для совершенствования организационно-экономических механизмов логистической поддержки процесса утилизации ЭБО, в том числе, для корректировки системы и структуры участников и выполняемых ими функций, уточнения полномочий компетентных государственных органов по нормированию расходов на сбор и вывоз ЭБО.

Использование представленных в работе рекомендаций по формированию ОЭМЛП будет способствовать достижению целей устойчивого развития в результате рециклинга ЭБО и минимизации объемов их захоронения; повышения показателей утилизации за счёт создания удобной для населения инфраструктуры сбора ЭБО; организация надлежащего администрирования и контроля расходования финансовых средств на логистическую поддержку процесса утилизации ЭБО; снижения негативного воздействия ЭБО на окружающую среду.

IV. СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи, опубликованные в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК:

1. Нгуен, Т. Т. Х. Совершенствование организационных и экономических условий осуществления логистической поддержки процесса утилизации электронных бытовых отходов / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : электронный // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 1 – С. 333-348. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48019684&> (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,94 печ. л. – 0,47 авт. печ. л.

2. Нгуен, Т. Т. Х. Анализ глобальных цепочек поставок электронных товаров / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : непосредственный // Лизинг. – 2021. – № 1. – С. 64-75. – 1,47 печ. л. – 0,74 авт. печ. л.

3. Нгуен, Т. Т. Х. Планирование логистической поддержки утилизации бытовых электронных отходов / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : непосредственный // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы, решения» – 2021. – Т. 1, № 9. – С. 79-84. – 0,75 печ. л. – 0,38 авт. печ. л.

4. Нгуен, Т. Т. Х. Анализ текущей ситуации с переработкой отходов электрического и электронного оборудования во Вьетнаме / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : непосредственный // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы, решения» – 2021. – Т. 2, № 4. – С. 137-145. – 1,13 печ. л. – 0,57 авт. печ. л.

5. Нгуен, Т. Т. Х. Электронная промышленность и правовые нормы по обращению с электронными отходами / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : электронный // Экономические отношения. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 163-182. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45625186> (дата обращения: 28.10.2021). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 1,15 печ. л. – 0,57 авт. печ. л.

6. Нгуен, Т. Т. Х. Модель обратной цепочки поставок при обращении с электронными отходами / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : электронный // Экономические отношения. – 2020. – Т. 10, № 4 – С. 1541-1554. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44491665> (дата обращения: 28.10.2021). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,86 печ. л.

7. Нгуен, Т. Т. Х. Текущая ситуация по обращению с производственными и бытовыми отходами во Вьетнаме и других странах мира / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : непосредственный // Научно-практический журнал «Экономика и управление: проблемы, решения» – 2020. – Т. 1 (103), № 9. – С. 146-151. – 0,75 печ. л.

8. Нгуен, Т. Т. Х. Рынок переработки отходов во Вьетнаме и поддержка логистической деятельности в процессе утилизации отходов / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : непосредственный // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 4. – С. 259-264. – 0,75 печ. л.

Библиографическая и реферативная база данных Scopus:

9. Huong, N. T. T. Modeling The Capacity Of Collection Points For Electronic Household Waste In Cities / D. V. Kapski, O. N. Larin, N. T. T. Huong. – Текст : непосредственный // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physics and Mathematics Series. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 120-128. – 1,05 печ. л. – 0,35 авт. печ. л.

Статьи, опубликованные в других научных изданиях и журналах:

10. Нгуен, Т. Т. Х. Роль маркетинга в поддержке обращения с бытовыми и производственными отходами / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : непосредственный // XXXIV Международные Плехановские чтения. 25 марта 2021 г. : сб. ст. аспирантов и молодых ученых. – М. : РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2021. – С. 350-353. – 0,23 печ. л.

11. Нгуен, Т. Т. Х. Возможности обратной логистики в цепочке поставок электронной продукции во Вьетнаме / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : электронный // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сб. науч. ст. III междунар. науч. конф. 30-31 марта 2021 г. – Казань : Конверт, 2021. – С. 245-248. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45746491> (дата обращения: 28.10.2021). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,21 печ. л.

12. Нгуен, Т. Т. Х. Развитие цифровых технологий в банковском деле, финансах и логистике во Вьетнаме / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : непосредственный // Современные финансовые рынки в условиях новой экономики: матер. Междунар. науч.-практ. конф. 22 янв. 2021 г. – М. : Конверт, 2021. – С. 69-73. – 0,31 печ. л.

13. Нгуен, Т. Т. Х. Переработка в системах утилизации электронных отходов с точки зрения технологий цифровой экономики / Т. Т. Х. Нгуен, О. Н. Ларин. – Текст : непосредственный // Экономическое развитие в XXI веке: тенденции, вызовы и перспективы : сб. науч. трудов IX Междунар. науч.-практ. конф. «Горизонты России», 23 апр. 2021 г. – М. : РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2021. – С. 140–144. – 0,29 печ. л. – 0,15 авт. печ. л.

14. Нгуен, Т. Т. Х. Применение обратной логистики в процессе переработки отходов / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : электронный // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. : сб. ст. – М. : КДУ, Добросвет, 2020. – С. 247-252. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43912271> (дата обращения: 28.10.2021). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,20 печ. л.

15. Нгуен, Т. Т. Х. Развитие логистических услуг во Вьетнаме / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : непосредственный // XXXII Международные Плехановские чтения. 16 апр. 2019 г.: сб. ст. аспирантов и молодых ученых. – М. : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2019. – С. 324-328. – 0,29 печ. л.

16. Нгуен, Т. Т. Х. Применение новых технологий для обработки пластиковых отходов на производстве во Вьетнаме / Т. Т. Х. Нгуен. – Текст : электронный // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сб. науч. ст. VIII междунар. науч. конф., 30 сент. 2019 г. – Казань : Конверт, 2019. – С. 253-255. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41352599> (дата обращения: 28.10.2021). – Режим доступа: Науч. электрон. б-ка eLIBRARY.RU. – 0,12 печ. л.