

*На правах рукописи*



**Байрак Анастасия Николаевна**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РЕЦИКЛИНГА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ  
(на материалах г. Новосибирска)**

Специальность: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,  
комплексными – промышленность)

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

Барнаул – 2022

Работа выполнена на кафедре менеджмента, организации бизнеса и инноваций  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

**Научный руководитель:** Доктор экономических наук, доцент  
**Воронкова Ольга Юрьевна,**  
профессор кафедры менеджмента,  
организации бизнеса и инноваций  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный  
университет

**Официальные оппоненты:** Доктор экономических наук, доцент  
**Филатов Владимир Владимирович,**  
профессор кафедры таможенной и  
товароведческой экспертизы  
ФГБОУ ВО «Московский государственный  
университет пищевых производств»

Доктор экономических наук, доцент  
**Тагаева Татьяна Олеговна,**  
профессор кафедры экономической теории  
ФГБОУ ВО «Новосибирский  
государственный университет»

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Алтайский государственный  
технический университет  
им. И.И. Ползунова»

Защита состоится «20» сентября 2022 г. в 13:00 на заседании  
диссертационного совета Д 212.005.11 при ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный университет» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина 61, ауд.  
416.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО  
«Алтайский государственный университет»:

[https://www.asu.ru/science/dissert/econom\\_diss/kand\\_diss/diss\\_asuz/diss\\_asu1/](https://www.asu.ru/science/dissert/econom_diss/kand_diss/diss_asuz/diss_asu1/)

Автореферат разослан « »

2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Рудакова Татьяна Алексеевна

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Следование концепции устойчивого развития стимулировало поиск решений экологических проблем в Российской Федерации, в том числе модернизацию сферы управления бытовыми отходами. Но за три года произошли незначительные изменения: основная часть бытовых отходов также отправляется на полигоны (по факту санкционированные свалки), перерабатывается только 11% от их общего объема. Одним из решений в сокращении объемов бытовых отходов является строительство заводов, сжигающих отходы (в рамках федерального проекта «Чистая страна»). Сжигание мусора (при строгом соблюдении технологии очистки выбросов) по сравнению с захоронением на полигонах более прогрессивное решение проблемы утилизации отходов, чем захоронение на полигонах, так как позволяет получить тепловую и электрическую энергию. Ещё более прогрессивным решением является переработка отходов – рециклинг, поскольку он позволяет извлекать максимальный объем экономически привлекательных компонентов и вовлекать вторичное сырье в производство новых товаров, сокращает объем захоронения твердых коммунальных отходов.

К экологическим проблемам России, кроме всего прочего, относится существующая система обращения с отходами производства и потребления: в частности, низкий уровень раздельного сбора коммунальных отходов, переполненные полигоны, регулярно возникающие стихийные свалки, замусоривание рек и лесов. По результатам мониторинга Счетной палаты РФ, территории размещения отходов занимают около 4 млн га, ежегодно эта цифра увеличивается на 300–400 тыс. га. Общий объем накопленных отходов – 90 млрд тонн, с ежегодным увеличением на 5 млрд тонн, из них 91% – отходы добычи полезных ископаемых, 6,7% – отходы металлургии, строительства, химического производства, производства и распределения электроэнергии, газа и воды, 2,3% – прочие и бытовые отходы. Из всего объема перерабатывается менее 40% промышленных и до 10% бытовых отходов.

В Новосибирске ежегодно образуется 1 млн тонн отходов, полигоны твердых коммунальных отходов переполнены. Для реализации федеральной программы «Комплексная система обращения с ТКО» необходимо создание новых полигонов, но с 2016 года поиск почти каждой новой площадки затруднен общественным противостоянием. В 2021 году новосибирский региональный оператор заявил о самобанкротстве, а на ликвидацию несанкционированных свалок ежегодно расходуется около 20 млн руб. из бюджета города. При этом в Новосибирске большое число перерабатывающих производств, испытывающих дефицит сырья.

### **Степень научной разработанности проблемы**

*Комплексное развитие рециклинга* в своих трудах рассматривали В.Д. Баширов, Е.П. Волынкина, В.А. Горбанев, В.Н. Григорьев, О.С. Кусраева, В.В. Лавров, К.В. Николаева, А.З. Ощепкова, В.А. Тараканов, Р.С. Фесенко, Л.Я. Шубов, В.В. Филатов, В.А. Горин, И.М. Рукина, Э.А. Арустамов, Л.А. Кормишкина.

*Проблемам оценки устойчивого развития* посвящены труды российских ученых Т.С. Хачатурова, Д.С. Львова, В.И. Данилова-Данильяна, В.И. Вернадского, К.В. Паленова, С.Н. Бобылева, А.Л. Боброва, Н.В. Зубаревич, О.Е. Медведевой, Р.А. Перелета, И.М. Потравного, Е.В. Рюминой, И.П. Глазыриной, В.М. Захарова, Г.А. Моткина, Н.Ф. Реймерса, И.Г. Гусевой, С.В. Соловьевой, Г.В. Сафонова, А.В. Стеценко и других.

Совершенствование *системы обращения с отходами* в РФ представлено в работах Т.О. Тагаевой, В.М. Гильмундинова, В.А. Тараканова, Л.Я.Шубова, В.А. Григорьева и др.

*Теория устойчивого развития* разработана такими зарубежными учеными, как К. Лоренц, Г.Х. Брундтланд, Д. Медоуз, М. Гамильтон, К. Гриффин и другими; в области *экологической экономики* наиболее интересны работы Дж. Диксона, Т. Титенберга, М. Вакернагела.

**Целью диссертационного исследования** является уточнение теоретических положений и разработка практических рекомендаций по повышению эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд научно-исследовательских задач:

- усовершенствовать организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга;
- уточнить методику тарифного регулирования услуги по вывозу твердых коммунальных отходов путем корректировки нормы их накопления и фактического объема;
- разработать алгоритм согласованности действий всех заинтересованных сторон (стейкхолдеров) как элемента повышения эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов;
- оценить результативность внедрения предложенного механизма совершенствования рециклинга твердых коммунальных отходов;
- оптимизировать производственные процессы предприятия переработки с внедрением принципов бережливого производства.

**Объект исследования** – предприятия, занятые переработкой бытовых отходов в РФ

**Предмет исследования** – совокупность организационно-экономических отношений участников процессов рециклинга.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность)»:

1.1.1. Разработка новых и адаптация существующих методов, механизмов и инструментов функционирования экономики, организации и управления хозяйственными образованиями в промышленности;

1.1.2. Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий;

1.1.4. Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах;

1.1.13. Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов.

**Теоретическая и методологическая основа** диссертационной работы представлена научными исследованиями отечественных и зарубежных ученых в области институциональной экономики, а также теория экстерналий, теория экономического роста и социального развития, теория устойчивого развития, концепция загрязнения окружающей среды.

Методологической основой диссертации являются системный подход, методы научной абстракции, логического моделирования и экспертных оценок.

Кроме того, в процессе исследования использовались законы РФ, постановления Правительства РФ, справочные, нормативные и иные материалы.

**Научные результаты, выносимые на защиту,** заключаются в разработке методических положений и практических рекомендаций по повышению эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов.

К наиболее важным результатам, которые представляют научную новизну исследования, можно отнести следующие:

1. Усовершенствован организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга, позволяющий в относительно короткий срок оптимизировать процесс рециклинга твердых коммунальных отходов посредством уточненного тарифного регулирования и включения некоммерческого сектора с целью повышения вовлеченности потребителей в процессы накопления и подготовки вторичных ресурсов.
2. Усовершенствована методика тарифного регулирования услуги по вывозу твердых коммунальных отходов путем корректировки нормы их накопления и фактического объема, уменьшенного на объем отобранных вторичных ресурсов, а также направленных на промышленную переработку. Регулирование тарифа предполагается на основе данных предлагаемого программного продукта «Втор Ресурс», позволяющего в реальном времени отслеживать динамику накопления и движения вторичных ресурсов, составлять оптимальные логистические маршруты вывоза вторичного сырья и определять картографию их накопления в целях использования в стратегии развития перерабатывающих предприятий и муниципалитетов.
3. Разработан алгоритм согласованности действий стейкхолдеров как элемент повышения эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов через обоснование роли, функции и мотивации каждого участника с целью координации и сбалансированности их действий по развитию рециклинга.
4. Представлена оценка результативности предложенного механизма совершенствования рециклинга твердых коммунальных отходов, основанная на рекомендациях для перерабатывающих предприятий по внедрению принципов бережливого производства, а также рассчитан экономический эффект отдельного накопления твердых коммунальных отходов для потребителей на примере типового многоквартирного дома и города Новосибирска в целом.
5. Обоснованы направления оптимизации и рассчитана эффективность производственных процессов предприятия переработки с внедрением принципов бережливого производства и обеспечением стабильных поставок сырья путем расширения сети мобильных пунктов приема вторичных ресурсов, применения программного комплекса «Втор Ресурс», взаимодействия с общественными организациями и муниципалитетами с целью вовлечения потребителей в систему накопления отходов через механизм тарифного регулирования и возможностью получать ими оплату на счет управляющей компании за качественно подготовленные к переработке отходы.

**Практическая значимость исследования** заключается в возможности использования инструментов и методов, а также рекомендаций, представленных в исследовании в прикладном аспекте с целью достижения совершенствования процессов рециклинга твердых коммунальных отходов в Новосибирске и Российской Федерации в целом. Обоснованы стратегические процессы, обеспечивающие повышение эффективности производственных процессов рециклинга твердых

коммунальных отходов, что дает возможность повысить результативность производства в данной сфере.

#### **Использование результатов исследования**

Теоретические и прикладные материалы диссертационного исследования применяются в производственных процессах ООО «Экорекс», предприятия рециклинга твердых коммунальных отходов в Новосибирске, предложения частично включены Департаментом энергетики, жилищного и коммунального хозяйства города в стратегию развития, также положения используются в учебном процессе Алтайского государственного университета, Сибирского университета потребительской кооперации (СибУПК) по направлениям «Экономика» и «Менеджмент», в учебных дисциплинах «Институциональная экономика» и «Бережливое производство», что подтверждено справками о внедрении результатов исследования.

#### **Апробация работы**

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях «Инновационная наука и современное общество» (Уфа, 2013), «Социальное партнерство как фактор развития инфраструктурных отраслей экономики России» (Новосибирск, 2013), «Эволюция государственной политики в контексте современного неоиндустриального развития России» (Новосибирск, 2014), «Конкурентный потенциал развития России в условиях нового технологического уклада» (Новосибирск, 2015), «Человек и общество в системе научных парадигм» (Уфа, 2015); III форуме аспирантов «Я выбираю науку!» (Барнаул, 2021); всероссийских конференциях преподавателей и научных работников технических вузов «Человеческий капитал как фактор инновационного развития России» (Новосибирск, 2014); «Великие реформаторы и российские реформы» (Новосибирск, 2013), Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2020); XXI Всероссийской научно-технической конференции «Наука. Промышленность. Оборона-2020» (Новосибирск, 2020); VII Всероссийской конференции «Трансформация российской национальной экономической системы» (Новосибирск, 2012) и др.

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы нашли отражение в полном объеме в 21 публикации общим объемом 5,05 п.л., авторским объемом – 4,67 п.л., из них пять статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

## II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Структура диссертации:

Введение

1. Современные проблемы переработки твердых коммунальных отходов.
  - 1.1. Теоретические и методологические основы рационального использования вторичных ресурсов.
  - 1.2. Институциональный подход к определению рециклинга.
  - 1.3. Наилучшие практики в сфере управления твердыми коммунальными отходами в мире, история развития бережливого производства.
2. Управление системой рециклинга в Российской Федерации.
  - 2.1. Государственное регулирование системы обращения с твердыми коммунальными отходами.
  - 2.2. Оценка производственных возможностей предприятий отрасли.
  - 2.3. Алгоритм согласования действий стейкхолдеров как элемент повышения эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов.
3. Совершенствование процессов рециклинга в Российской Федерации.
  - 3.1. Организация повышения эффективности рециклинга.
  - 3.2. Рекомендации по внедрению бережливого производства компаниям рециклинга в Новосибирске.
  - 3.3. Расчет ожидаемых экономических эффектов от внедрения механизма совершенствования рециклинга твердых коммунальных отходов в Новосибирске.

Заключение

Список литературы

1. ***Усовершенствован организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга, позволяющий в относительно короткий срок повысить эффективность рециклинга твердых коммунальных отходов (ТКО) благодаря включению в механизм некоммерческого сектора для повышения вовлеченности потребителей в процессы сортировки и подготовки вторичных ресурсов.***

Детерминирующим фактором успешного функционирования рециклинга является наличие налаженной системы раздельного сбора отходов (согласно методическим рекомендациям Минприроды России от 26.10.2020 стоит использовать термин «раздельное накопление отходов», но здесь и далее мы применяем наиболее устоявшееся понятие «раздельный сбор»). Существует три системы сортировки отходов: 1) у населения в местах образования; 2) коммерческие отходы (более однородные по составу, так как в основном это отходы упаковки); 3) сортировка на перерабатывающих предприятиях. После сортировки отходов у домохозяйств всегда требуется технологическая досортировка, так как в основном население распределяет отходы на две-три категории, чаще всего на «сухие» и «влажные». В диссертации предложена система разделения на следующие категории: вторичное сырье, органика, другое. Коммерческие – отходы нежилого сектора (школы, офисы, рынки, магазины и др.) характеризуются высокой однородностью, их досортировка требует меньших технологических усилий. Сортировка на мусороперерабатывающих заводах наименее эффективна из всех способов, так как при транспортировке смесь прессуется в мусоровозах, что приводит в негодность большой объем вторичных ресурсов (бумага, стекло).

Для повышения эффективности рециклинга ТКО в Российской Федерации предлагается проект, инициатором которого выступает субъект Федерации (регион).

Суть проекта заключается в сборе вторичного сырья (бумага, металл, пластик, стекло) в местах образования: в товариществах собственников жилья (ТСЖ) или управляющих компаниях (УК), коммерческом секторе, ритейле, государственных учреждениях. Относительно небольшие партии накопленного сырья собираются представителями переработчика по заявке или по графику (например, раз в неделю/две), в процесс приемки включена обязательная процедура оценки подготовленных вторичных ресурсов и отказ в приемке при несоответствии предъявляемым требованиям по «чистоте» партии. Далее партии по оптимально составленным логистическим маршрутам поступают на производство для изготовления промежуточного и (или) конечного продукта с их дальнейшей реализацией на рынке товаров и услуг.

Обязательным условием проекта является участие представителей некоммерческого сектора (НКО), деятельность которых связана с экологическим просвещением. Предприятия-переработчики формируют запрос на вторичное сырье (объем, чистота, маркировка). Представители НКО проводят разъяснительную работу с населением и представителями ТСЖ, коммерческого сектора, государственных учреждений: организуют встречи и акции, оказывают информационную поддержку, разрабатывают методические материалы. Сбор и накопление вторичных ресурсов происходит либо в специальном помещении многоквартирного дома, либо непосредственно в квартирах. Вывоз партий происходит по графику один в неделю или два раза в месяц, в зависимости от объемов. Например, экологические акции по сбору вторичного сырья в Новосибирске проходят раз в месяц.

Вывозом сырья, минуя сортировочные площадки, занимаются компании-переработчики. Необходимости в досортировке нет, так как предприятия предъявляют четкие требования к маркировке и чистоте материалов. Квалифицированный сотрудник компании проверяет партию на соответствие требованиям, а в случае выявления нарушений отказывает в вывозе, оформив соответствующий документ.

Накопленное сырье продается по рыночным ценам предприятиям-переработчикам, оплата в зависимости от договоренностей может происходить раз в полгода, так как вырученные средства аккумулируются на специальных счетах и по решению собственников направляются на благоустройство или другие эколого-ориентированные инициативы. В течение года фиксируется объем вывозимых ТКО и вторичных материалов, корректируются нормы накопления и вводится специальный тариф на услугу по вывозу данных отходов для участников проекта.

Освободить участников от оплаты услуги за вывоз отходов невозможно, так как потенциально пригодных для рециклинга материалов из ТКО, по разным оценкам, не более 58%. Механизмов, обязывающих население разделять отходы, в РФ не существует, следовательно, объем смешанной части может увеличиться из-за оппортунистического поведения потребителей, так как предполагается добровольное участие в проекте. Вывозимые на полигон ТКО сортируют на станциях сортировки при полигоне, выбранное вторичное сырье отправляют на переработку. При внедрении технологий сбора метана он может быть реализован как товар, что повышает общую эффективность рециклинга. На рисунке 1 представлен механизм повышения рециклинга ТКО: к существующим процессам (переработка вторичного сырья, взаимодействия регионального оператора с потребителями и др.) добавлено придомовое раздельное накопление вторичных ресурсов, участие некоммерческого сектора, продажа сырья и направление вырученных средств на реализацию проектов по благоустройству, специальный тариф для участников проекта внедрения.



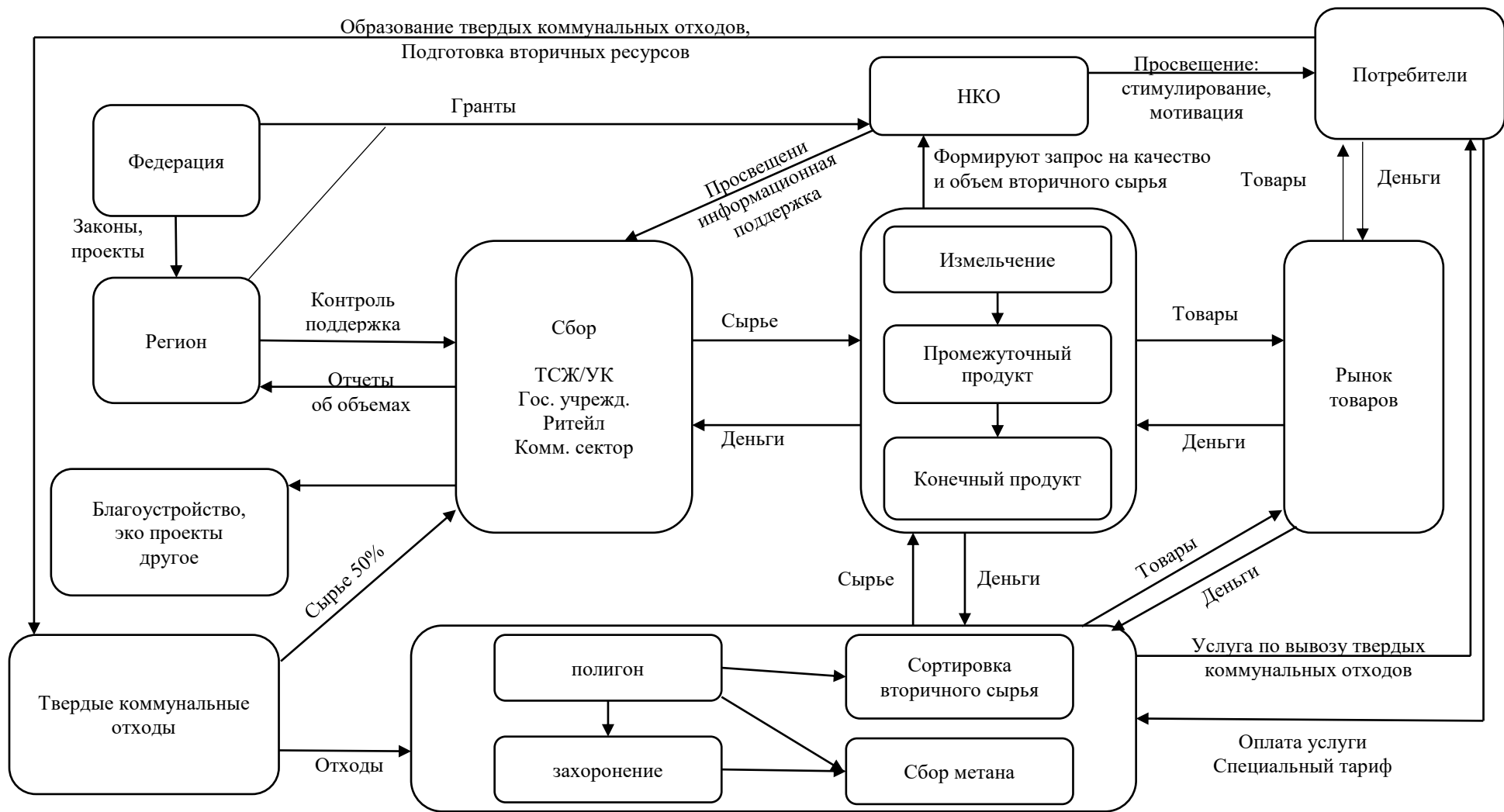


Рисунок 1 – Организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга

**2. Совершенствование методики тарифного регулирования услуги по вывозу ТКО путем корректировки их нормы накопления и фактического объема, отправляемого на захоронение, по результатам использования программного комплекса «Втор Ресурс», позволяющего в реальном времени отслеживать динамику образования и движения вторичных ресурсов, составлять оптимальные логистические маршруты вывоза ТКО и картографию их образования для использования в стратегии развития отдельных предприятий и муниципалитета.**

Развитие рециклинга ТКО и его эффективное функционирование напрямую зависит от взаимодействия субъектов отрасли и степени согласованности их действий. Взаимодействие основных субъектов рециклинга отражено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Роли субъектов в развитии рециклинга

Фирмы рассматриваются как переработчики вторичного сырья, однако фирмы как производители ТКО отнесены в категорию «население». Под выгодами для населения понимается сокращение расходов на оплату коммунальных услуг, реализация проектов благоустройства, для фирм – получение вторичного сырья высокого качества, как следствие, снижение издержек. При взаимодействии государства с фирмами понимается снижение налоговых ставок для фирм, а также субсидирование отрасли.

В качестве механизма согласованности предлагается разработка программного обеспечения по закупке вторичного сырья у потребителей «Втор Ресурс» на базе программы 1С.

#### **Описание программного комплекса «Втор Ресурс»**

В программе объединены направления: торговля, логистика, бухгалтерия, предприятие, ЖКХ, ГИС.

**Цель:** автоматизация процессов между производителями отходов и их покупателями, сбор и анализ данных по объемам и структуре собираемых видах твердых коммунальных отходов (вторичных ресурсов), составление картографии отходов.

**Функции.** Сбор заявок по заданным требованиям. Логистика – составление оптимальных маршрутов. Учет категории (маркировки), объемов, принимаемых отходов (вторичного сырья). Расчеты с поставщиками. Составление картографии отходов – информация об объемах и территории. Взаимодействие с ГИС УТКО. Управление лицевым счетом дома. Отчеты. Учет реализованных проектов. Учет предложений, улучшений (инициативы граждан).

**Потребители продукта.** Компании-переработчики выступают в качестве покупателей отходов. Продавцы отходов – ЖКХ/УК, ритейл, бизнес-центры. Госорганы осуществляют контроль.

**Результаты применения программы, кому она будет полезна.** Госорганы могут использовать программный комплекс «Втор Ресурс» для разработки региональных программ, отслеживания результативности проектов и госпрограмм, направленных на социально-экономическое развитие региона, для обоснования привлечения госфинансов и частных инвестиций. Переработчикам программа будет полезна для стратегического планирования и оптимального размещения производства. Потребителям (ТСЖ, УК) – для продажи вторичных ресурсов и реализации проектов по благоустройству, привлечения финансирования под проекты (софинансирование), снижения тарифов.

Применение программного комплекса позволяет в реальном времени отслеживать результаты развития рециклинга ТКО и дважды в год пересматривать тарифы на вывоз твердых коммунальных отходов, той части, которая вывозится на полигон для захоронения. На рисунке 3 показана структура действующего тарифа на вывоз ТКО в Новосибирске.

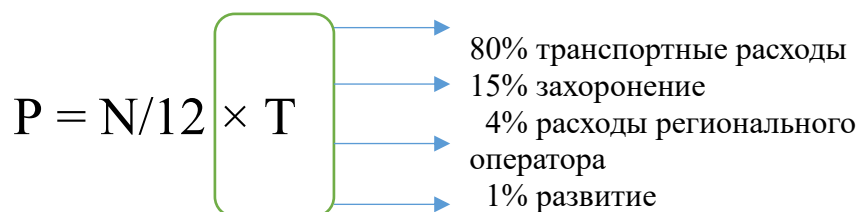


Рисунок 3 – Действующий тариф на вывоз ТКО в Новосибирске

По результатам проекта предлагается корректировка тарифа по формуле

$$P = N^*/12 \times T^*, \quad (1)$$

где  $P$  – оплата за услугу по вывозу мусора, руб.;  $N^*$  – норматив накопления ТКО для одного человека в год, уменьшенный на объем отдельно накопленных ТКО, по результатам мониторинга, кг;  $T^*$  – тариф регионального оператора с учетом фактических затрат на перевозку (руб./кг).

Корректировка тарифа позволит повысить вовлеченность той части населения, для которой снижение оплаты за коммунальные услуги является достаточным побудительным стимулом к действию, что, в свою очередь, положительно влияет на увеличение объема подготовленных к рециклингу вторичных ресурсов.

### **3. Алгоритм согласования действий стейкхолдеров как элемент повышения эффективности рециклинга твердых коммунальных отходов через определение роли и мотивации каждого участника.**

Ответственным за организацию отрасли переработки отходов лицам необходимо учитывать особенности РФ: площадь страны, менталитет граждан, уровень доходов, доступность регионов/населенных пунктов. На рисунке 4 представлено авторское видение структуры отрасли рециклинга твердых коммунальных отходов в РФ.

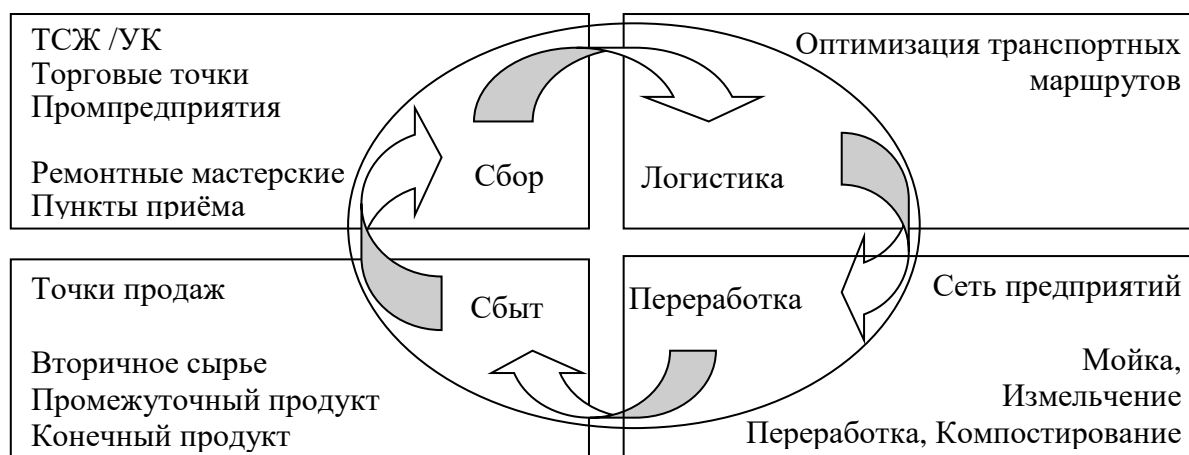


Рисунок 4 – Авторское видение структуры отрасли рециклинга твердых коммунальных отходов в РФ

Рециклинг как отрасль повторного применения отходов представляет собой замкнутую многоступенчатую структуру, сочетающую сбор, логистику, переработку и сбыт. Для эффективного обращения с отходами их сбор необходимо осуществлять отдельно, предлагается ответственность за этот процесс распределить между управляющими компаниями, торговыми точками и промышленными предприятиями. Принятие ответственности должно быть добровольным, в настоящее время промышленные предприятия торгуют отходами производства, а крупные торговые сети – отходами упаковки, управляющие компании не имеют возможности управлять отходами, так как эта обязанность возложена на региональных операторов. Мерой стимулирования принятия управляющими компаниями ответственности по выделению коммерчески привлекательных отходов (налаживание системы отдельного сбора отходов) является возможность продажи вторичного сырья. Сейчас развитие системы отдельно собранных отходов возложено на регионального оператора, но за прошедшие годы «мусорной реформы» сохраняется низкий уровень отдельно собранных отходов, всего 18% жителей РФ имеют возможность разделять отходы. Отсутствие сортировки отходов ведет к увеличению негативного воздействия на окружающую среду по следующим причинам: сохранения объема отходов, отправляемых на захоронение, и исчерпание возможностей объектов для захоронения. Приём отходов также могут осуществлять ремонтные мастерские (техника, мебель, одежда, обувь) и пункты приёма определенных вторичных ресурсов (макулатура, стекло, пластик, металл).

Следующим звеном отрасли является логистика. Предлагается часть смешанных отходов, которые либо не были отсортированы УК, либо остались после сортировки, накапливать во временных (промежуточных) пунктах. Данное решение направлено на оптимизацию транспортных расходов и снижение нагрузки на окружающую среду. Выделение вторичных ресурсов на предыдущем этапе также направлено на достижение указанной цели (отсортированное сырье изымается из общей массы отходов).

Третье звено – переработчики. На первоначальном этапе из 20% твердых коммунальных отходов можно получить вторичное сырье, из 25% – компост, из 55% – газ (рис. 5). Постепенное расширение производства и совершенствование системы отдельно собранных отходов может снизить объем захоронения отходов до 7%. Предлагаемые категории системы отдельно собранных отходов в РФ – «вторичное сырье», «органические отходы» и «другое». Такая система позволит значительно снизить издержки уже созданных предприятий по сортировке и механобиологической переработке отходов и привлечь в отрасль «дополнительных игроков».

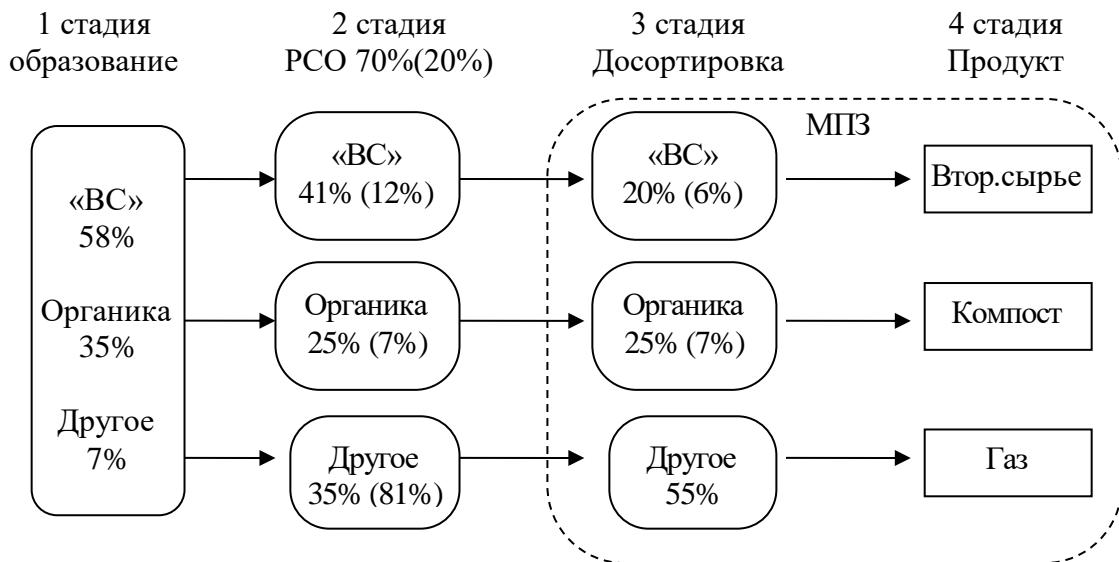


Рисунок 5 – Структура трансформации отходов

Завершающее звено – сбыт всей продукции системы рециклинга ТКО: подготовленных вторичных ресурсов, промежуточного продукта (гранула, стеклобой и др.) и конечных товаров, произведенных с применением вторичного сырья. В таблице 1, разработанной автором, перечислены функции стейкхолдеров рециклинга ТКО, от степени взаимодействия которых зависит эффективность переработки.

Таблица 1 – Функции стейкхолдеров

Участник проекта	Функции участников в реализации проекта
Федеральный орган власти	Рамочные законы, поддержка НКО
Региональный орган власти	Инициирование проекта, поддержка участников (информационная, организационная, коммуникативная), контроль за реализацией, сбор отчетности
НКО (общественный сектор)	Разъяснительная работа с ТСЖ/УК, населением о порядке сортировки, стимулирование спроса на товары из (с применением) вторичного сырья, мотивация к раздельному сбору отходов, донесение смыслов, общее экологическое просвещение
ТСЖ/УК	Сбор вторичного сырья, взаимодействие с оператором сбора (отправление заявки), взаимодействие с НКО (получение разъяснений о порядке процессов сортировки), предоставление отчетов об объемах вторичного сырья
Государственные, бюджетные организации	Сбор вторичного сырья, взаимодействие с оператором сбора (отправление заявки), взаимодействие с НКО (получение разъяснений о порядке процессов сортировки), предоставление отчетов об объемах вторичного сырья, выделение площадки для проведения общих мероприятий (круглый стол, лекторий для населения)
Ритейл	Подготовка вторичного сырья, рекомендации по упаковке для производителей товаров – унифицирование форм, выбор в пользу перерабатываемых материалов
Коммерческий сектор	Сбор вторичного сырья, взаимодействие с оператором сбора (отправление заявки), взаимодействие с НКО (получение разъяснений о порядке процессов сортировки), предоставление отчетов об объемах вторичного сырья, предоставление площадки для проведения общих мероприятий (круглый стол, лекторий для населения)
Производители	Приемка вторичного сырья, транспортировка, переработка. Взаимодействуют с НКО (формируют запрос на качество и объем вторсырья), участие в общих мероприятиях (круглый стол), Производство и сбыт промежуточной и конечной продукции.
Потребители	Производство ТКО и их сортировка, спрос на товары из вторичного сырья и с применением
Региональный оператор	Услуга по вывозу ТКО, сортировка «на полигоне», продажа вторичного сырья производителям, сбыт конечной продукции (метан, компост, технический грунт)

Эффективность рециклинга прямо пропорциональна согласованности действий всех участников процесса: от сбора и транспортировки вторичного сырья до производства промежуточной и конечной продукции и их реализации на рынке товаров и услуг. Предложенный механизм повышает мотивацию каждого участника проекта: всех групп потребителей, представителей ТСЖ/УК и перерабатывающих предприятий, общественных организаций, государственных учреждений и органов власти – муниципальных и региональных. Сочетание описанных факторов (согласованное взаимодействие и мотивация) является основой получения высоких результатов совершенствования процессов рециклинга твердых коммунальных отходов.

#### **4. Разработаны рекомендации предприятиям рециклинга по внедрению бережливого производства, рассчитан экономический эффект повышения эффективности рециклинга на примере многоквартирного дома и г. Новосибирска.**

Бережливое производство как концепция базируется на принципах определения ценности для потребителя, формирования, визуализации и построения эффективного потока создания ценности и стремления к непрерывному совершенствованию, в том числе через элементы организационной культуры (традиции, обычаи, ценности). Основная задача внедрения принципов бережливого производства связана со снижением потерь всех видов ресурсов (материальных, финансовых, временных, информационных и др.). Возможность применения принципов бережливого производства для компаний рециклинга рассмотрена с позиции комплексного подхода к формированию этого процесса и участия в нем всех заинтересованных сторон, в масштабе актуальности системного решения экологических проблем.

Ценностью для первых как потребителей являются стоимость и качество сырья, а также возможность его переработки, для вторых – качество и стоимость услуги. С помощью качественных и количественных методов исследования (web-аналитика, опросы, сбор и анализ статистической информации) возможно определить потребительскую ценность, выявить скрытые и реальные потребности, сформировать цену продукта или услуги, рекомендовать способ доставки сырья потребителю.

В рамках реализации программы «Комплексная система по обращению с ТКО» в РФ совершенствуется система раздельного сбора: закупаются и устанавливаются контейнеры для нескольких видов отходов. К началу 2022 года 43,3% населения РФ имеют возможность разделять отходы, этот показатель неуклонно растет (в 2018 – 18,5%; 2020 – 30%). Система раздельного сбора (РСО) отходов внедряется для повышения объема вторичной переработки отходов, из них 11% представляют собой вторичные материальные ресурсы, остальное направляют на полигоны (рис. 6).

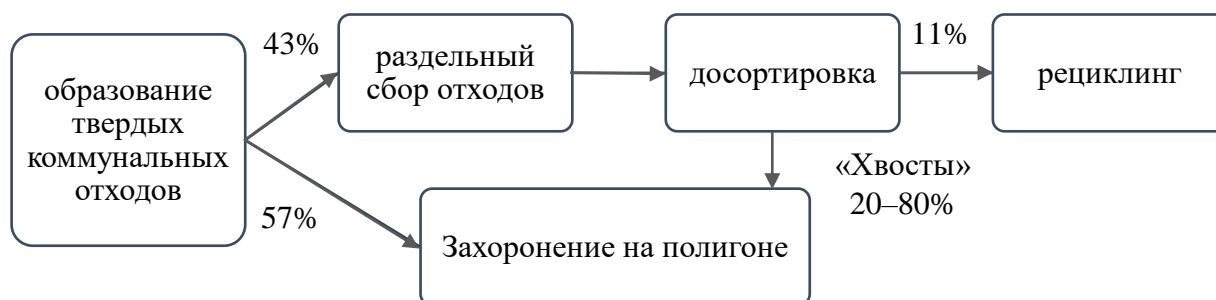


Рисунок 6 – Процесс рециклинга до внедрения процессов бережливого производства

Важно оценить деятельность предприятий переработки с позиции всего общества, где выгодополучателями являются все его участники. В этом контексте граждане, участвующие в раздельном сборе отходов, являются частью системы рециклинга – «сотрудниками» (партнерами) фирм-переработчиков, которые подготавливают вторичное сырье, что позволяет равномерно распределить нагрузку по сортировке и подготовке вторичного сырья к переработке. «Оплату» за свою деятельность

потребители получают в виде выручки от реализации вторичных материалов, выручка аккумулируется на специальном счете, а затем направляется на благоустройство или реализацию других экологоориентированных проектов, решение по каждому из которых принимается на общем собрании собственников многоквартирного дома, на базе которого производится реализация предлагаемого проекта. Закупка отобранных партий вторичных материалов производится в соответствии с предъявляемым спросом на определенный вид отходов (пластик, стекло, металл и т.д.), что позволяет исключить такие потери, как перепроизводство, ожидание, запасы, брак.

Предлагается привлекать к реализации проекта представителей некоммерческого сектора для разъяснительной работы с гражданами. Прежде чем требования к закупке (состав, чистота) начнут строго соблюдаться, пройдет адаптационный период, в который необходимо проведение встреч с представителями товариществ жилья, управляющих компаний, территориальными органами самоуправления, активными жителями. Одновременно разрабатываются методические материалы, проводятся акции для привлечения общественного внимания к реализации проекта.

После внедрения принципов бережливого производства твердые коммунальные отходы потребители подготавливают в строгом соответствии с требованиями предприятий рециклинга, вывоз собранных вторичных материалов происходит по графику, что позволяет производителям соблюдать принцип «точно вовремя». Об изменениях требований к собираемым вторичным материалам сообщают представителям НКО, в свою очередь они вновь проводят разъяснительную работу. Все отходы, не пользующиеся спросом в данный момент, отправляются на полигон ТКО, исключая избыточную транспортировку. На рисунке 7 показан процесс рециклинга после реализации проекта.

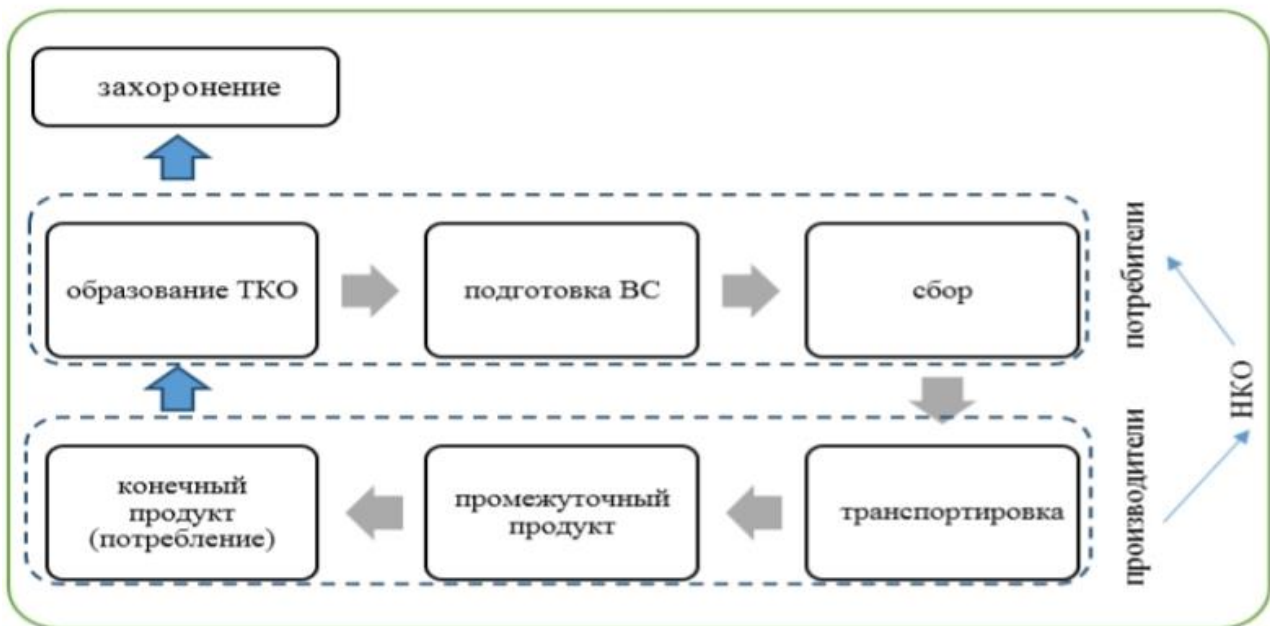


Рисунок 7 – Процесс рециклинга после внедрения бережливого производства

Процесс рециклинга твердых коммунальных отходов после внедрения принципов бережливого производства становится более замкнутым: исключается излишняя транспортировка – подготовленное и собранное вторсырье транспортируется сразу на производство без дополнительной сортировки, непригодные для переработки в данный момент виды материалов, то что ранее было «хвостами» сортировки, транспортируются на полигон вместе с другими не перерабатываемыми коммунальными отходами, что исключает лишние затраты компании-переработчика.

В разработанной автором таблице 2 представлены ожидаемые результаты в части снижения потерь в процессе рециклинга ТКО за счет внедрения предложенного нами механизма повышения его эффективности, перечислены способы снижения производственных потерь по всем категориям.

Таблица 2 – Сокращение потерь через предложенный механизм рециклинга

Вид потерь	Решение через предложенный механизм
Перепроизводство	Вывоз по графику, совершенствование графика в зависимости от объема партий
Ожидание	Вывоз по графику
Запасы	Закупка вторичного сырья с высокой стоимостью на рынке, постепенная диверсификация закупок
Излишняя транспортировка	Сбор в местах образования с сочетанием подготовки согласно требованиям исключает необходимость везти отдельно собранные отходы на станцию и оттуда на полигон
Излишнее перемещение людей	Не решает, так как наличие потерь обусловлено спецификой предприятия
Брак	Сбор вторичных материалов в соответствии со спросом на рынке
Излишняя обработка	
Недоиспользованный человеческий талант	Вовлечение потребителей в систему раздельного сбора

Для принятия управленческих решений при выборе способа обращения с ТКО необходимо проводить оценку эффективности рециклинга, и нагляднее всего это делать в сравнении с другими способами обращения с ТКО. В общем виде эффективность рециклинга оценивается по отношению выгод (экономических, экологических, социальных) к аналогичным издержкам. В таблице 3 приведены сравнительные оценки рециклинга, для каждого варианта дополнительно перечислены издержки, оценка которых представляет собой отдельную научную задачу.

Таблица 3 – Сравнение способов обращения с твердыми коммунальными отходами в РФ (за основу взят метод захоронения на полигонах, 100%)

Вид обработки 1 м <sup>3</sup> отходов	Снижение объема отходов, %	Затраты	Отрицательные эффекты
Сжигание	90	больше в 3 раза	Токсичные выбросы, необходимость специальной утилизации высокотоксичных фильтров
Переработка смешанных отходов	87,7	меньше на 50%	Потеря большого объема вторичного сырья
Отсортированные в местах образования	96	меньше в 3 раза	Требуется досортировка, наибольшая эффективность достигается при отделении органических отходов

Из данных таблицы 3 очевидно, что переработка раздельно собранных отходов наиболее эффективна, но при разделении на укрупненные категории необходима досортировка, чаще всего ручная, что приводит к увеличению общей себестоимости рециклинга. В предлагаемом механизме совершенствования рециклинга разделение отходов происходит не просто на «сухие» и «другие» отходы, а на выгодные для переработчиков категории, следовательно, образование «хвостов» сортировки у переработчиков на предприятии исключено. Остается открытым вопрос о менее экономически привлекательных, но обладающих потенциалом к переработке отходах. Такие категории требуют комплексных решений: субсидирование, сокращение производства через унификацию (предпочтение в сторону более распространенных видов материалов для переработки).



Захоронение на полигонах и сжигание ТКО – наименее предпочтительные способы обращения в связи с негативным воздействием на окружающую среду, кроме того, сжигание ещё и наиболее дорогой способ по сравнению с переработкой отсортированных отходов. Разделение твердых коммунальных отходов в местах их образования позволяет выделить опасные компоненты (аккумуляторы, лакокрасочные изделия, масла, ртутные лампы и др.) и перерабатываемые (стекло, пластик, металл, бумага).

Реализация проводимых преобразований сферы обращения с отходами началась в Российской Федерации 2019 году (ряд законодательных изменений в качестве подготовительного периода принят с 2014 года). На данный момент перерабатывается от 10 до 30% вторичного сырья (рис. 8) в зависимости от степени развития рынка конкретного вида отходов.

Таблица 4 – Сравнение объемов переработки некоторых видов вторичного сырья по странам, %

Вид отходов	РФ	Другие страны
Пластики	10–15	80 – Япония 40 – ЕС 25 – Китай
Изделия из резины и отслуживших автомобильных шин	15–16%	88 – США 50 – Великобритания

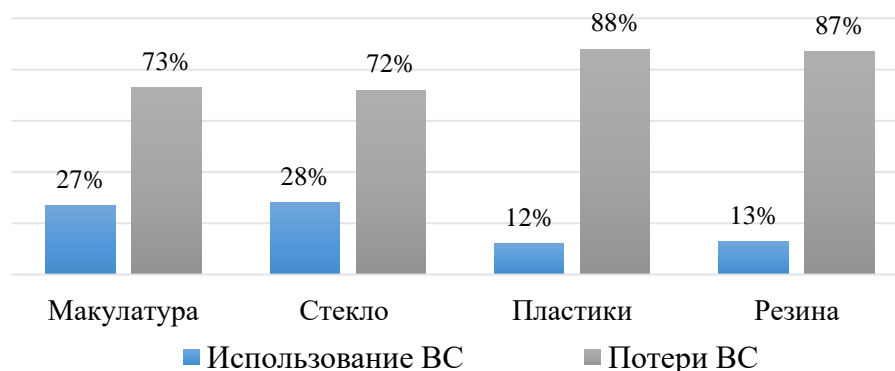


Рисунок 8 – Использование и потери некоторых видов вторичного сырья в РФ

Сравнение степени переработки некоторых видов отходов в РФ с другими странами (табл. 4), а также использование и потери вторичного сырья в России позволяет сделать выводы о высоком потенциале развития рециклинга ТКО. При сохранении существующей системы обращения с отходами большой объем разных видов ценных вторичных материалов, попадая в категорию «мусор», остается невостребованным на полигонах бытовых отходов, оказывая негативное воздействие на окружающую среду, часть материалов теряют свою ценность безвозвратно (бумага). Такое отношение к ресурсам противоречит принципам устойчивого развития.

В Новосибирске отдельный сбор ТКО распространен широко: представлены контейнеры для пластика, картона, стекла и смешанных отходов. На основе данных ООО «Айсберг» о вывозе ТКО в микрорайоне «Плющихинский» за 2020 год по месяцам выполнен расчет соотношения объемов отдельно собранных ТКО к общему объему: объем отдельно собранных отходов не превышает 6%. Полученные результаты демонстрируют низкую эффективность системы отдельно собранных отходов, необходимость повышения эффективности вторичной переработки очевидна.

Расчет экономического эффекта внедрения механизма совершенствования рециклинга ТКО рассмотрим на примере многоквартирного девятиэтажного

пятисекционного жилого дома (720 жильцов, норма образования ТКО для одного человека – 392,95 кг в год). Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Экономический эффект реализации механизма совершенствования рециклинга ТКО на примере типового многоквартирного дома (рассчитано автором)

Год реализации	2023	2024	2025	2026	2027
Уровень собранного вторичного сырья (ВС), %	11,0	13,5	18	22	27
Выручка за проданное ВС, тыс. руб.	237,1	291	388,1	474,3	582,1
из них:					
макулатура	116,7	143,2	190,9	233,4	286,5
металлы	2,5	3,1	4,1	4,98	6,1
стекло	37,3	45,8	61,1	74,7	91,7
полимеры	80,6	98,9	131,9	161,2	197,8
НДС, тыс. руб.	47,4	58,2	77,6	94,9	116,4
Заработная плата сортировщиков (инспекторов по качеству), тыс. руб.	23,7	29,1	38,8	47,4	58,2
Итого, тыс. руб.	166,0	203,7	271,7	332,0	407,5

Реализация проекта совершенствования процессов рециклинга ТКО в первый год позволит выручить 237 тыс. руб. для типового многоквартирного дома, во второй год – 291 тыс. руб., в третий – 388, в четвертый – 474, пятый – 582 тыс. руб. Из этих средств предусмотрена оплата НДС и заработная плата инспекторов по качеству (специалистов, закупающих вторичные ресурсы у ТСЖ). Оставшиеся средства собственники распределяют по своему усмотрению на благоустройство двора или улучшение общедомового имущества.

Расчеты экономического эффекта для Новосибирска приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Экономический эффект реализации механизма совершенствования рециклинга твердых бытовых отходов на примере г. Новосибирска

Год реализации	2023	2024	2025	2026	2027
Уровень собранного ВС, %	11,0	13,5	18	22	27
Выручка за проданное ВС, млн руб.	426,9	523,9	698,6	853,8	1047,9
из них:					
макулатура	145,1	178,1	237,4	290,2	356,2
металлы	210,1	257,8	343,8	420,2	515,7
стекло	4,5	5,5	7,3	9,0	11,0
полимеры.	67,2	82,5	110,0	134,5	165,0
НДС, млн руб.	85,4	104,8	139,7	170,8	209,6
Заработная плата сортировщиков (инспекторов по качеству), млн руб.	42,7	52,4	69,9	85,4	104,8
Итого, млн руб.	298,8	366,7	489,0	597,6	733,5

При внедрении проекта, направленного на повышение эффективности рециклинга ТКО на уровне Новосибирска, выручка от продажи вторичного сырья составит: в первый год 427 млн руб., во второй 523,9, в третий – 699, в четвертый – 854., в пятый – 1048 млн. руб. Планируется прибыль от 299 до 733 млн руб. в год.

Помимо экономического эффекта, развитие рециклинга ТКО позволяет решить ряд важных экологических и социальных задач. В таблице 7 показаны общественные выгоды и изменение издержек в результате внедрения предлагаемого механизма.

Таблица 7 – Предполагаемые результаты реализации усовершенствованного организационно-экономического механизма повышения эффективности процессов рециклинга

Эффект	Выгоды	Изменение издержек
Экономический	Увеличение объема переработки от 11 до 27% за пять лет, рост доходов предприятий, рост доходов бюджета Новосибирска	Сокращение транспортных издержек на 10%, «хвостов» сортировки – на 20–60%, сокращение расхода энергии
Экологический	Реализация проектов благоустройства, экологические проекты, эффективное использование земель	Снижение негативного воздействия на окружающую среду
Социальный	Создание новых рабочих мест до 450, улучшение здоровья населения, соблюдение права на благоприятную окружающую среду нынешних и будущих поколений	Снижение заболеваемости населения

Общественные результаты внедрения предлагаемого механизма в совокупности с полученным экономическим эффектом позволяют сделать вывод о высокой эффективности рециклинга как способа обращения с коммунальными отходами, необходимо его развитие с постепенным наращиванием глубины переработки. В таблице 8 отображено авторское видение стратегии развития процессов рециклинга твердых коммунальных отходов на территории РФ.

Таблица 8 – Авторское видение стратегии развития процессов рециклинга твердых коммунальных отходов в Российской Федерации

Тип стратегии	Категория отходов	Задачи	Механизмы	Ожидаемые результаты
Кратко-срочная	Отходы с высокой коммерческой ценностью («дорогие» виды пластика, стеклобой, бумага)	Сбор собираемого вторичного сырья, расширение его номенклатуры	Разработанное автором предложение	Повышение объемов рециклинга
Средне-срочная	Органические отходы; Другие виды пластика	Снижение объемов отходов для захоронения на полигонах	Госрегулирование, субсидирование, грантовая поддержка НИОКР	Сокращение комбинированной упаковки
Долго-срочная	Стекланная тара	Развитие оборотной тары	Госрегулирование, субсидирование частного сектора, налоговые преференции, стандарты упаковки	Унификация упаковки, структурные изменения в сфере доставки товаров

В сравнении с такими способами обращения с твердыми коммунальными отходами, как захоронение на полигонах или сжигание, рециклинг наиболее эффективен, так как позволяет повышать объем перерабатываемых материалов, сокращать площадь полигонов (снижать нагрузку на окружающую среду). Необходимо развивать рециклинг ТКО, расширяя его географическое распространение и номенклатуру перерабатываемых материалов. При реализации предложенного проекта на первоначальном этапе происходит повышение объемов перерабатываемых вторичных материалов с высоким уровнем спроса, в среднесрочной перспективе возможно повышение объема переработки пластиков с меньшей экономической привлекательностью (ввиду накопленных знаний и практического опыта у населения о

подготовке материалов к переработке), возможна переработка органических отходов. В долгосрочной перспективе необходимо развивать обращение оборотной тары, так как повторное использование отходов еще более эффективно, чем прямой рециклинг, в соответствии с концепцией устойчивого развития.

### **5. Оптимизация производственных процессов компании с внедрением принципов бережливого производства и обеспечением стабильных поставок сырья.**

Для апробации разработанных рекомендаций внедрения принципов бережливого производства выбрана компания «Экорекс» – малое предприятие, численность персонала 18 человек, основана в 2012 году. Направление по переработке металлов было основным, что обеспечило устойчивость предприятия в 2020-м году. В настоящее время занимается сбором и переработкой различных отходов: черный и цветной металл, пластики, стекло, макулатура. У компании три стационарных пункта приема, равномерно распределенных по районам города, куда граждане или юридические лица могут сдать отходы и получить за них оплату. Раз в неделю по заявкам физических и юридических лиц работает мобильный пункт приема (отходы вывозятся бесплатно). Равномерное распределение пунктов по городу позволяет охватить бóльшую территорию и обеспечивает рациональную транспортную доступность потребителям. В общем виде производственный процесс компании изображен на рисунке 9: в пункты приема поступают отходы, специалистами производится контроль, далее принятые материалы накапливаются в необходимых объемах и транспортируются до производственного участка. Макулатура и металл прессуются, пластик проходит первичную переработку (моется, измельчается), после упаковки продается.

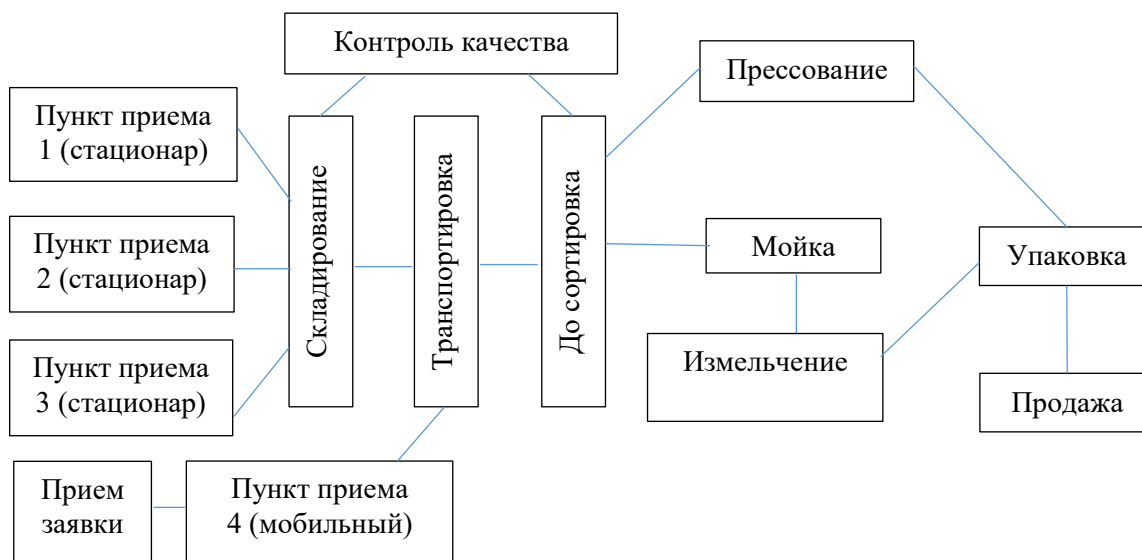


Рисунок 9 – Производственный процесс компании «Экорекс» до внедрения бережливого производства

В структуре перерабатываемых отходов металлы занимают доминирующий объем, в таблице 9 приведены объемы переработки металла, пластика, макулатуры и стекла, электронных отходов за 2018–2020 годы.

Таблица 9 – Структура перерабатываемых отходов компании «Экорекс»

Виды принимаемого сырья		Стоимость, руб./кг		доля, %	Объем переработки, тонн		
		min	max		2018	2019	2020
Металл				70			
черный	18 видов	10	25	0,7	5977,7	11109,0	12893,9
цветной	20 видов	70	185	0,3	221,0	410,8	476,8
Макулатура				15			
Стекло	9 видов	2	5	5	1789,2	3325,1	3859,4
Пластик				7			
Электронные отходы	13 видов	2	300	3	26,7	49,5	57,5

Компании, занятые переработкой вторичных ресурсов, испытывают дефицит сырья и вынуждены изыскивать возможности стабильных поставок.

Стационарные пункты приема не могут обеспечить должной стабильности, так как имеется высокая зависимость от таких факторов, как наличие поставщиков (физических и юридических лиц), объем и структура отходов. Одним из возможных решений обеспечения стабильных поставок мы считаем привлечение вторичных ресурсов из сектора твердых коммунальных отходов. Структура потребления достаточно однородная и предсказуемая, необходимо лишь обеспечить сбор и подготовку вторичных материалов (пластик, стекло, бумага, металл). Для чего необходима сеть мобильных пунктов приема и вывоз тщательно отсортированных и подготовленных вторичных ресурсов. Предусматривается составление оптимальных маршрутов, оборудование мест накопления и непосредственный сбор со строгим графиком приемки подготовленных партий. В таблице 10 перечислены основные этапы разработки и внедрения механизма повышения эффективности рециклинга ТКО с целью обеспечения стабильных поставок вторичных ресурсов.

Таблица 10 – План внедрения механизма повышения эффективности рециклинга ТКО

Этап	Ответственное лицо	Вид деятельности
Подготовительный	Финансист, директор	Выбор стратегии, анализ потенциала рынка
Предварительный	Специалист по согласованию	Переговоры с представителями ТСЖ/УК, сбор заявок
Первоначальный	Специалист по логистике	Составление оптимальных маршрутов, подготовка контейнеров для накопления
Непосредственный	Инспектор по качеству. Представитель НКО	Прием вторичных ресурсов. Разъяснительная работа с потребителями по способам подготовки

Чистота вторичных ресурсов, извлеченных из твердых коммунальных отходов, имеет решающее значение на включение их в переработку, поэтому особенно важно обеспечить качественную подготовку сырья. Справиться с такой задачей, по нашему мнению, может население, так как это не занимает много времени для отдельно взятого участника, и в общем объеме собранных материалов вторичных ресурсов с низким коэффициентом спроса они компенсируются наличием вторичных ресурсов с высоким коэффициентом спроса.

Перед внедрением механизма повышения эффективности рециклинга компании необходимо провести предварительную оценку потенциальных маршрутов по формуле 2.

$$П = Ч \times N \times \sum A_i \times k_i \times P_i, \quad (2)$$

где  $Ч$  – численность маршрута (района), чел.;  $N$  – норма накопления в городе, кг/чел. в год;  $A_i$  – доля определенного вида отходов в составе ТКО;  $k_i$  – коэффициент спроса определенного вида отхода;  $P_i$  – разница между ценой закупки и продажи, руб.

В таблице 11 перечислен состав твердых коммунальных отходов с указанием уровня спроса отдельных видов вторичных ресурсов.

Таблица 11 – Оценка спроса вторичных ресурсов твердых коммунальных отходов в РФ (составлено на основе данных справочника наилучших доступных технологий с дополнением автора)

Наименование категории (предложено автором)	Доля в общем объеме, %	Содержание категории (по справочнику НДТ)	Доля в общем объеме, %	Уровень спроса	Коэф. спроса (предложено автором)
Вторичное сырье	58	макулатура	37	высокий	1
		металлы	5	высокий	1
		текстиль	7	низкий	0,3
		стекло	4	высокий	0,8
		полимеры	6	высокий	0,5
Органика	35	органика	30	низкий	0,1
		дерево	5	низкий	0,3
Другое	7	другое	7	отсутствует	0

Наиболее высоким спросом (коэф. = 1) обладают макулатура и металлы – эти виды вторичных ресурсов можно отнести к «локомотиву» отрасли, у стекла коэффициент ниже (0,8) из-за высоких транспортных затрат при относительно низкой закупочной стоимости, полимеры (коэф. = 0,5) имеют многокомпонентный состав, в этой категории представлены и материалы с высоким спросом, и с нулевым. Текстиль и дерево (коэф.= 0,3) перерабатываются, но рынок слабо развит, спрос на органику (коэф. = 0,1) может обеспечиваться экспериментальными разработками, развитие рынка видится в перспективе. Категория «другое» (коэф. = 0) для компаний-переработчиков не представляет ценности.

Для примера возьмем микрорайон «Родники» в Новосибирске, так как это ближайший к производственной площадке район с высокой плотностью населения общей численность 65 тыс. чел. При норме накопления 392,95 кг/чел. в год экономический потенциал микрорайона равен 85,9 млн руб. в год (рассчитано по формуле 2 с использованием данных таблицы 11).

Таблица 12 – Показатели для расчета экономического потенциала маршрутов мобильных пунктов

Категория	Доля в общем объеме ( $A_i$ )	Коэф. спроса $k_i$	Цена ( $P_i$ ) руб./т
Бумага и картон	0,37	1	2000
Металлы	0,05	1	15000
Стекло	0,04	0,8	1000
Полимеры	0,06	0,5	10000
Электронные отходы	0,005	1	30000

После выбранной площадки необходимо достичь договоренностей с потенциальными поставщиками, подготовить площадки накопления и провести подготовительную разъяснительную работу с гражданами. На рисунке 10 представлена схема производственного процесса после внедрения принципов бережливого производства на предприятии «Экорекс».

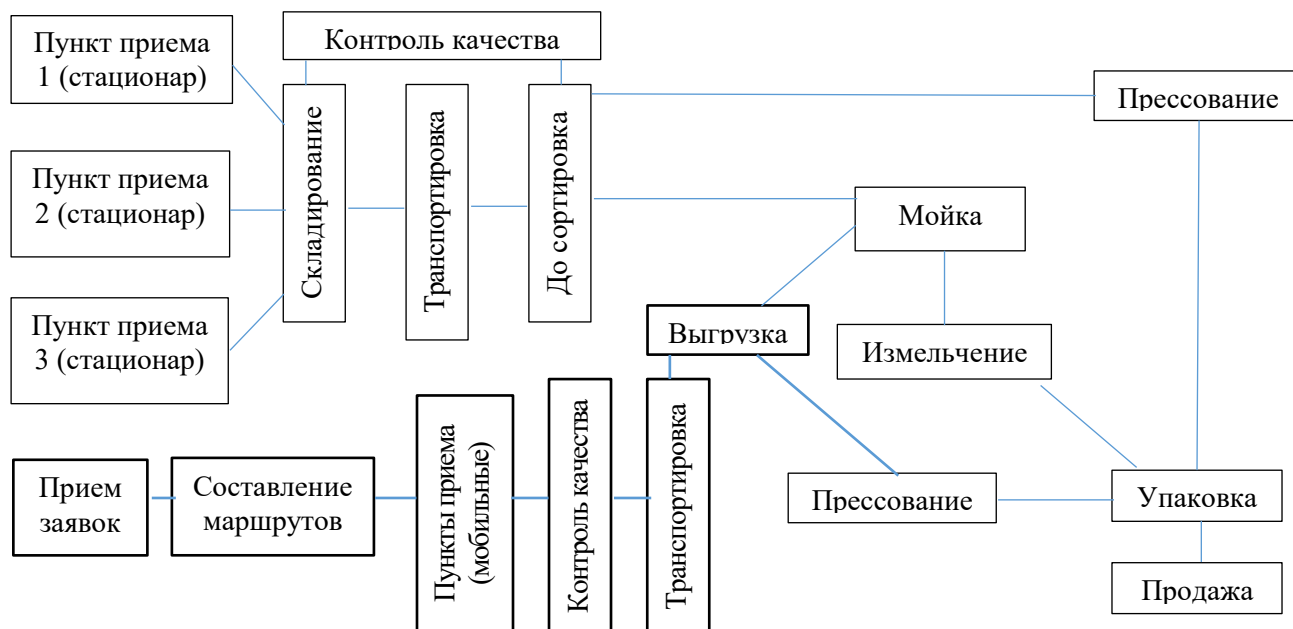


Рисунок 10 – Производственный процесс компании «Экорекс» после внедрения бережливого производства

Прием заявок на вывоз осуществляется с помощью предложенного программного комплекса «Втор Ресурс» в автоматическом режиме, контроль качества осуществляется на входе, что исключает образование «хвостов» сортировки. Повышение объемов переработки происходит за счет увеличения общего объема принимаемых отходов, а рост выручки – за счет перестроения внутренней структуры: повышения доли переработки высоколиквидных отходов, например, электронных или цветного металла. Ожидаемые результаты от внедрения принципов бережливого производства на предприятии «Экорекс» рассчитаны до 2027 года представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Ожидаемые результаты внедрения бережливого производства на предприятии «Экорекс»

Виды принимаемого сырья	2023		2024		2025		2026		2027	
	тонн	%	тн	%	тн	%	тн	%	тн	%
Металл, в том числе	14456,4	70	14986,8	68	15082,6	65	14927,6	62	15171,7	60
черный	13940,9	70	14427,6	69	14467,8	67	14236,7	64	14409,7	62
цветной	515,5	30	559,2	31	614,8	33	690,9	36	762,0	38
Макулатура	3912,0	15	4509,9	16	5176,9	17	5920,0	18	6391,4	18
Стекло	4172,8	6	5261,5	7	5684,5	7	7016,3	8	8521,9	9
Пластик	1095,4	7	1183,8	7	1461,7	8	1677,3	9	1917,4	9
Электронные отходы	41,5	2	44,8	2	72,6	3	91,5	4	112,9	4

Внедрение механизма повышения рециклинга твердых коммунальных отходов на предприятиях переработки обеспечивает стабильные поставки вторичных ресурсов, что позволяет прогнозировать долгосрочное устойчивое функционирование компании. Помимо частных выгод коммерческих предприятий, социальные выгоды от реализации проекта возникнут за счет вовлечения потребителей в систему накопления отходов через механизм тарифного регулирования и возможности получать ими оплату на счет управляющей компании за качественно подготовленные к переработке отходы. В целом это позволит повысить эффективность рециклинга и довести долю перерабатываемых отходов с 11 до 27% к 2027 году.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенное диссертационное исследование позволяет сделать следующие научные выводы.

1. В процессе исследования определено, что рециклинг – наиболее прогрессивный метод обращения с твердыми бытовыми отходами по сравнению с захоронением на полигонах и сжиганием, так как менее затратный экономически и приносит меньший урон окружающей среде. В работе обоснована социальная, экономическая и экологическая необходимость развития рециклинга с расширением доли и видов перерабатываемых материалов в общем объеме ТКО.

2. Разработан организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга твердых бытовых отходов в РФ, позволяющий в относительно короткий срок повысить объем и качество переработки. Особенностью предлагаемого механизма на уровне городского поселения являются сбор и сортировка вторичного сырья (бумага, металл, пластик, стекло) в местах образования: в ТСЖ или УК, коммерческом секторе, ритейле, государственных учреждениях, что позволяет оптимизировать логистические маршруты, экономить ресурсы перерабатывающих организаций, а также прививать потребителям принципы рационального потребления. Также предложено дополнить организационно-экономический механизм повышения эффективности процессов рециклинга твердых бытовых отходов в РФ фактом участия представителей некоммерческого сектора (НКО), деятельность которых связана с экологическим просвещением потребителей.

3. Дополнена методика тарифного регулирования услуги по вывозу твердых бытовых отходов в части уточнения и детализации фактических объемов твердых бытовых отходов, направленных на переработку. В качестве механизма согласованности предложено разработать программное обеспечение по учету перерабатываемого вторичного сырья «Втор Ресурс» на базе программы 1С. Целью программы является автоматизация процессов между производителями отходов и их покупателями (переработчиками), сбор и анализ данных по объемам, структуре и видам собираемых твердых коммунальных отходов (вторичных ресурсов), составление картографии отходов. Пользователями программного продукта будут являться компании переработчики твердых бытовых отходов, продавцы отходов: ЖКХ, УК, ритейл, бизнес-центры, а также контролирующие органы. Применение программного комплекса «Втор Ресурс» позволит в оперативном режиме отслеживать результаты развития рециклинга и дважды в год пересматривать тарифы на вывоз твердых коммунальных отходов, в той части, которая вывозится на полигон для захоронения. По результатам агрегированных показателей объемов перерабатываемых твердых бытовых отходов на основе данных



«Втор Ресурс» предложена корректировка существующего тарифа регионального оператора с учетом фактических затрат на перевозку твердых бытовых отходов и доли перерабатываемого сырья.

4. Разработан алгоритм согласования действий стейкхолдеров как элемент повышения эффективности рециклинга твердых бытовых отходов в Российской Федерации, определена роль каждого участника в данном процессе. Отрасль рециклинга представляет собой замкнутую многоступенчатую структуру, сочетающую сбор, логистику, переработку и сбыт. Для эффективного обращения с отходами их сбор необходимо осуществлять отдельно, предлагается ответственность за этот процесс распределить между управляющими компаниями, торговыми точками и промышленными предприятиями. Представлена структура трансформации отходов, включающая четыре стадии.

5. Разработаны рекомендации предприятиям рециклинга по внедрению бережливого производства. Возможность применения принципов бережливого производства для компаний рециклинга предложено рассмотреть с позиции комплексного подхода к организации этого процесса и участия в нем всех заинтересованных сторон и в масштабе актуальности системного решения экологических проблем. Представлен процесс рециклинга с учетом внедрения принципов бережливого производства.

6. Обоснованы направления оптимизации производственных процессов предприятия переработки с внедрением принципов бережливого производства и обеспечением стабильных поставок сырья путем расширения сети мобильных пунктов приема вторичных ресурсов с применением программного комплекса «Втор Ресурс», взаимодействия с общественными организациями и муниципалитетами.

7. Приведена прогнозная оценка результативности внедрения предложенного механизма совершенствования рециклинга твердых бытовых отходов на примере г. Новосибирска, обоснован социальный, экономический и экологический эффект предложений. При реализации проекта возможно повышение уровня рециклинга с 11 до 27% в течение пяти лет. Разработанные предложения носят универсальный характер и могут быть использованы в других регионах Российской Федерации.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*В изданиях, рекомендованных ВАК:*

1. Байрак, А.Н. Бережливое производство в процессах рециклинга в РФ / А. Н. Байрак, О. Ю. Рудакова // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 178–181.
2. Байрак, А. Н. Механизмы повышения эффективности рециклинга ТКО в РФ / А. Н. Байрак, О. Ю. Воронкова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 12. – С. 1158–1161
3. Байрак, А. Н. Роль населения РФ в развитии отрасли рециклирования / А. Н. Байрак // Вестник НГУЭУ. – 2017. – № 1. – С. 54–63.
4. Байрак, А. Н. Экономические предпосылки повышения эффективности отработки ТКО / А. Н. Байрак, О. Ю. Воронкова // Modern Economy Success. – 2022. – № 1. – С. 226–229.
5. Байрак, А. Н. Общественная эффективность отходоперерабатывающих производств / А. Н. Байрак, О. Ю. Воронкова, А. И. Карпович, Е. И. Шиян // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11, №10А. – С. 7–16. – DOI: 10.34670/AR.2021.67.86.001.

*Публикации в прочих журналах:*

6. Байрак, А. Н. Роль общественных организаций в развитии рециклинга в РФ / А. Н. Байрак, О. Ю. Воронкова // Управление современной организацией: опыт, проблемы и перспективы. – 2021. – № 12. – С. 7–13.
7. Байрак, А. Н. Понятие отрасли рециклирования / А. Н. Байрак // European Research. – 2016. – № 12. – С. 62–63.
8. Байрак, А. Н. Развитие отрасли рециклирования в РФ как фактор конкурентоспособности / А. Н. Байрак // Проблемы современной науки и образования. – 2016. – № 39. – С. 73–75.
9. Байрак, А. Н. Особенности отходов перерабатывающих производств в РФ / А. Н. Байрак // Наука. Технологии. Инновации. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – С. 209–213.
10. Байрак, А. Н. Актуальные проблемы рециклинга и переработки отходов в России / А. Н. Байрак // Наука. Промышленность. Оборона: труды XXI Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию победы в Великой Отечественной войне. – Новосибирск, 2020. – Т. 3 – С. 122–127.
11. Байрак, А. Н. Влияние загрязнения окружающей среды на продолжительность жизни населения / А.Н. Байрак // Трансформация российской национальной экономической системы: материалы VII Всероссийской конференции, посвященной памяти профессора Р. М. Гусейнова. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – С. 22–27.
12. Байрак, А. Н. Влияние сложившейся системы управления отходами в РФ на здоровье населения / А. Н. Байрак // Человек и общество в системе современных научных парадигм. – 2015. – № 1. – С. 57–61.
13. Байрак, А.Н. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения / А.Н. Байрак // Человеческий капитал как фактор инновационного развития России: материалы Всерос. конф. преподавателей и науч. работников технич. вузов, Новосибирск, 15–17 апр. 2014 г. / отв. за вып. В. А. Семенихина. – Новосибирск: НГАСУ, 2014. – С. 11–15.
14. Байрак, А.Н. Государственно-частное партнерство в решении эколого-экономических проблем / А.Н. Байрак // Инновационная наука и современное общество: материалы Международной научно-практической конференции / отв. ред. Р.Г. Юсупов. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 55–57.
15. Байрак, А.Н. Институциональная инфраструктура государственно-частного партнерства / А.Н. Байрак // Социальное партнерство как фактор развития инфраструктурных отраслей экономики России: материалы Международной научно-практической конференции / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ, 2013. – С. 258–263.
16. Байрак, А.Н. Инфраструктура ЖКХ: проблемы и возможные решения в условиях ГЧП / А.Н. Байрак, А.Ю. Сколубович // Социальное партнерство как фактор развития инфраструктурных отраслей экономики России: материалы Международной научно-практической конференции / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ, 2013. – С. 264–268.
17. Байрак, А.Н. Мировой опыт применения государственно-частного партнерства / А.Н. Байрак // Социальное партнерство как фактор развития инфраструктурных отраслей экономики России: материалы Международной научно-практической

- конференции / Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ, 2013. – С. 17–24.
18. Байрак, А.Н. Рациональное природопользование в условиях эволюции устойчивого развития / А.Н. Байрак // Эволюция государственной политики в контексте современного неоиндустриального развития России: материалы Международной научно-практической конференции. 20–21 ноября 2014 года / под ред. В.А. Семенихиной. – Новосибирск: НГАСУ, 2014. – С. 25–28.
  19. Байрак, А.Н. Становление государственно-частного партнерства в решении экологических проблем / А.Н. Байрак // Великие реформаторы и российские реформы: материалы Всерос. конф. преп. и науч. работников техн. вузов, посвященная 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина / отв. за вып. Ю.И. Казанцев, В. А. Семенихина. – Новосибирск: НГАСУ, 2013. – С. 9–14.
  20. Байрак, А.Н. Человеческий капитал в устойчивом развитии экономики России / А.Н. Байрак // Человеческий капитал как фактор инновационного развития России: материалы Всерос. конф. преподавателей и науч. работников технич. вузову Новосибирск, 15–17 апр. 2014 г. / отв. за вып. В. А. Семенихина. – Новосибирск: НГАСУ, 2014. – С. 16–20.
  21. Байрак, А.Н. Энергетическая безопасность РФ в условиях глобализации / А.Н. Байрак // Конкурентный потенциал развития России в условиях нового технологического уклада: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Р.М. Гусейнова. – Новосибирск: НГАСУ, 2015. – С. 391–396.