

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

№ 10 / 2024 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/sistemnyj-podhod-i-sovremennye-resheniya-v-sfere-obrashheniya-otходов-dlya-sotsialno-ekonomicheskogo-upravleniya-prirodopolzovaniya/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 628.4.08:332.1

DOI: 10.54861/27131211_2024_10_117



СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В СФЕРЕ ОБРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Чмыхалова С.В., кандидат технических наук, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Россия

Алкинани Ф.Д.С., аспирант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Россия

Травин И.А., главный конструктор, изобретатель группы компаний «Экологичные зелёные линии», руководитель проекта «7GreenLine», Московская область, г. Коломна, Россия

Коновалов Д.И., студент, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Россия

Аннотация. Предмет исследования в статье – система обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) для выбора экономически целесообразной стратегии управления отходами с позиций системного подхода. Цель исследований заключается в эколого-экономическом обосновании получения вторичной продукции для возврата ее в новый хозяйственный оборот. Анализируется текущее состояние системы обращения с отходами в мире и в России, разрабатываются рекомендации эколого-экономического механизма регулирования обращения с твердыми бытовыми отходами, необходимые как для Российской Федерации, так и для Республики Ирак, которая совместно с Россией заинтересована в активизации эколого-экономических исследований обращения с ТКО. Обращение с твердыми коммунальными отходами (ТКО) и вторичного сырья рассматривается как сложная система, в состав которой входят следующие подсистемы: государственный механизм управления отходами потребления; наличие техники и технологий обращения с отходами; экономический механизм управления обращением с отходами; региональный механизм управления обращением с отходами; экологический механизм управления обращением с отходами и сохранение биоразнообразия. Данные

исследования актуальны для РФ, Республики Ирак и других стран. В результате исследований разработана комплексная система обращения с твердыми бытовыми отходами, в которой проанализированы негативные экологические последствия загрязнения территорий бытовыми отходами для окружающей среды. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку эколого-экономического механизма регулирования обращения с твердыми коммунальными отходами.

Ключевые слова: системный подход, твёрдые коммунальные отходы; эколого-экономическая оценка, экономика природопользования.

A SYSTEMATIC APPROACH AND MODERN SOLUTIONS IN THE FIELD OF WASTE MANAGEMENT FOR SOCIO-ECONOMIC MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

*Chmykhalova S.V., Associate professor, National University of Science and
Technology «MISIS», Moscow, Russia*

*Alkinani F.D.S., Graduate Student, National University of Science and
Technology «MISIS», Moscow, Russia*

*Travin I.A., Chief Designer, inventor of the Eco-Friendly Green Lines Group of
Companies, Head of the 7GReenLine project, Moscow Region, Kolomna, Russia*

*Konovalov D.I., Student, National University of Science and Technology «MISIS»,
Moscow, Russia*

Abstract. The subject of the research in the article is the solid municipal waste management system (MSW) to select an economically feasible waste management strategy from the standpoint of a systematic approach. The purpose of the research is to provide an ecological and economic justification for obtaining secondary products in order to return them to a new economic turnover. The current state of the waste management system in the world and in Russia is analyzed, recommendations of the ecological and economic mechanism for regulating the management of solid household waste are being developed, which are necessary for both the Russian Federation and the Republic of Iraq, which, together with Russia, is interested in intensifying ecological and economic research on the management of MSW. The management of solid municipal waste (MSW) and secondary raw materials is considered as a complex system, which includes the following subsystems: the state mechanism for managing consumer waste; availability of waste management equipment and technologies; economic waste management mechanism; regional waste management mechanism; environmental waste management mechanism and biodiversity conservation. These studies are relevant for the Russian Federation, the Republic of Iraq and other countries. As a result of the research, a comprehensive solid waste management system has been developed, which analyzes the negative environmental consequences of pollution of territories with household waste for the environment. Further research will be aimed at developing an ecological and economic mechanism for regulating the management of solid municipal waste.

Keywords: system approach, solid municipal waste; ecological and economic assessment, economics of environmental management.

JEL classification: O13, Q53, Q55.

Для цитирования: Чмыхалова С.В., Алкинани Ф.Д.С., Травин И.А., Коновалов Д.И. Системный подход и современные решения в сфере обращения отходов для социально-экономического управления природопользования // Прогрессивная экономика. 2024. № 10. С. 117–132. DOI: 10.54861/27131211_2024_10_117.

Статья поступила в редакцию: 11.10.2024 г. Одобрена после рецензирования: 17.10.2024 г. Принята к публикации: 19.10.2024 г.

For citation: Chmykhalova S.V., Alkinani F.D.S., Travin I.A., Konovalov D.I. A systematic approach and modern solutions in the field of waste management for socio-economic management of environmental management // Progressive Economy. 2024. No. 10. pp. 117–132. DOI: 10.54861/27131211_2024_10_117.

The article was submitted to the editorial office: 11/10/2024. Approved after review: 17/10/2024. Accepted for publication: 19/10/2024.

Введение

Привычная бытовая жизнь человека зачастую становится источником возникновения ряда экологических проблем, таких как загрязнение воздуха, воды и почвы твердыми коммунальными отходами и мусором. Многообразие потребностей человека приводит к многообразию отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать и внедрять современные методы получения вторичного сырья и экологичных источников энергии [25; 5]. Обращение с бытовыми отходами является проблемой во многих государствах, например в Малайзии. Исследования показали, что 50,3% домохозяйств разделяют свои отходы, в то время как 49,7% этого не делают. Около 95,9% респондентов знали, что неправильное обращение с отходами приводит к болезням, таким как диарея и малярия [22].

Утилизация отходов в сельской местности представляет собой серьезную проблему для местных органов власти в развивающихся странах. Муниципалитеты сталкиваются с ограниченными бюджетами и препятствиями при сборе отходов, а также с отсутствием надлежащего оборудования, инфраструктуры и центров обработки. Эти препятствия приводят к дальнейшим проблемам, таким как замусоривание и незаконные свалки, пополняя базу знаний об отдаленных и сельских городах Южной Африки. Целью данного исследования является оценка практики обращения с отходами и проблем домашних хозяйств в муниципалитете на Северном Мысе, Южная Африка. В работах исследуются практики обращения с бытовыми отходами, выявляются проблемы, с которыми сталкиваются домохозяйства в связи с их обращением с отходами, и их готовность участвовать в программе отдельного сбора отходов, в отдаленном сельском

городке муниципалитета Хантам на Северном Мысе, Южная Африка [21]. Поэтому исследования, проводимые в данном направлении, актуальны и для Российской Федерации, и для Республики Ирак, где решением данных проблем активно занимаются в настоящее время.

Отходы по-прежнему являются серьезной проблемой в городе Пеканбару (Индонезия). Недостаточное участие частного сектора в управлении отходами, бюджетные и информационные ограничения существенно влияют на обращение с отходами [23]. Приведенные примеры показывают наличие комплекса проблем обращения с бытовыми отходами, начиная от уровня информированности населения, организации и финансирования мероприятий по вопросам обращения с твердыми бытовыми отходами. В данном исследовании ограничимся вопросами обращения с отходами потребления (ТБО) или твердым коммунальными отходами (ТКО) в соответствии с утвержденным термином и крупногабаритными отходами (КГО) [26].

В настоящее время в Ираке созданы необходимые условия для внедрения комплексной системы управления твердыми коммунальными отходами, включая разработку соответствующей законодательной базы [25; 24]. Внедрение такой системы переработки отходов окажет положительное влияние на создание рабочих мест, улучшение экологической ситуации и качество жизни местного населения. Опыт России в сфере сортировки и переработки твердых бытовых отходов вызывает интерес у Ирака и может служить основой для дальнейшего сотрудничества. В данном контексте, научная проблема, рассматриваемая в статье, является актуальной и полезной для развития системы управления твердыми коммунальными отходами.

Результаты и обсуждение

Производство и потребление – две системы экономики любого государства. Как производство, так и потребление используют ресурсы окружающей среды, при этом в окружающую среду часто выбрасываются отходы, которые не перерабатываются. Они могут сбрасываться в водные объекты, или размещаться в литосфере, на мусорных полигонах, загрязняя атмосферу свалочными газами и жидким фильтратом или выделяя вредные вещества с поверхности ТКО. Сортировка, очистка, дробление и последующая переработка необходимые этапы получения новых хозяйственных продуктов и снижения нагрузки на окружающую среду [5].

Понятие ТКО дано в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» [26]. Отходы производства не являются ТКО, это отдельная тема, которая в статье не отражена. Рассмотрим переработку отходов как систему, т.е. применим системный подход. Системный подход отличается наиболее универсальной стратегией и процедурами, которые применим в данном исследовании. Системный анализ требует понимания целей и формулировки задач, при анализе и синтезе как самой системы, так и ее подсистем. Главными целями данной системы (и ее подсистем) являются:

- обеспечение поиска и обобщение идей, принципов, методов и конкретных технических решений для разработки системы, для их широкого внедрения в жизнь в современных условиях для обеспечения благоприятной окружающей среды и биоразнообразия;
- получение большего объема информации, необходимой для осуществления внедрения данной системы в хозяйственную деятельность;
- обеспечение совместимости подсистем, их элементами (внутренняя совместимость) и внешней средой (внешняя совместимость). В нашем случае – это организация сбора отходов населением;
- прогнозирование развития для подготовки перспективных действий;
- выбор наиболее эффективного пути реализации и внедрения данной системы;
- выбрать наиболее эффективный путь развития данной системы и др.

В качестве исходной системы примем систему обращения с бытовыми отходами, разработанную авторами данного исследования, приведенную на рис. 1.



Рис. 1. Система обращения с бытовыми отходами и ее подсистемы

Источник: составлено авторами

Культура обращения с отходами потребления в обществе (Россия, Ирак и др.) стала внедряться достаточно недавно. Поэтому в настоящее время перед странами стоят следующие задачи:

- сбор отходов с загрязненных территорий, их сортировка и дальнейшая переработка;
- внедрение раздельного сбора ТКО;

– развитие новых отраслей обращения с отходами таких как: производство экологичной энергии из отходов RDF (refuse derived fuel – топливо, полученное из отходов) [6], производство биоудобрений из органических отходов;

– полная переработка всех отходов без захоронения на мусорных полигонах.

Эти задачи требуют вложения значительных ресурсов во многие сферы жизни:

- разработка и принятие законов и нормативных актов;
- повышение культуры населения, обучение раздельному сбору отходов на уровне отдельных хозяйств [7; 21; 22; 23];
- организация образовательных процессов, их продвижение через рекламу, информационные и образовательные ресурсы;
- разработка экономического и экологического механизмов управления бытовыми отходами [3; 6];
- разработка регионального механизма управления обращения с бытовыми отходами;
- организация производств по переработке отходов, вторичного сырья и получения новой продукции;
- организация площадок для сбора отходов как в случае смешанного сбора, так и раздельного;
- размещение фандоматов в людных местах, со встроенной системой оплаты вторичного сырья;
- систематическая установка пунктов приема вторичного сырья у населения и (его оплаты возможно, не только деньгами, но продуктами и другими товарами);
- разработка логистических систем перемещения отходов и вторичного сырья.

Государственный механизм управления обращением с отходами потребления (ТБО). Один из главных вопросов в этом направлении является вопрос о законодательной и исполнительной базе. В Российской Федерации и в Республике Ирак имеется необходимая законодательная база. Данные о законах представлены в табл. 1. Таким образом, каждый российский гражданин и каждый иракский гражданин могут жить в экологически благоприятных условиях, в условиях здоровой и чистой окружающей среды, что является конституционным правом, и государство и его институты должны реализовать это право. Внедрение в жизнь этого права является достаточно трудным и долговременным процессом. Поэтому вопросы организации процесса сортировки и переработки отходов, как загрязнителей окружающей среды, являются актуальными как для РФ, так и для Республики Ирак.

Таблица 1

Законодательная база для разработки мер по охране окружающей среды от отходов потребления и мусора

Наименование законов	Россия	Ирак
Конституция	Конституция Российской Федерации. Статья 42 Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением [1].	Конституция Ирака, действующая в 2005 году, также приняла во внимание четкую конституционную защиту окружающей среды в статье 33. В пункте 1 статьи 33 Конституции Ирака говорится, что каждый человек имеет право жить в здоровых экологических условиях, а во-вторых, государство несет ответственность за защиту и сохранение окружающей среды и биоразнообразия [25].
Федеральные законы	Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) [27].	В 2009 г. на смену Закону № 3 пришел Федеральный закон № 27 «Об охране и улучшении окружающей среды (ОУОС). Он содержит статью о защите окружающей среды (ст. 39), прописывает правила, условия, процедуры, спецификации, стандарты в сфере охраны окружающей среды, а также определяет государственные органы исполнительной власти, ответственные за осуществление его положений. Два органа – Министерство окружающей среды и Совет по охране и улучшению окружающей среды (и его филиалы в провинциях) – уполномочены реализовывать положения указанного закона [2].
	Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция) [24].	Отсутствует

Источник: составлено авторами по данным [1; 2; 24; 25; 27]

Первым шагом реализации законов на практике является разработка экономического механизма. Финансирование предприятий по сортировке и переработке отходов на первом этапе должно быть государственным, возможно привлечение частных инвестиций, в том числе иностранных. Внедрение данного направления позволяет привлекать к финансированию бизнес малых и средних предприятий и создание новых рабочих мест. Государство может быть собственником крупных предприятий по сортировке и переработке отходов, однако оно может привлекать различные бизнес-

структуры. Сочетание рыночных и государственных механизмов регулирования более эффективно.

Достоинством этой схемы является участие всех заинтересованных лиц в процессе переработки отходов. Однако во многих населенных пунктах количество отходов небольшое, и строительство капитального перерабатывающего предприятия может оказаться нецелесообразным. Поэтому предлагается в таких случаях использовать мобильные или модульные (быстровозводимые) сортировочные комплексы с последующей доставкой сырья на более крупные перерабатывающие комплексы.

Для успешной реализации внедрения системы обращения с отходами необходимо формирование:

- устойчивых эколого-ориентированных привычек бытового поведения и мышления при сборе и раздельном накоплении вторичного сырья,
- мотивации с целью участия в раздельном сборе твердых коммунальных (бытовых) отходов,
- необходимости их вторичной переработки и сохранения окружающей природы и собственного здоровья.

Наличие техники и технологий для обращения с бытовыми отходами. На практике реализация законов дает возможность очищения территорий от бытовых отходов, сортировки и создания соответствующих комплексов, переработки отходов и получения новой готовой продукции, т.е. строительство сортировочных комплексов и перерабатывающих производств.

Оператор по обращению с отходами «ЭкоЛайн» проанализировал состав баков. Проведя детализацию, компания пришла к выводу, что пластик занимает 55% объема мусора и все это упаковка. На бумагу приходится 23% от общего количества отходов, на металл и тетрапак – 13,5%, на стекло – 8%, на шины и электроприборы – 0,5% [7]. Допускаем, что статистика не очень точная, т.к. не учтены органика, смешанные, крупногабаритные, и строительные отходы. Несмотря на статистику отдельных компаний, мы действительно видим, что пластиковых отходов становится всё больше, и с каждым годом они растут.

Наиболее перспективным является переработка отходов и получение новых изделий, товаров и экологичной энергии из отходов.

Мусор, который люди выбрасывают в контейнеры, при грамотном использовании может превратиться в полезное вторичное сырье. К примеру, макулатура может пойти на создание новой бумаги, картон на создание упаковок из картона и гофрокартон, упаковочную бумагу и т.д. Применение вторичных ПЭТ бутылок целесообразно для разлива органических удобрений, бытовой химии, производства контейнеров, ящиков, канистр, флаконов и даже одежды. Тетрапак очень сложен в переработке и экономически не выгоден, поэтому из полученного сырья производятся более простые материалы, например вторичная упаковка, тара. А 400 алюминиевых банок могут вернуться в виде велосипеда, утверждают в Департаменте жилищно-коммунального хозяйства Москвы [7].

Возможность очищения территорий от бытовых отходов, не санкционированных свалок, их сортировка и создание комплексов по переработке отходов и получение новой готовой продукции возможны при наличии современных технических устройств и технологий, т. е. строительства новых сортировочных комплексов и перерабатывающих производств, адаптированных к климатическим условиям эксплуатации, региональному менталитету, ландшафту и другим условиям.

В систему обращения с отходами и мусором входят следующие производственно-технологические подсистемы:

– контейнеры для сбора отходов у населения в городах и населенных пунктах;

– контейнерные площадки для раздельного сбора вторичного сырья. Обеспеченные люди будут приносить и разделять вторсырье по контейнерам, а бедные слои общества смогут забрать вторсырьё из контейнеров и продать его на пунктах приёма, получить деньги или продукты (как вариант саморегулируемой системы).

– специализированный транспорт для сбора и вывоза вторичного сырья (компании перевозчики);

– мусоросортировочные и мусороперерабатывающие предприятия (сортировка, переработка вторичного сырья и получение готовой продукции из отходов, получение биотоплива из отходов и производство биоэнергии. Последующая и безопасная утилизация остатков отходов, непригодных для получения новой продукции).

Под сортировкой отходов будем понимать процесс, с помощью которого отходы разделяются по видам и фракциям. Сортировка отходов может происходить вручную в домашнем хозяйстве и собираться через контейнеры на специально организованных площадках. Механическая, полуавтоматическая, автоматическая сортировка отходов должна происходить на специализированных комплексах с дополнительными системами очистки отходов и последующей переработки в полезное сырье.

Под утилизацией отходов понимается полное уничтожение отходов. При этом, данный процесс должен соответствовать одному главному условию – быть безопасным.

Выбор оборудования для сортировочного комплекса твердых бытовых отходов (ТБО, ТКО). Твердые бытовые отходы целесообразно рассматривать как сложную систему, состоящую из множества элементов. Состав этой системы формируется в бытовой жизни человека.

Поэтому для дальнейшего описания процесса сортировки, который также может рассматриваться как сложная взаимозависимая система, используются схемы, уточняющие взаимоотношения между операциями сортировки. К основным этапам сортировки ТКО относятся [9]:

1. Подготовительный этап ТКО. Твердые коммунальные отходы проходят предварительную сортировку, в ходе которой отделяются крупногабаритные отходы (КГО), в том числе крупное стекло и др. Данный

процесс должен обязательно происходить на бетонированных площадках или в специальных бункерах-питателях с помощью специальных манипуляторов, что исключает попадание вредных отходов в землю.

2. Основная сортировка ТБО. Из бункера питателя отходы попадают в разрыватель мусорных пакетов и барабанный или роторный сепаратор для отбора органики и мелких фракций сырья. После из предварительно подготовленного потока ТБО отбирается полезное вторсырье: бумага, картон, полимеры и др.

Сортировка может быть ручная на конвейере (люди отбирают различное вторичное сырье по видам и складывают в специальные емкости), или автоматизированная с использованием различных видов сепараторов: магнитных, роторных, оптических, вихретоковых, воздушных, позволяющих автоматизировать, повысить качество, скорость процесса сортировки и отбора полезного сырья.

3. Подготовка вторичного сырья к реализации. Отобранное вторичное сырье досортировывается по видам и цвету, если это требуется, перерабатывается в полуфабрикаты. Бумага, картон, алюминиевые банки – прессуются и упаковываются в кипы, стекло – грузится в транспортную тару [4].

4. Извлечение остаточного ресурсного потенциала. Из остатков сортировки выделяется поток материалов с высокой теплотой сгорания RDF. Резина, текстиль, обувь также может отбираться отдельно для последующего производства RDF топлива, и получению энергии из него.

Дополнительно разделяют:

- поток биоразлагаемых отходов для компостирования,
- поток инертных материалов для использования в строительстве, а также опасные материалы.
- поток отходов из инертных материалов, отобранных с помощью грохочения и сепарирования, применяемого в строительстве [4].

5. Обработка крупногабаритных отходов (КГО). КГО (мебель, дерево, окна, двери, ковры, рубероид, матрасы и т. п.) разбирают манипулятором на специализированной подвижной платформе или бетонной площадке, после дробят, сепарируют с использованием оборудования для извлечения полезного вторичного сырья и уменьшения объемов материалов [4]. дальнейшей переработки и использовании в RDF топливе. В итоге, 5%–10% фракции несортируемых и не перерабатываемых отходов утилизируются с помощью низкотемпературного пиролиза с получением полезной энергии или уничтожаются в инсенераторных, крематорных установках с получением на выходе безопасного зольного остатка не более 5% от входящего объема.

6. Обработка мелкой фракции. Мелкая фракция подвергается грохочению, сепарации и другим методам с целью получения вторичного сырья например: металла, пластика, пленки [4] для использования в RDF топливе.

7. Подготовка опасных материалов в данном исследовании не рассматривается.

Мы предлагаем рассмотреть два варианта сортировочных комплексов:

1. Сортировочные комплексы предварительно подготовленного вторичного сырья, поступающего с площадок раздельного сбора отходов.

2. Сортировочные комплексы для смешанных отходов, в том числе и органических, например, в городах и населенных пунктах. Такие сортировочные комплексы можно использовать для сортировки твердых бытовых отходов, сортировки мусора при очистке территорий на несанционированных свалках и при рециклинге старых полигонов [7].

В этом случае необходимо добавить устройство, позволяющее отделять пищевую и органическую фракции из отходов. Примером такого устройства может служить барабанный грохот, внутри которого установлены устройства для разрыва упаковок и имеются отверстия разного диаметра для отбора фракций вывода образовавшейся жидкости [11;12]. Также это может быть роторный сепаратор с изменяемым углом наклона и специальными ступенчатыми толкателями-ножами. Проходящий поток отходов органики и мелкой фракции, попадая на роторный сепаратор, механически сепарируется и отводится отдельным конвейером на следующий этап переработки.

Может быть предусмотрен отбор полезных морфологических компонентов в виде вторичного сырья по следующим категориям:

- макулатура, картон;
- пленка полиэтиленовая/стрэйч;
- ПЭТ бутылки и ПЭТ тара;
- упаковка полиэтиленовая и др.;
- смешанные пластики;
- тряпьё, ветошь, текстиль;
- лом цветных металлов (алюминиевые банки из-под напитков, провод электротехнический и т. д.);
- стеклобой;
- лом черных металлов;
- резинотехнические отходы.

Из всех данных компонентов могут быть получены полезные продукты, используемые в новом хозяйственной обороте.

Экономический механизм управления обращения с отходами. Финансирование предприятий по сортировке и переработке отходов на первом этапе может быть как государственным, так и комбинированным. При развитии данного направления к финансированию может быть привлечен бизнес. Государство может быть собственником крупных предприятий по сортировке и переработке отходов, однако оно может привлекать и бизнес структуры, в том числе средний и малый бизнес с созданием новых рабочих мест. Сочетание рыночных и государственных механизмов регулирования, в котором обязательно должна учитываться федеральная/национальная и региональная специфика и менталитет народов может быть весьма

эффективным. Роль государства заключается в разработке и принятии законов обращения с отходами, а также возможности разумного субсидирования проектов по обращению с отходами потребления и производства [2].

Достоинством этой схемы является участие всех заинтересованных лиц в процессе переработки отходов. Однако во многих населенных пунктах количество отходов небольшое, и строительство перерабатывающего предприятия может оказаться нецелесообразным. Поэтому предлагается в таких случаях использовать только быстровозводимые модульные сортировочные или мобильные комплексы с последующей доставкой сырья на более крупные перерабатывающие предприятия. Также модульные комплексы сортировки мусора могут быть полностью автономными, перерабатывать основной поток отходов и генерировать энергию для местного населения. Теоретическая концепция управления развитием эколого-экономических систем в сфере обращения с ТКО и обоснование механизмов ее реализации на основе взаимодействия государства и частного капитала предложена в [2].

Региональный механизм управления обращением с отходами. Поскольку населенные пункты имеют разное количество жителей, то целесообразно иметь сортировочные и перерабатывающие комплексы разной производительности, что может быть достигнуто при использовании модульных установок, которые будут приспособлены под различный морфологический состав отходов и климатические условия работы. Также модульная технология позволяет на любом этапе работы увеличивать автоматизацию технологических процессов и производительность за счет установки дополнительных модулей и узлов. Модульная технология не требует капитального строительства, что значительно снижает затраты и в разы ускоряет запуск производств, даже в труднодоступных и сейсмоопасных местах. Достоверная динамика образования отходов потребления на душу населения в России отсутствует, известна лишь средняя норма накопления - 280–320 кг отходов на душу населения [2]. Одной из задач является оценка отношения и поведения домашних хозяйств к обращению с коммунальными отходами, разработку мер привлечения хозяйств к разделному сбору отходов с учетом национальных и региональных особенностей. Для домохозяйств, расположенных в сельской местности характерно традиционно применяемое компостирование.

Компостирование – это контролируемое превращение разлагаемых органических продуктов и отходов в стабильные продукты с помощью микроорганизмов, давно используемая технология, хотя у нее есть некоторые недостатки, которые снижают ее широкое применение и эффективность. К недостаткам относятся обнаружение патогенов, низкий уровень питательных веществ, длительный процесс компостирования, продолжительная минерализация и появление неприятного запаха. В связи с этим производятся исследования различных методов улучшения компостирования твердых бытовых отходов, применение органических/неорганических добавок, снижение выбросов газов и микробиологические добавки и др. [17; 18].

Экологический механизм управления обращением с отходами и сохранение биоразнообразия. Все страны стремятся к устойчивому развитию и сохранению биоразнообразия, анализируется существующая ситуация, развивается законодательная база сохранения окружающей природной среды, предлагаются меры по улучшению природных условий [14; 18; 19; 20].

Захоронение ТКО на полигонах и свалках является самым распространенным методом обращения с отходами в Российской Федерации. Практически весь объем образуемых отходов (около 96%) размещается на полигонах или свалках [7; 14].

Наличие полигонов и особенно свалок приводит к загрязнению окружающей природной среды: воздуха, воды, почвы и др. Захоронение на свалке является наихудшим вариантом обращения с биоразлагаемыми отходами. В такой массе отходов протекает разложение органических веществ в анаэробных условиях, практически без доступа кислорода, в результате выделяется фильтрат (жидкость, выделяемая на полигонах ТКО и свалках, в результате гниения, брожения и разложения отходов), свалочный газ (газ, выделяемый на полигонах и свалках при гниении и разложении отходов) и поверхностные стоки, так как отходы размещаются на земельных участках с поверхностным складированием без предварительной обработки (сортировки и измельчения).

До сих пор наиболее распространенными являются технологии устранения отходов методом сжигания, высокотемпературного разложения, биоразложения и полигонного захоронения. В статье В.И. Осипова [10] проводится сравнительный анализ методов переработки и ликвидации твердых коммунальных отходов за рубежом и в нашей стране. Предлагаются меры по снижению экологического стресса на окружающую среду.

Однако в последнее время накапливается опыт сортировки и переработки отходов [15; 16].

Отходы становятся ресурсом, система управления отходами может принести значительные выгоды: устойчивый рост и создание рабочих мест, сокращение выбросов парниковых газов, прямую экономию, связанную с эффективными методами управления отходами, включая очистку и улучшение состояния окружающей среды. Повторное использование, рециркуляция и рекуперация становятся важными составляющими устойчивого развития разных стран вне зависимости от их уровня экономики, инноваций и конкурентоспособности. Соответственно, европейские страны используют различные политические инструменты для предотвращения образования отходов, отказа от захоронения отходов на свалках и перехода к большей переработке [19].

Экологический механизм может включать не только систему штрафов за загрязнение окружающей среды ТБО, но также и поощрения при соблюдении правильного обращения с отходами.

Разработка адекватной модели обращения с ТБО с учетом экологического ущерба позволит обосновать эффективную организацию

бизнес-процессов в этой области, снизить нагрузку на природу, сохранить здоровье людей и обеспечить устойчивое (зеленое) развитие экономики [13].

Управление ТБО во всем мире является серьезной проблемой для государственных структур всех стран. Надлежащая система обращения с твердыми бытовыми отходами зависит от различных факторов, таких как социальные, культурные, финансовые, политические, экологические, физические и институциональные и так далее [19; 20; 21]. Все исследователи сходятся в едином мнении, что сортировка и переработка отходов является одним из основных элементов устойчивого развития стран.

Заключение

В результате исследований разработана комплексная система обращения с твердыми бытовыми отходами и проанализированы негативные экологические последствия загрязнения территорий бытовыми отходами на окружающую среду. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку эколого-экономического механизма регулирования обращения с ТБО (ТКО и КГО).

Системный подход подразумевает рассмотрение следующих подсистем:

- государственный механизм управления отходами потребления;
- наличие техники и технологий обращения с отходами;
- экономический механизм управления обращением с отходами;
- региональный механизм управления обращением с отходами;
- экологический механизм управления обращением с отходами и сохранение биоразнообразия;
- внедрение в жизнь образовательных практик для формирования устойчивых привычек раздельного сбора ТБО и КГО на государственном, региональном и бытовом уровнях.

По каждой из приведенных подсистем сделан краткий анализ и даны предложения по реализации каждой подсистемы, намечены пути дальнейшего развития каждой из подсистем и системы обращения ТКО и КГО в целом, что актуально, как для РФ, так и для Республики Ирак.

Сортировка и переработка ТКО и КГО направлены на извлечение материалов из отходов и превращение их в новые продукты, как следствие - экономия большего количества ресурсов, энергии и денежных средств, создание большего количества рабочих мест и освобождение загрязненных земель, сокращение выбросов парниковых газов.

Литература

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/.

2. Колотырин К.П. Управление развитием эколого-экономических систем в сфере обращения с отходами потребления. Автореф. диссертации док. экон. наук. Саратов, 2010. 39 с.

3. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России. Москва, 2012. 40 с.
4. Управление техногенными отходами: учеб. пособие / В.Н. Коротаев, Н.Н. Слюсарь, Я.А. Жилинская, Г.В. Ильиных, Т.Г. Филькин. Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. 390 с.
5. Чмыхалова С.В. Ресурсно-экологические проблемы больших городов и пути их решения: Учебное пособие. М.: Горная книга, 2012. 328 с.
6. Валинеева А.А., Степанова Т.А. RDF как альтернативный источник энергии // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2020, № 3. URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6377>.
7. Жизнь после бака: как сейчас выглядит система утилизации отходов // РБК – Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/60ad10399a794783c51ea200?from=copy>.
8. Каталог технических и технологических решений для проектирования мусороперерабатывающих заводов // Пермский национальный исследовательский политехнический университет. URL: https://pstu.ru/files/file/adm/fakultety/katalog_tehnicheskikh_i_tehnologicheskikh_resheniy_dlya_proektirovaniya_musoropererabatyvayuschih_predpriyatiy.pdf
9. Комплексная переработка смешанных ТБО. Отраслевой портал Отходы.ру // Экологический Альянс. URL: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=158>.
10. Осипов В.И. Что лучше – сжигать или разлагать твёрдые коммунальные отходы? Вестник Российской академии наук, 2021. Т. 91. № 8. С. 769–778.
11. Патент 2155108 (РФ). Способ переработки твердых бытовых отходов и устройство для его осуществления / Агибалов А.А., Андреев Г.И., Исаченко А.В., Новожилов А.Н., Юшин А.А. 2000.
12. Патент 2198746 (РФ). Грохот барабанного типа / Марьин В.В., Писаренко В.Н., Рисник В.В., Тимофеев В.Б., Шишов В.П. 2003.
13. Сухоруков А.И., Захарова Е.А. Актуальные подходы к развитию экономики замкнутого цикла в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами. Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2021. № (5). С.33–44.
14. Шайхутдинова Г.Р., Джабер С.Х. Имплементация международных обязательств в сфере сохранения биологического разнообразия (на примере Российской Федерации и Республики Ирак) // Ученые записки казанского университета. Серия гуманитарные науки. 2019. Т. 161. №. 1. С. 92–101.
15. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020. № 1. <https://resources.today/PDF/05ECOR120.pdf>.
16. Abir T.M., Datta M., Saha S.R. Assessing the Factors Influencing Effective Municipal Solid Waste Management System in Barishal Metropolitan

Areas // Journal of Geoscience and Environment Protectionю 2023. Vol. 11. P. 49–66.

17. Awasthi, S.K.; Sarsaiya, S.; Awasthi, M.K.; Liu, T.; Zhao, J.; Kumar, S.; Zhang, Z. Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities. *Bioresource Technol.* 2020. Vol. 299. P. 122555.

18. Ayilara M.S., Olanrewaju O.S., Babalola O.O., Odeyemi O. Waste Management through Composting. *Challenges Potent Sustain.* 2020. Vol. 12. P.4456.

19. Melece L., Brizga J., Ernsteins R. Municipal waste management issues. Conference: 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 2018. P. 1245–1252.

20. Meyer D.E., Li Mo, Ingwersen W. W. Analyzing Economy-Scale Solid Waste Generation Using the United States Environmentally-Extended Input-Output Model. *Resour Conserv Recycl.* 2020. Vol. 157. P. 104795.

21. Viljoen, J.M.M.; Schenck, C.J.; Volschenk, L.; Blaauw, P.F.; Grobler, L. Household Waste Management Practices and Challenges in a Rural Remote Town in the Hantam Municipality in the Northern Cape, South Africa. *Sustainability* 2021. Vol. 13. P. 5903.

22. Widad F., Nor I.N.I., Sharifah N.S.I., Mohd H.J., Hasmah A. Household solid waste management practices and perceptions among residents in the East Coast of Malaysia // Fadhullah et al. *BMC Public Health.* 2022. Vol. 22. No. 1.

23. Zainal, Riri Riantika Rambey, Khairul Rahman Mimbar. Governance of Household Waste Management in Pekanbaru City. 2021. Vol. 37. No. 2. P. 275–285.

24. Федеральный закон Республики Ирак № 27 от 13 дек. 2009 г. «Об охране и улучшении окружающей среды». <http://ar.parliament.iq>.

25. Конституция Республики Ирак от 15 октября 2015 г. <https://worldconstitutions.ru/?p=338>.

26. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "Об отходах производства и потребления" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) // СПС консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/.

27. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) // СПС консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.