

Л. А. Согомонян, И. В. Теренина, Т. В. Третьяченко

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
ЗАМКНУТЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме определения оптимальной величины производственной логистической инфраструктуры замкнутых цепей поставок в сфере обращения ТКО для обеспечения их эффективного функционирования. В работе рассмотрены взгляды различных ученых на логистическую инфраструктуру с точки зрения теории и практики логистики. Методический инструментарий исследования базируется на анализе источников информации, рассматривающих данную проблему, а также подходов к выявлению сущности логистической инфраструктуры. Это позволило авторам предложить методический подход к формированию качественного и количественного состава логистической инфраструктуры замкнутых цепей поставок в сфере обращения ТКО. Основная задача замкнутых цепей поставок в сфере управления ТКО состоит в достижении заданных целей, соответствующих экологической политике и нормативным актам, регулирующим порядок их обращения. Количественная оценка производственной логистической инфраструктуры замкнутых цепей поставок в сфере управления ТКО требует анализа величины материальных потоков, начиная со сбора твердых отходов потребления и заканчивая их продажей, переработкой и утилизацией.

Ключевые слова

Логистическая инфраструктура, замкнутые цепи поставок, твердые коммунальные отходы.

L. A. Sogomonyan, I. V. Terenina, T. V. Tretiachenko

**PRODUCTION LOGISTICS INFRASTRUCTURE OF CLOSED SUPPLY CHAINS
IN SPHERE OF CIRCULATION OF SOLID MUNICIPAL WASTE**

Annotation

Article is devoted to actual problem of determining the optimal value of industrial logistics infrastructure of closed supply chains in the field of MSW handling to ensure their effective functioning. Views of various scientists on logistics infrastructure from the point of view of theory and practice of logistics are considered in article. Methodological tools of study are based on analysis of information sources considering this problem, as well as approaches to identifying the essence of logistics infrastructure. This allowed the authors to propose a methodological approach to the formation of qualitative and quantitative composition of logistic infrastructure of closed supply chains in sphere of MSW handling. The main task of closed supply chains in sphere of MSW management is to achieve the set goals, corresponding to environmental policy and regulations governing the procedure of their treatment. Quantitative assessment of production logistic infrastructure of closed supply chains in sphere of MSW management, requires analysis of value of material flows, starting from collection of MSW and ending with their sale, recycling and utilization.

Keywords

Logistics infrastructure, closed supply chains, solid municipal waste.

Введение

На протяжении многих десятилетий в развитых странах мира наблюдается рост благосостояния населения, основанный на интенсивном использовании материальных и энергетических ресурсов.

Повышение благосостояния сопровождается трансформацией потребительских ориентиров. Обусловленное развитием массового производства, удешевлением товаров, расширением ассортимента и возможностью быстрой замены одного товара на другой потребление стало играть важную роль в формировании ценностных ориентиров общества.

Не была исключением в этом процессе и Россия. Изменения экономической и политической систем стали основой для смены важнейших ориентиров в постсоветском обществе и формирования в период реформ достаточно высоких стандартов потребления.

В условиях измененных ценностных ориентиров общества искусственно заданный ускоренный темп цикла «bought — threw — bought» привел к увеличению избыточного производства, нарастанию объемов используемого сырья и двум масштабным проблемам: истощению природных ресурсов и критическому состоянию экосистемы из-за высокого темпа роста объемов отходов и мусора.

В сложившихся условиях политика органов местного самоуправления в сфере развития городской среды и образования на муниципальном уровне должна содействовать эффективному использованию природных ресурсов, с одной стороны, и вовлечению во вторичный оборот образовавшихся на территории муниципального образования отходов либо по их прямому назначению (рециклинг), либо их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), либо извлечению из использованных ресурсов полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), с другой стороны. Проводимая в этом направлении политика ме-

стных органов власти должна быть направлена на поощрение инноваций в области эффективного использования вторичных ресурсов и создание экономических возможностей для увеличения объемов твердых коммунальных отходов, вовлекаемых для повторного использования, переработки и замены первичных материалов.

Снижение удельного веса первичных природных ресурсов с одновременным увеличением объемов отходов, вовлекаемых в производственный оборот в качестве сырья, компонентов или, наконец, источников энергии, возможно только при условии согласованности между участниками этого процесса и интеграции их в замкнутые цепочки поставок [22].

Твердые коммунальные отходы, к которым в соответствии со статьей 1 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» относят «отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, которые подобны по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами» [10], получаемые региональными операторами по обращению с твердыми коммунальными отходами из системы управления муниципальными отходами согласно территориальной схеме обращения, должны быть увеличены в количестве и качественно разделены в соответствии с утвержденным их морфологическим составом путем разработки надлежащей стратегии управления отходами.

Моделирование муниципальной системы управления ТКО представляет собой сложный процесс, который базируется на междисциплинарном подходе,

процессах и технологиях, формирующих инфраструктурную среду этой системы, что позволяет рассматривать различные сценарии при заданных условиях, эффективность которых может быть оценена с точки зрения экономической приемлемости только путем внедрения в саму систему обращения с отходами в рамках принятых правовых, социальных и экологических норм и принципов защиты здоровья населения и окружающей среды [24, 25].

В целом будет приемлемой такая система управления ТКО, которая позволит, во-первых, предприятиям, расположенным в границах муниципального образования, снизить объемы потребления ископаемого топлива и сырья за счет увеличения потребления собранных региональным оператором отходов, прошедших утилизацию через систему рециклинга, рекуперации или регенерации, во-вторых, уменьшить выбросы в атмосферу вредных веществ, и, в-третьих, минимизировать использование полигонов и свалок.

Эффективность муниципальной системы управления ТКО должна определяться на основе индикаторов, отражающих соотношение объема утилизированных отходов и общего объема собранных региональным оператором ТКО в разрезе их морфологического состава, а также степени отклонения фактических показателей утилизации отходов от целевых показателей выбранной системы КРІ (показателей эффективности).

Анализ материальных потоков, оценка их жизненного цикла и анализ рисков — это различные инструменты, которые можно использовать в системе КРІ для оценки эффективности системы управления отходами. Главный вопрос заключается в определении аспектов, подлежащих оценке, и определении системы показателей, посредством которых они будут оцениваться.

Для системы обращения с твердыми коммунальными отходами важнейшим вопросом является определение объема фракций отходов, собираемых

для утилизации в системе рециклинга, рекуперации или регенерации для расчета необходимых мощностей объектов логистической инфраструктуры, и удельного веса фракций отходов в общем объеме собранных ТКО для определения экономической эффективности затрат на сбор и утилизацию коммунальных отходов и устойчивости муниципальной системы управления ТКО.

Цель этой статьи: предложить систему показателей для расчета и оценки существующих или предусмотренных к созданию мощностей объектов логистической инфраструктуры, их количества, необходимых не только для организации эффективной системы по сбору, утилизации ТКО по каждому муниципальному образованию, но и оптимизации в условиях ограниченных финансовых ресурсов расходов на создание и эксплуатацию логистической инфраструктуры, показать важность не только организации раздельного сбора ТКО, но и ежедневного сбора, мониторинга, анализа материальных потоков в разрезе морфологического состава отходов по каждому пункту сбора.

Материалы и методы

Общее описание системы управления отходами

Твердые бытовые отходы могут быть направлены на различные процессы, в основном направленные на переработку вторичных материалов, рекуперацию энергии, производство топлива из отходов и, только для остаточной фракции, на захоронение. На устойчивость и эффективность цепочки переработки влияет как состав отходов, так и последовательные процедуры разделения и очистки, которые позволяют перерабатывать каждый материал. Эффективность производителей отходов по распознаванию и разделению различных потоков отходов влияет на эффективность и стоимость всей системы управления отходами; эта эффективность была оценена в настоящем исследовании с помощью соответствующих показателей. Эффек-

тивность сбора отходов можно считать единой, за исключением аномалий, не включенных в этот анализ.

Территориальные схемы обращения с отходами могут быть классифицированы на основе степени разделения отходов и децентрализации пунктов сбора по отношению к точкам образования (жилые дома, магазины, рынки и т. д.), когда либо производится сбор смешанных ТКО с последующим интенсивным механическим разделением централизованно на мусоросортировочных линиях, либо интенсивное разделение отходов передается на уровень домашнего хозяйства с последующим мягким процессом механического разделения.

Для систем сбора также можно рассмотреть две схемы сбора, имеющие разную стоимость и эффективность: сбор от

двери к двери; сбор на контейнерных площадках.

Практика зарубежных стран показывает, что выбор территориальной схемы обращения с отходами зависит от возможностей муниципального образования, ментальности проживающего в его границах населения, социальной чувствительности, уровня урбанизации, обеспеченности логистической инфраструктуры и других факторов.

Территориальная схема обращения с отходами г. Ростова-на-Дону, к которой обращаются авторы в ходе исследования, представленного в статье, характеризуется в настоящий период сбором ТКО на контейнерных площадках без морфологического разделения отходов с последующей обработкой ТКО на мусоросортировочных линиях (рис. 1).

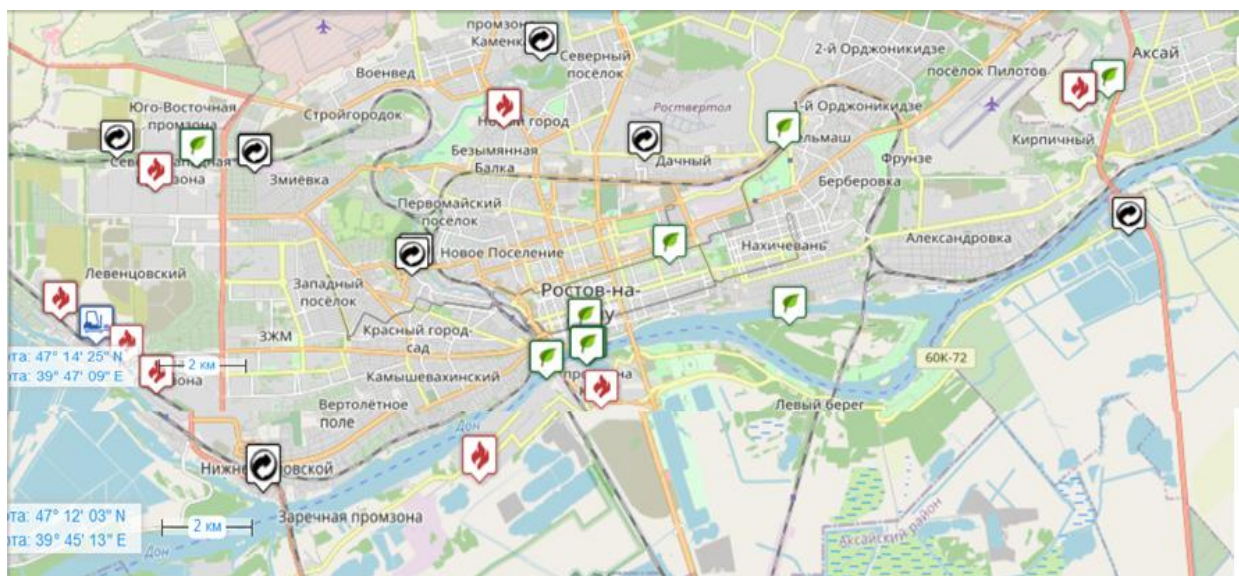


Рисунок 1 — Территориальная схема обращения с отходами г. Ростова-на-Дону [15]

Передача интенсивного разделения отходов на уровень домашних хозяйств с последующим мягким процессом механического разделения при сборе ТКО на контейнерных площадках планируется не ранее 2024 г.

Методы и инструменты

В рамках сформулированной авторами цели было использовано несколько методологических инструментов, кото-

рые авторами в ходе исследования применялись отдельно или в совокупности.

Один из первых отечественных экономистов, заинтересовавшихся составом и сущностью логистической инфраструктуры, был В. С. Колодин, который определил логистическую инфраструктуру как некую целостность, состоящую из элементов «организационного, информационного, коммуникационного

обеспечения региональной крупномасштабной хозяйственной системы» [9, с. 49–50]. Наряду с такими элементами, как средства транспортировки, мощность и гибкость производственной подсистемы, он рассматривал финансово-кредитные институты, средства связи и коммуникации, кадры.

Л. Б. Миротин и В. И. Сергеев, базирясь на системном подходе при определении сущности логистической инфраструктуры, охарактеризовали ее как обеспечивающую подсистему и предложили рассматривать как «совокупность видов деятельности, с помощью которых осуществляется и обслуживается процесс движения материальных и финансовых потоков или процесс товародвижения» [14]. В работе «Основы логистики» они выделили три элемента, составляющих логистическую инфраструктуру:

- техническая инфраструктура, включающая транспорт, дороги, здания и сооружения, складские помещения и комплексы, терминалы и др.;

- институциональная инфраструктура (государственный аппарат экономического регулирования, кредитно-финансовые организации, учреждения, обеспечивающие управление народным хозяйством района);

- социальная инфраструктура, которая формируется на основе использования квалификационного, творческого и личностного потенциалов специалистов, занятых в изучаемой отрасли.

Другой взгляд продемонстрировали авторы книги «Стратегическое управление логистикой» Дж. Сток и Д. Ламберт, определяя логистическую инфраструктуру как «сетевую структуру источников снабжения, производства и дистрибуции в цепях поставок» [17].

Основываясь на современных исследованиях [7, 8, 11, 12, 19], мы можем сделать вывод, что логистическая инфраструктура служит решающим условием организации прямых и обратных материальных потоков в замкнутых цепях поставок.

Логистическая инфраструктура является поддерживающей подсистемой в логистической системе обращения твердых коммунальных отходов, которая позволяет обеспечить реализацию логистического менеджмента в рамках движения ТКО в замкнутых цепях поставок, в качестве которых в данном случае выступают территориальные схемы обращения с отходами.

Решающим фактором для авторов при выборе методологического инструментария оценки количества и мощности объектов логистической инфраструктуры являются надежность, репрезентативность и точность входных данных и параметров, используемых в целях исследования.

Качество данных имеет решающее значение для результатов оценки количества и мощности объектов логистической инфраструктуры, анализа, планирования и оптимизации расходов на их создание. Более того, используемые в ходе исследования данные должны быть достаточно общими, чтобы результаты исследования можно было экстраполировать на другие муниципальные образования, использовать для выработки решений по другим территориальным схемам обращения с отходами.

В представленном исследовании авторами по причине ограниченной эмпирической базы исследования оценка количества и мощности существующих объектов логистической инфраструктуры, анализ расходов на создание новых объектов логистической инфраструктуры в рамках территориальной схемы обращения с отходами не проводятся, оптимальная территориальная схема исследуемого муниципального образования не моделируется. В статье рассматриваются методологические инструменты, которые могут быть использованы для проведения такой работы: разработан алгоритм и критерии оценки количества и мощности объектов логистической инфраструктуры [24], обеспечивающей движение материального потока в замкнутой цепи поста-

вок. Несмотря на отмеченные недостатки использование данной методики позволяет более обоснованно формировать логистическую стратегию формирования и развития замкнутых цепей поставок в сфере управления твердыми отходами потребления.

Результаты

Введенное в период развития общества потребления в оборот понятие «отходы потребления» тесно связано с этапами жизненного пути продукции (потребление продукции, утилизация отходов), жизненным циклом, который Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO), определяет как «...последовательные и взаимосвязанные стадии жизненной системы продукта или процесса, начиная с добычи природных ресурсов и заканчивая утилизацией отходов» [22].

Принимая во внимание расчеты В. Вернадского, согласно которым из всего объема добытых природных ресурсов конвертируется в готовую продукцию и доходит до потребителя не более 6 %, а остальные оседают в виде отходов производства, причем, позднее, и эти 6 % уже в виде используемой готовой продукции постепенно конвертируются в бытовые отходы [5], необходимо понимать, что если не решить проблему растущих отходов производства и потребления, то экологически устойчивому развитию территорий будет наноситься непоправимый урон, а свалки начнут поглощать не только площади прилегающих к муниципальным образованиям земель, но и территории самих населенных пунктов.

В настоящее время в стране, по данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, действуют 4803 объекта размещения твердых коммунальных отходов, из них в территориальных схемах 1258 полигона. Ежегодно фиксируется образование 12 тысяч мигрирующих свалок, в том числе около тысячи свалок на территории городских округов. Объекты размещения твердых коммунальных объектов в России занимают более 384 тыс. га, 5,8 % из них перегружены, а 27,8 % не соответствуют нормам экологической безопасности [1].

При существующих темпах роста объемов твердых коммунальных отходов (только за 2020 г. в России образовано 7 004 179,0 тыс. т отходов производства и потребления, в т. ч. 48 462,0 тыс. т — это твердые коммунальные отходы) в 32 регионах мощности объектов их размещения будут исчерпаны до 2024 г., а в 17 из них — уже в 2022 г. Возможностей же создать новые полигоны у большинства регионов нет.

Решение проблемы отходов производства лежит в плоскости модернизации производственных предприятий, их перехода на безотходный цикл производства и малоотходные технологии.

Проблема отходов потребления многоуровневая и требует принятия мер как на экологическом, социальном, экономическом, нормативно-правовом, так и логистическом уровнях, учитывая, что до настоящего времени более 95 % твердых коммунальных отходов направляется для захоронения на полигонах и стихийных свалках (табл. 1).

Таблица 1 — Данные об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления в России за 2020 г., тыс. т [15]

Показатель	Наличие отходов на конец 2019 года	Образование отходов за 2020 год	Утилизировано отходов			Размещение отходов на эксплуатируемых объектах		Наличие отходов на конец 2020 года
			всего	из них		хранение	захоронение	
				для повторного применения (рециклинг)	предварительно прошедших обработку			
ТКО	8 152,3	48 462,0	1 761,9	1 491,6	1 491,6	7 257,4	36 097,4	11 497,7
Производственные отходы	48 412 779,7	6 955 717,0	3 406 325,6	1 509 216,1	26 051,7	2 874 052,6	832 301,7	51 075 207,7
Итого	48 420 932,0	7 004 179,0	3 408 087,5	1 510 707,7	27 543,3	2 881 309,9	868 399,1	51 086 705,3

Устойчивый рост отходов по прогнозам международных организаций будет наблюдаться во всех странах мира в ближайшее десятилетие, если не принять мер по их сокращению, с одной стороны, и вовлечению в производство и энергетическую утилизацию, с другой. Эти обстоятельства подвигли большинство прогрессивных стран к разработке программ, ориентированных на рациональное потребление ресурсов, предусматривающих уменьшение затрат ресурсов на душу населения, на единицу ВВП, обеспечение поэтапного воспроизводства лежащих в самой природе принципов ресурсной эффективности и безотходности [3]. Как и в международной практике, в Российской Федерации взят курс на сокращение объема отходов за счет их вовлечения в производство в качестве вторичного сырья, реализуемый в рамках федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами».

Решение проблем сохранения и улучшения состояния природного капи-

тала путем контроля ограниченных запасов и уравнивания возобновляемых потоков лежит в плоскости реализации концепции экономики замкнутого цикла, поскольку в ее модели отходы становятся активом или ресурсом, обеспечивая поэтапное воспроизводство лежащих в самой природе принципов ресурсной эффективности и безотходности, возвращая человека на новом технологическом витке к повсеместному воспроизведению в производственных и потребительских циклах используемых в экосистемах принципов [13].

В основе концепции циркулярной экономики — замкнутые цепи поставок, что требует поиска принципиально новых логистических подходов [6, 18] и инструментов. Новым логистическим подходом в реализации концепции циркулярной экономики выступает «реверсивная логистика», в рамках которой обеспечивается движение материального потока от точки потребления до изначального места производства [4, 23] (рис. 2).

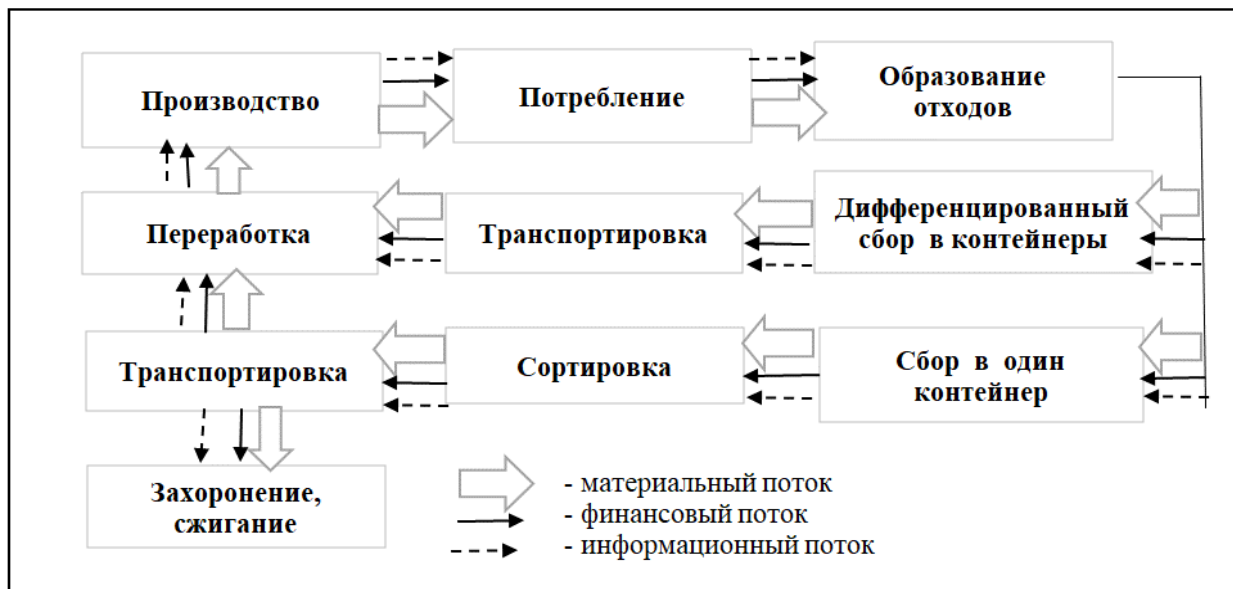


Рисунок 2 — Схема замкнутой цепи поставок в сфере обращения ТКО

Имеющаяся в регионах логистическая инфраструктура, обеспечивающая обращение с отходами, недостаточна для качественного увеличения обработки и

утилизации твердых коммунальных отходов, а предусмотренные законодательством экономические механизмы никак не стимулируют участников процесса

инвестировать в инфраструктуру раздельного накопления отходов и их утилизации посредством переработки. Так, на сегодняшний день уровень переработ-

ки отходов в Российской Федерации не превышает 10 %. При этом некоторые страны уже достигли минимальных объемов захоронения отходов (табл. 2).

Таблица 2 — Данные об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления в России и странах мира [16]

Показатель	Россия	США	Канада	Австралия	Германия	Франция	Нидерланды	Финляндия
Количество ТБО (ТКО), млн. тонн	70,0	262,0	34,0	13,3	52,4	28,0	8,8	2,7
Нагрузка на окружающую среду, тонн ТКО/ кв. км.	2,9	25,0	3,4	1,8	144,9	63,6	н/д	н/д
Захоронение отходов на мусорных полигонах в %	94,0%	52,0%	75,0%	42,5%	1,0%	22,0%	1,0%	3,0%
Переработка мусора и компостирование в %	4,0%	35,0%	17,0%	50,0%	66,0%	42,0%	53,0%	44,0%
Сжигание с использованием полученной энергии в %	2,0%	13,0%	8,0%	7,5%	33,0%	36,0%	46,0%	53,0%
Количество мусорных полигонов	> 14 000	действующие - 2 000 недействующие - 10 000	н/д	116 826	<300	24 427	2 028	113
Площадь мусорных полигонов, млн. га	> 4,0	действующие ~ 0,5 недействующие ~ 2,5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Количество сортировочных станций	50	> 1 000	н/д	87 229	н/д	н/д	н/д	н/д
Количество заводов по сжиганию мусора	10	н/д	н/д	н/д	н/д	127	н/д	н/д
Мощность заводов по сжиганию мусора	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Мощность заводов по переработке мусора	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Мощности по компостированию мусора	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

Раздельное накопление отходов и их утилизация посредством переработки лежат в основе замкнутой цепи поставок в сфере обращения ТКО, эффективность которой зависит от состава, структуры логистической инфраструктуры, уровня используемых технологий при выполнении объектами логистической инфраструктуры функций и операций по сбору, вывозу, утилизации твердых отходов потребления.

Несмотря на то что в 2021 г. в эксплуатацию в 34 субъектах введен 61 объект обращения с ТКО: 33 объекта для сортировки и 11 объектов комплексные, с общей мощностью 5,35 млн т (при необходимых общих мощностях в стране в 28,9 млн т), решение проблемы формирования логистической инфраструктуры и инвестирования в ее развитие (общий объем инвестиций в инфраструктуру об-

ращения с ТКО в 2021 г. составил более 30 млрд руб.) по-прежнему в большинстве регионов страны остается актуальным [20].

Расчет оптимального количества объектов логистической инфраструктуры, обеспечивающих эффективный процесс сбора и переработки ТКО в замкнутой цепи поставок, позволит определить обеспеченность объектами инфраструктуры в разрезе каждого населенного пункта и с учетом потенциала каждого из них и необходимых объемов инвестиционных ресурсов, более точно спланировать временной горизонт решения проблемы утилизации ТКО.

Объективная оценка показателей фактического количественного состава объектов логистической инфраструктуры возможна только при наличии данных об объеме ТКО в разрезе их морфологического состава по каждому пункту сбора.

Одним из способов решения данной проблемы является непрерывная информационная поддержка системы управления материальными потоками, начиная с пунктов сбора и заканчивая объектами утилизации или захоронения ТКО.

Замкнутая цепь поставок ТКО обеспечивается следующими объектами инфраструктуры:

1) пунктами сбора вторичного ТКО — оборудованными площадками, контейнеры на которых в зависимости от потребности могут быть вместимостью 0,4; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,1, 8,0 м³. Возможно применение других емкостей большей или меньшей вместимости.

Количество контейнеров для одной площадки рассчитывается, исходя из годового накопления ТКО на участке (Q , м³); периодичности удаления отходов (P , дней в году), вместимости контейнера i -вида (q_i).

$$K_k = \sum_{i=1}^i \frac{K_1 * K_2 * Q_i}{P * q_i}, \quad (1)$$

где K_1 — коэффициент неравномерности накопления отходов, принимаемый для основной массы отходов в размере 1,25, для крупногабаритных отходов — 1,0; K_2 — коэффициент, учитывающий число контейнеров, находящихся в ремонте и резерве, принимается равным 1,05.

Общее число контейнеров, необходимых для обслуживания всех районов городской агломерации, определяется произведением количества контейнеров на одной площадке на число площадок. Обеспеченность потребности в данном инфраструктурном объекте определяется расчетом отклонения между фактически сложившимся числом контейнеров и необходимых для организации вывоза ТКО в полном объеме;

2) мусороперегрузочными станциями, производственной мощностью не менее 150–200 м³/сутки, количество которых рассчитывается, исходя из годового накопления ТКО в каждом районе городской агломерации (Q , м³) и мощности станции (V , м³/сутки), числа городских районов (j , ед.).

$$K_m = \sum_{j=1}^j \frac{Q_j * j}{V_j * P}, \quad (2)$$

где P — периодичности удаления отходов, дней в году;

3) контейнерными мусоровозами i -вида. Используются машины для всех типов контейнеров системы перевозок типа «мультилифт» (машины сменных контейнеров, собирающие контейнеры объемом 6–9–12–18–22–27–30 м³); кузовные мусоровозы с ручной загрузкой отходов 0,33–0,6–0,75 м³. Количество единиц каждого вида транспорта рассчитывается, исходя из ежедневного объема накопленных отходов на каждом пункте сбора, объема кузова транспортной единицы, м³, количества поездок, которые может совершить автомобиль в зависимости от среднего пробега от места сбора отходов до их выгрузки и обратно, с учетом маневрирования и возможных объездов, и нулевого пробега:

$$T_k = \sum_{i=1}^i \frac{Q_i}{P * q_{куз}}, \quad (3)$$

где P — периодичности удаления отходов, дней в году;

4) заводами по переработке мусора (производственные мощности заводов по переработке мусора, их загруженность, объем переработанных отходов, тарифы);

5) центрами сортировки ТКО (занятая площадь, количество линий, их мощность, загруженность, объем ежедневно принимаемого мусора, тарифы);

6) полигонами по захоронению ТКО (занятые мусором площади и наличие свободных от мусора площадей, объем размещенного на полигоне мусора, качество поступающих ТКО, тарифы).

Данные о количестве отходов являются исходной точкой для расчета количества объектов логистической инфраструктуры. Согласно Порядку накопления твердых коммунальных отходов на территории Ростовской области, в том числе г. Ростове-на-Дону, рассматриваемом авторами в качестве объекта исследования, введена двухконтейнерная система накопления ТКО с разделением на органические (пищевые) и неорганические

ские (прочие не пищевые) отходы, которая должна обеспечиваться 70 тысячами контейнеров, приобретение которых Паспортом регионального проекта предусмотрено в 2024 г. [2].

Однако трудности в получении достоверной информации об объемах ТКО в разрезе их морфологического состава, собираемых на площадках городской агломерации, не позволили авторам провести расчет необходимого количества объектов логистической инфраструктуры.

Использование обобщенных или прогнозных данных, не подтвержденных документально, может привести к геометрической прогрессии ошибок при расчете фактического и необходимого количества объектов логистической инфраструктуры системы обращения с ТКО.

Затраты на организацию системы обращения с ТКО определяются общей стоимостью переработки ТКО, рассчитываемой с помощью формул Э. Антмана [21]:

$$SW = \min(\text{costs}) = W_c + W_r + W_t + W_p + W_d + W_m - C, \quad (4)$$

$$W_r = \sum_t T \cdot \sum_j \cdot \sum_i W_{ij}^{Coll} X_{ijt}, \quad (5)$$

$$W_t = \sum_t T \cdot \sum_{k=j+1}^{22} \cdot \sum_i W_{ij}^{Trans} X_{ijt}, \quad (6)$$

$$W_p = \sum_{j=1}^{22} W_j^{Proks} Y_j, \quad (7)$$

$$W_d = \sum_t T \cdot \sum_{l=1}^{14} \cdot \sum_{i=1}^{22} W_{jl}^{Disc} Z_{ilt}, \quad (8)$$

$$C = C_p * Q_w + C_d * Q_d + C_e * Q_e + C_n * Q_n. \quad (9)$$

где $W_c, W_r, W_t, W_p, W_d, W_m$ — затраты на логистические операции по обслуживанию площадок накопления отходов (const), сбору на мусороперегрузочных станциях, транспортировке, обработке (сортировке), утилизации и захоронению твердых отходов потребления соответственно;

$W_{ij}^{Coll}, W_{ij}^{Trans}, W_j^{Proks}, W_{jl}^{Disc}$ — затраты на логистические операции по сбору, вывозу, сортировке и утилизации твердых отходов потребления за единицу времени;

C — сумма выручки от оказания услуг населению и организациям по вывозу и обезвреживанию отходов, от реализации собранного отсортированного вторичного сырья и от произведенной электрической и тепловой энергии;

C_p, C_d, C_e, C_n — тарифы на прием отходов, продажу вторичного сырья, электроэнергию и теплоэнергию соответственно;

Q_p, Q_d, Q_e, Q_n — объемы принимаемых отходов, вторичного сырья, полученных электроэнергии и теплоэнергии соответственно;

$l - \{0...14\}$ — тип твердых отходов потребления.

Представленные результаты в основном опираются на вторичные мате-

риалы, что является источником некоторых погрешностей и отклонений расчетных значений от реальных.

Тем не менее нам представляются возможным сделать следующие выводы:

1) логистика продолжает оставаться существенным резервом для экономии ресурсов любого рода: финансовых, материальных, трудовых, что позволяет использовать ее инструментарий в различных секторах народного хозяйства;

2) современный недостаточный уровень информации об объемах ТКО в разрезе их морфологического состава требует дальнейшей работы по сбору и обработке данных;

3) при определении роли и значения логистической инфраструктуры в сфере обращения ТКО необходимо уделять внимание институциональным и социальным элементам инфраструктуры;

4) предложенный механизм расчета затрат на организацию системы обращения с ТКО в целом соответствует задаче достижения заданных целей, соответствующих экологической политике и нормативным актам, регулирующим порядок их обращения.

Обсуждение

Представленное исследование следует рассматривать как дополнение к существующим исследованиям, принимая во внимание небольшое количество работ по данному направлению. Обсуждения со специалистами и практиками в области переработки твердых отходов потребления могут принести большую пользу для дальнейшего развития предложенной методики.

Выводы

На основе разработанной критериальной оценки количества и мощности объектов логистической инфраструктуры замкнутых цепей поставок в сфере управления ТКО руководители муниципальных образований получают возможность принимать адекватные, взвешенные решения относительно размера и направлений инвестирования в логистическую инфраструктуру, что приводит к улучшению наиболее существенных параметров их деятельности.

Риски, возникающие в процессе управления, переработки и утилизации ТКО нуждаются в своевременной идентификации и анализе с целью разработки в дальнейшем политики управления рисками. При разработке программы управления рисками, возникающими в замкнутых цепях поставок, авторы предлагают учитывать непрерывность и цикличность процесса управления ТКО в условиях циркулярной экономики.

Определение количества и мощности объектов логистической инфраструктуры является драйвером достижения целей в области экологической политики муниципальных образований и особенно крупных городских агломераций.

Количественная оценка показателей, характеризующих логистическую инфраструктуру системы обращения с ТКО, требует анализа соответствия мощности и количества объектов логистической инфраструктуры объему материальных потоков, начиная со сбора ТКО и заканчивая их продажей, переработкой и утилизацией.

Библиографический список

1. О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Охрана окружающей среды»: [Постановление Правительства РФ от 29.12.2021 № 2549] // Собрание законодательства Российской Федерации. — 03.01.2022. — № 1. — Ч. IV. — Ст. 241.
2. Региональный проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.donland.ru/activity/2547>.
3. Альбеков, А. У. Логистика вторичных материальных ресурсов // Российское предпринимательство. — 2012. — № 2.
4. Белоусов, А. И., Шелухина, Е. А. Моделирование управления процессом обращения с твердыми бытовыми отходами на региональном уровне // Проблемы развития территории. — 2018. — № 2 (94).
5. Букринская, Э. М., Мясникова, Л. А. Логистика взаимодействия участников системы обращения с отходами // ПСЭ. — 2018. — № 3 (67).
6. Гагарина, Л. Г., Лупин, С. С., Портнов, Е. М. Моделирование системы управления процессами утилизации твердых бытовых отходов // Современные наукоемкие технологии. — 2019. — № 12-1. — С. 47–52.
7. Венде, Ф. Д., Рыкалина, О., Степанов, В. Определение понятия и содержания инфраструктуры логистики // Логистика. — 2014. — № 12 (97). — С. 58–61.
8. Колесникова, М. А., Климовец, О. В. Факторы, влияющие на развитие бизнеса в России // Современные научные исследования: исторический опыт и инновации: сборник материалов XV Междунар. науч.-практ. конф., Якаевские чтения. — 2019. — С. 81–85.
9. Колодин, В. С. Логистическая инфраструктура регионального товарного рынка. — Иркутск, 1999.
10. Коммунальные отходы и обращение с ними: кто, когда, за чей счет? [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

http://24.rospotrebnadzor.ru/about/Ugol_Potreb/154539.

11. Лукина, Э. А., Третьяченко, Т. В. Инфраструктура логистической системы: определение и сущность // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. — 2016. — № 16. — С. 47–53.

12. Лукинский, В. В. Логистика — кровеносная система нашей страны // Основные понятия логистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://spb.hse.ru/news/126119438.html>.

13. Несиоловская, Т. Н. Логистический подход к решению региональных проблем утилизации отходов потребления // Теоретическая экономика. — 2021. — № 8 (80).

14. Основы логистики : учеб. пособие / под ред. Л. Б. Миротина, В. И. Сергеева. — М. : ИНФРА-М, 2000.

15. Региональный проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.donland.ru/activity/2547>.

16. Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы) за 2020 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/activity/regulation/help>.

17. Системы управления бытовыми отходами разных стран: Рецепты для России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stolypin.institute/analytics/sistemy-upravleniya-bytovymi-othodami-raznyh-stran-retsepty-dlya-rossii>.

18. Сток, Дж. Р., Ламберт, Д. М. Стратегическое управление логистикой. — М., 2005. — XXXII.

19. Третьяченко, Т. В. Современные методы управления логистической инфраструктурой нового поколения // Цифровая революция в логистике: эффекты, конгломераты и точки роста : материалы междунар. науч.-практ. конф. XIV Южно-Российский логистический форум. — Ростов-на-Дону, 2018. — С. 101–104.

20. Эколого-логистический аудит / Н. Г. Гладышев, Д. Е. Быков, В. П. Ме-

шалкин, А. А. Шишканова // Экология и промышленность России. — 2006. — № 11. — С. 32–35.

21. Antmann, E. D., Celik, N., Shi, X., Dai, Y. Simulationbased optimization of solid waste management and recycling programs // IIE Annual Conference : proceedings. — 2012. — P. 759–768.

22. Bain, J., Tan, A., Mudgal, S. Decoupling of waste and economic indicators [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wrap.org.uk>.

23. Guinee, J. B. Life Cycle Assessment: operation guide to the ISO Standards, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment // The Hague. — 2001.

24. Moy, P., Krishnan, N., Ulloa, P. Options of municipal solid waste in New York City: A preliminary comparison of health risks and policy implications // Journal of Environmental Management. — 2008. — № 87. — P. 73–79.

25. Nemerow, N., Agardy, F. J., Sullivan P. Environmental Engineering: Environmental Health and Safety for Municipal Infrastructure, Land Use and Planning, and Industry. — Hoboken, NJ, 2009.

26. Niknejad, A., Petrovic, D. Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes // European Journal of Operational Research. — 2014. — № 238 (1). — P. 143–154.

Bibliographic list

1. On making changes to state program of Russian Federation «Environmental Protection» : [Decree of Government of Russian Federation from 29.12.2021 № 2549] // Collection of Laws of Russian Federation. — 03.01.2022. — № 1. — Part IV. — Art. 241.

2. Regional project «Integrated system of solid municipal waste management» [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.donland.ru/activity/2547>.

3. Albekov, A. U. Logistics of secondary material resources // Russian Entrepreneurship. — 2012. — № 2.

4. Belousov, A. I., Shelukhina, E. A. Modeling of solid waste management at the regional level // Problems of Territory Development. — 2018. — № 2 (94).

5. *Bukrinskaya, E. M., Myasnikova, L. A.* Logistics of interaction between participants of waste management system // PSE. — 2018. — № 3 (67).

6. *Gagarina, L. G., Lupin, S. S., Portnov, E. M.* Modeling of management system of solid waste management // Modern Science-Intensive Technologies. — 2019. — № 12–1. — P. 47–52.

7. *Vende, D. F., Rykalina, O., Stepanov, V.* Definition of concept and content of logistics infrastructure // Logistics. — 2014. — № 12 (97). — P. 58–61.

8. *Kolesnikova, M. A., Klimovets, O. V.* Factors affecting business development in Russia // Modern scientific research: historical experience and innovation : materials of XV International scient.-pract. conf. Yakayev Readings. — 2019. — P. 81–85.

9. *Kolodin, V. S.* Logistic infrastructure of regional commodity market. — Irkutsk, 1999.

10. Municipal Waste and Waste Management: who, when, at whose expense? [Electronic resource]. — Mode of access: http://24.rospotrebnadzor.ru/about/Ugol_Potreb/154539.

11. *Lukina, E. A., Tretyachenko, T. V.* Infrastructure of logistics system: definition and essence // Infrastructural sectors of economy: problems and prospects for development. — 2016. — № 16. — P. 47–53.

12. *Lukinsky, V. V.* Logistics — circulatory system of our country [Electronic resource] // Basic concepts of logistics. — Mode of access: <https://spb.hse.ru/news/126119438.html>.

13. *Nesiolovskaya, T. N.* Logistic approach to solving regional problems of consumption waste recycling // Theoretical Economics. — 2021. — № 8 (80).

14. Fundamentals of Logistics : textbook / ed. by L. B. Mirotn, V. I. Sergeev. — M. : INFRA-M, 2000.

15. Regional Project «Integrated System of Solid Municipal Waste Management» [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.donland.ru>.

16. Information on formation, processing, disposal, neutralization, disposal of production and consumption waste in the form of 2-TP (waste) for 2020 Background Informa-

tion [Electronic resource]. — Mode of access: <https://rpn.gov.ru/activity/regulation/help>.

17. Systems of household waste management in different countries: Prescriptions for Russia [Electronic resource]. — Mode of access: <https://stolypin.institute/analytics/sistemy-upravleniya-bytovymi-otvodami-raznyh-stran-retsepty-dlya-rossii>.

18. *Stock, J. R., Lambert, D. M.* Strategic logistics management. — M., 2005. — XXXII.

19. *Tretiachenko, T. V.* Modern methods of logistics infrastructure management of new generation // Digital revolution in logistics: effects, conglomerates and growth points : proceedings of International scient.-pract. conf. XIV South-Russian logistics forum. — Rostov-on-Don, 2018. — P. 101–104.

20. Ecological and logistics audit / N. G. Gladyshev, D. E. Bykov, V. P. Meshalkin, A. A. Shishkanova // Ecology and Industry of Russia. — 2006. — № 11. — P. 32–35.

21. *Antmann, E. D., Celik, N., Shi, X., Dai, Y.* Simulationbased optimization of solid waste management and recycling programs // IIE Annual Conference : proceedings. — 2012. — P. 759–768.

22. *Bain, J., Tan, A., Mudgal, S.* Decoupling of waste and economic indicators [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.wrap.org.uk>.

23. *Guinee, J. B.* Life Cycle Assessment: operation guide to the ISO Standards, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment // The Hague. — 2001.

24. *Moy, P., Krishnan, N., Ulloa, P.* Options of municipal solid waste in New York City: A preliminary comparison of health risks and policy implications // Journal of Environmental Management. — 2008. — № 87. — P. 73–79.

25. *Nemerow, N., Agardy, F. J., Sullivan P.* Environmental Engineering: Environmental Health and Safety for Municipal Infrastructure, Land Use and Planning, and Industry. — Hoboken, NJ, 2009.

26. *Niknejad, A., Petrovic, D.* Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes // European Journal of Operational Research. — 2014. — № 238 (1). — P. 143–154.

Г. П. Фомин, И. В. Сухорукова, А. Ф. Грибов

АДАПТИВНАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Аннотация

В статье рассматривается архитектура построения системы управления рисками на основе фундаментальных аксиом теории управления и принципов теории управления рисками для формирования адаптивной структуры риск-менеджмента. В качестве наиболее эффективного метода моделирования предлагается использовать гибридный с использованием преимуществ как формальных, так и неформальных методов и моделей в построении адаптивной системы управления рисками на предприятиях по принципу снизу-вверх. Для снятия возникающих противоречий индикативных показателей рисков предлагается использовать многокритериальный метод структуризации характеристик в моделях оценки по разным критериям целевых функций — минимизации времени или затрат, максимизации выручки от продаж или прибыли, что и определяет риск неупущенной возможности. Архитектура гибридной адаптивной модели предполагает радикальную схему изменения управленческого поведения, заключающуюся в переходе от обычного регулирования сверху к непосредственному регулированию рискованных факторов в процессе и местах их проявления.

Ключевые слова

Управление, многокритериальность, система, предприятие, адаптация, многокритериальные рискованные факторы, моделирование.

G. P. Fomin, I. V. Sukhorukova, A. F. Gribov

ADAPTIVE MULTI-CRITERIA RISK MANAGEMENT SYSTEM

Annotation

Article discusses the architecture of building a risk management system based on fundamental axioms of management theory and principles of risk management theory to form adaptive structure of risk management. As the most effective modeling method, it is proposed to use a hybrid one, using the advantages of both formal and informal methods and models in building an adaptive risk management system in enterprises on bottom-up basis. To remove the emerging contradictions of indicative risk indicators, it is proposed to use a multi-criteria method of structuring characteristics in evaluation models according to different criteria of objective functions — minimizing time or costs, maximizing sales revenue or profit, which determines the risk of an unmissed opportunity. Architecture of hybrid adaptive model assumes a radical scheme for changing managerial behavior, which consists in transition from conventional regulation from above to direct regulation of risk factors in process and places of their manifestation.

Keywords

Management, multicriteria, system, company, adaptation, multicriteria risk factors, modeling.

Введение

Для успешной реализации решения задач управления рисками необходимо, прежде всего, ориентироваться на фундаментальные теоретические утверждения: 1. Наличие цели управления в виде набора характеристик, который определяет требуемое состояние к моменту

окончания процесса управления. 2. Наличие наблюдаемости экономических процессов предприятия. 3. Наличие управляемости, то есть способности переходить в пространстве состояний под управляющим воздействием из любого текущего состояния в требуемое состояние, иначе происходит потеря управляе-