

УДК 338.465:628.4
DOI 10.14258/epb201991

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ПОДХОДА В УПРАВЛЕНИИ ОТХОДАМИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О. В. Усикова, Н. В. Петрова, А. В. Федорова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (Новосибирск, Россия)

Обоснование рационального управления сферой твердых коммунальных отходов является актуальнейшей проблемой для нашей страны. Данное положение обусловлено наличием большого количества ежегодно образуемых отходов, которые, как правило, бесконтрольно складываются на полигонах, свалках и в меньшей мере подвергаются вторичной переработке. В этой связи в исследовании проанализировано современное состояние законодательства в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами в Российской Федерации, рассмотрен опыт управления отходами за рубежом, оценены возможности применения ресурсного подхода. В результате чего предложена структура такого подхода, что является новым и перспективным для развития процессов управления и реализации способов вторичной переработки, образуемых коммунальных отходов. Кроме того, в качестве практического инструмента управления в статье предлагаются показатели, на основе которых должен базироваться методический подход к расчету ресурсного потенциала твердых коммунальных отходов и расчету тарифа платы на рекультивацию нарушенных земель, что позволит повысить социально-экономическую эффективность сферы обращения с отходами.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, ресурсный подход, ресурсный потенциал, управление отходами, энергетические технологии, переработка.

JUSTIFICATION OF THE RESOURCE APPROACH IN WASTE MANAGEMENT ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

O. V. Usikova, N. V. Petrova, A. V. Fedorova

Siberian State University of Geosystems and Technologies (Novosibirsk, Russia)

Justification of the rational management of solid municipal waste is an urgent problem for our country. This situation is due to the presence of a large amount of waste generated annually, which, as a rule, is stored uncontrolled in landfills, dumps and is less recyclable. In this regard, the study analyzes the current state of legislation in the field of solid municipal waste management in the Russian Federation, as well as the experience of waste management abroad and highlights its main features. The possibility of using the resource approach is estimated by the example of calculating the cost of waste disposal and recycling, energy utilization technologies. As a result, the proposed structure of such an approach which is new and promising for the development of management processes and implementation of recycling need generated by municipal waste. Besides, as a practical management tool, the article offers indicators that should be used as a basis for a methodological approach to calculating the resource potential of solid municipal waste and calculating the tariff for reclamation of disturbed land, which will increase the socio-economic efficiency of waste management.

Keywords: solid municipal waste, resource approach, resource potential, waste management, energy technologies, recycling.

Введение. Существует корреляционная зависимость между динамикой роста внутреннего валового продукта на душу населения и удельным образованием отходов. В годовых докладах Федеральной службы государственной статистики отмечаются стабильно высокие темпы производства и улучшения благосостояния среди населения, соответственно, увеличиваются объемы образования отходов. В этой связи без реализации особых мер в управлении отходами такой рост может привести к серьезным экономическим, экологическим, санитарно-эпидемиологическим проблемам. Вопреки всем общемировым разработкам и подходам в области управления отходами Россия почти все образуемые отходы захоранивает на полигонах, а уровень их переработки не достигает даже 10%, тогда как в Европе этот показатель почти в 9 раз выше [1]. К тому же для полигонов в России отчуждается около 0,1 тыс. км² пригодных для использования земель, не считая их площадей, загрязняемых многочисленными несанкционированными свалками. Помимо вывода значительной площади земельных ресурсов из хозяйственного оборота, еще и упускается выгода в виде «потерянных тонн» сырья и материалов [2, с. 49]. По оценкам экспертов, текущая ситуация с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в России имеет общее сходство с состоянием сектора отходов Европы примерно 10–15 лет назад. Реформирование и переход к устойчивому управлению рассматриваемой сферы приведет к экономии ресурсов, снижению роста заболеваемости среди населения из-за неблагоприятной экологической обстановки и ряду других социально значимых улучшений.

Рассмотрение проблемы управления отходами стоит начать с того, что в российском законодательстве отсутствует понятие «управление отходами». Так, в статье 1 Закона № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» определено понятие «обращение с отходами», которое не имеет общих черт с управлением. В этой связи можно сделать вывод о том, что российское законодательство сводит все в конечном итоге к размещению отходов на полигонах, то есть бесследному захоронению ценных компонентов без вовлечения их в повторное использование [3, с. 163]. В свою очередь, в европейских странах используется иная терминология и подходы к решению проблемы с образованием и утилизацией отходов. Более детальное сравнение отечественной и зарубежной терминологии в сфере обращения с отходами приведено ранее в исследовании [3, с. 168], которое выявило проблемы значительной терминологической разницы. Стоит выделить факт, что в иностранной литературе существует термин «waste management», перевести который можно как «управление отходами», содер-

жащий следующие концепции: «Иерархия управления отходами»; «Загрязнитель платит»; «Расширение сферы ответственности производителя» [4, с. 904].

Анализ природоохранного законодательства России, а именно: Конституции Российской Федерации, Федерального закона от 10.01.2002 № 7 — ФЗ «Об охране окружающей среды», Федерального закона от 24.06.98 № 89 — ФЗ «Об отходах производства и потребления», а также иных подзаконных документов, закрепляющих субъекты правоотношений, функции права и обязанности позволил сделать основные выводы о действующей в РФ системе обращения с ТКО [3, с. 164; 2, с. 48]:

- законодательно не закреплен термин «управление отходами», но, тем не менее, в литературе он часто встречается, под ним понимается совокупность действий и распределение полномочий в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами со стороны государства, а также контроль выполнения установленных требований;
- № 89-ФЗ содержит очень узкий спектр действий, связанных с отходами. Все они сводятся в конечном итоге к размещению отходов (то есть хранение и захоронение), но не к управлению;
- отсутствуют подзаконные акты, касающихся вопросов отдельной сортировки, процесса переработки, обезвреживания и утилизации отходов, обращения с отдельными видами отходов, обладающими особой экономической и экологической значимостью;
- государство координирует вопросы, связанные с отходами, только через законотворческий процесс. Отсутствует реальная доля участия государства в сфере регулирования отходов, не разработаны подходы стимулирующие население осуществлять отдельную сортировку. Выявлена неспособность государства организовать действенный экологический контроль;
- установлено отсутствие научно-технических разработок в области вторичной переработки отходов. Одной из причин этого является недостаточное финансирование, малое количество квалифицированных кадров, незаинтересованность со стороны государства дальнейшего их внедрения в отрасли экономики [5, с. 26].

В связи с вышеизложенными позициями в данном исследовании рассмотрен теоретико-практический аспект трансформации российской системы обращения с ТКО, а также предложены возможные пути решения сложившихся проблем. Соответственно, цель исследования заключается

в выявлении возможностей и способов перехода к управлению отходами на основании ресурсного подхода и его технико-экономическом обосновании.

Анализ управления отходами в странах ЕС и РФ. В некоторых европейских странах показатель по переработке отходов достигает 90% всех образуемых отходов, или более 61 млн тонн перерабатывается во вторичный продукт [1]. Основным нормативным документом в сфере управления переработкой твердых коммунальных отходов является Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2008/98/ЕС, которая позиционирует первоначальным инструментом управления отходами — уменьшение их образования. Остальные способы управления отходами представлены в так называемой «лестнице Лансинка» (Lansink's ladder). Она выстраивает градацию от высшего уровня управления отходами к низшему (наихудшему). При выборе способа управления отходами должно выполняться требование соблюдения экологических нормативов и экономической эффективности [4, с. 905]. Европейские страны подвергают захоронению минимальный объем ТКО, так как не применяют этот подход в управлении, в связи с отсутствием земельных ресурсов, которые выводятся из хозяйственного оборота для эксплуатации полигона. Соответственно, можно заметить пропорциональную последовательность: чем меньше отводится земельных ресурсов под полигоны, тем меньше последующая рекультивация нарушенных земель, и тем больше возможности использовать ее в хозяйственном обороте.

Совершенно противоположной концепцией выступает обращение отходами в Российской Федерации. Захоронению на полигонах и свалках подлежит около 90% всех образуемых ТКО, а уровень переработки отходов составляет около 7% в год. В настоящее время по площади места складирования отходов занимают около 4 млн га, а под размещение увеличивающихся объемов ТКО отводится 400 тыс. га земли. На этих территориях безвозвратно теряются тонны ценных видов сырья и матери-

алов (например: бумага, стекло, металлы), в процентном соотношении они составляют около 40% всех объемов ТКО, соответственно около 15 млн т ежегодно [6, с. 194]. Проблема кроется в отсутствии заинтересованности органов власти провести реальную «мусорную реформу». Из-за неразработанных подходов на общегосударственном уровне регионы не в силах разрабатывать действенные программы, и поэтому в конечном итоге целевые показатели не достигаются и эффективность программ сводится к нулю. Экономическая эффективность программ становится отрицательной, потому что региональные средства тратятся, а экологические и социальные улучшения отсутствуют.

Возможности трансформации действующей системы обращения с ТКО в РФ посредством применения ресурсного подхода в управлении отходами. В мире в последнее время получило широкое распространение понятие «ресурсный менеджмент» (resource management), который представляет собой модель, основанную на изменении отношений между предприятиями, создающими отходы и подрядчиками, занимающимися их утилизацией [2, с. 904], а также «ресурсный подход». Такую концепцию, на наш взгляд, можно применить и к управлению ТКО. Правильная реализация концепции может привести к получению выгоды от внедрения, росту прибыли за счет повторного использования отходов, получению относительно дешевой энергии, рациональному использованию земельных ресурсов, сокращению расходов на последующую рекультивацию земель.

Понятие «ресурсный подход» ранее не применялось к управлению ТКО, поэтому необходимо дать ему определение в рассматриваемой сфере. Нами под ресурсным подходом понимается стратегическая деятельность, которая основывается на реализации ресурсного потенциала ТКО с достижением одновременно экологической, экономической и социальной выгоды.

Выделим основные различия ресурсного подхода и традиционного, действующего на территории РФ (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика подходов к управлению ТКО

Ресурсный подход	Традиционный (существующий) подход
Возможность экономии на вывозе меньших объемов отходов	Оплата услуг по вывозу и захоронению отходов, исходя от тарифов и объемов образования
Получение выгоды от процесса вовлечения отходов в последующем использовании	«Бесследное» захоронение на полигоне
Расширение действий с обращением отходов, вовлечение большего количества людей (дополнительно появляется проектирование, управление данными, обработка материалов и т. д.)	Минимальная ответственность и количество действий: сбор отходов; контроль над содержанием контейнеров; оплата за услуги по транспортировке и захоронению отходов

Количественную оценку ресурсного подхода — ресурсный потенциал [7, с. 195] можно представить в следующем виде:

$$\text{РПО} = \frac{n}{N} \quad (1)$$

где РПО — ресурсный потенциал отходов;

n — суммарная масса возможного вторичного сырья (совокупность металлов, стекла полимеров, макулатуры, текстиль);

N — общая масса ТКО.

При этом, исходя из процента отбора исходного сырья, прогнозируется возможный доход от продажи вторичных продуктов. В рамках технико-экономического обоснования расчет ресурсного потенциала основывается на расчетах массы отдельных видов извлекаемого вторичного сырья за определенный промежуток времени и цен на них.

Известно, что несортированные отходы содержат множество ценных компонентов [6, с. 197]. При реализации ресурсного подхода при управлении ТКО при переработке извлекаемого из отходов сырья можно получить различные виды конечной продукции, например: пластиковую тару, мусорные пакеты, дренажные трубы, резиновую плитку, различные виды покрытий, добавки в строительстве, эковату, картон, стекловолокно, стеклокристаллические материалы, драгоценные металлы, фракции черных металлов. Данные продукты пригодны для дальнейшего использования в различных видах экономической деятельности.

Основная проблема развития переработки ТКО заключается в отсутствии или в непостоянстве спроса на рынке вторичного сырья. Получаемые компоненты могут не пользоваться спросом очень длительное время из-за специфики экономики региона. При появлении спроса необходима разработка непрерывной схемы поставки отходов на мусороперерабатывающие станции (заводы). Для повышения спроса на компоненты важно формирование заинтересованности в их использовании: субсидирование со стороны государства, реформирование системы платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Уже отмечалось низкое финансирование сферы управления ТКО со стороны государства, а чтобы достичь переработки отходов на уровне 35–40%, требуются инвестиции в размере не менее 40 млрд евро. Инвестиционные программы формируются из регионального бюджета, однако необходимо и финансирование со стороны федерального бюджета. Для внедрения ресурсного подхода в управлении отходами на территории РФ с учетом возможностей и специфики региона должны

быть разработаны пути решения следующих проблем:

- стимулирование среди населения раздельного сбора;
- модернизация системы сбора, переход на раздельный сбор;
- создание в регионах сортировочных станций;
- внедрение гибкой тарифной системы в регионе;
- предоставление налоговых льгот, субсидирование бизнеса со стороны государства для предприятий, применяющих экологичные технологии;
- в случае отсутствия разработки в регионе действенных подходов к раздельному сбору и захоронению больших объемов ТКО повышать плату за их захоронение. Она будет служить источником финансирования на консервацию полигона и его рекультивацию.

Рассмотрим возможности внедрения ресурсного подхода и его обоснование с учетом сложившейся экологической ситуации на территории страны. Согласно государственному докладу «О состоянии окружающей среды в Российской Федерации в 2018 г.» в стране образовалось свыше 7 млн т отходов за 2018 г. [7]. В поручении Президента РФ говорилось о создании отрасли обращения с ТКО замкнутого цикла (раздельный сбор, транспортирование, обработка, утилизация и размещение) с целью снижения объемов захоронения и увеличения объёмов утилизации для достижения уровней лучших мировых стандартов [7]. За период с 2010 г. образовалось на 94,8% отходов больше, чем в предыдущее десятилетие. Исходя из доклада [7], было всего утилизировано 3 805,169 тыс. т, из них 3 706,380 тыс. т ТКО, обезврежено 13,193 тыс. т (0,899 ТКО), захоронено 1029, 3 тыс. т. При этом статистические данные не отражают многих показателей, например: процент вторичной переработки ТКО или процент отходов, направленных на мусоросжигание и т. д.

Под размещением такого количества отходов занято 4–7 млн га земли, на которых находится 849 объектов размещения отходов (полигонов, свалок, отвалов и различных хранилищ), из них 170 является полигонами, приведенными к нормативным требованиям [7]. В Москве и в Московской области уже был достигнут «мусорный коллапс», ряд крупных городов также подходят к такому же сценарию. В 2018 г. по стране насчитывалось 211 предприятий, занимающихся переработкой отходов с получением вторичного сырья, самым «проблематичным местом» является сортировка отходов, низкие

инвестиции. Рентабельность отрасли составляет около 1,1%.

Рассмотрим первый (действующий) вариант затрат на складирование отходов на полигоне. Зачастую полигон проектируется на долгосрочную перспективу, но проанализируем усредненные цифры по эксплуатации полигона в РФ за один год при захоронении 1 т отходов. Годовой объем отходов, поступающих на захоронение, в 2018 г. составил 1029,2 млн т [8, с. 54]. Рассчитаем общие затраты на захоронение по формуле

$$Z = Z_{\text{разм}} + Z_{\text{тран}} + Z_{\text{пновс}} + Z_{\text{зем}} \quad (2)$$

где Z — годовые затраты на захоронение отходов на полигоне ТКО, руб.;

$Z_{\text{разм}}$ — годовые затраты на размещение отходов, руб.;

$Z_{\text{тран}}$ — годовые затраты на транспортировку отходов, руб.;

$Z_{\text{пновс}}$ — плата за негативное воздействие на окружающую среду, руб.;

$Z_{\text{зем}}$ — годовые затраты на земельный участок, на котором размещен полигон ТКО, руб. [8, с. 54].

Тариф за услуги регионального оператора в среднем по стране составляет 400–600 руб./м³, или условно от 80–120 руб. с человека. Эта плата включает в себя расходы на транспортировку и захоронение отходов.

Ставка платы за негативное воздействие на окружающую среду за размещение отходов IV и V класса опасности (согласно ФККО ТКО относятся именно к этим классам опасности) составляет за тонну 95 руб. 1 т ТКО размещается на земельном участке площадью 3 м² [2, с. 165]. Полигоны должны располагаться на землях промышленности и иного специального назначения, их средняя кадастровая стоимость по РФ составляла на 2018 г. 4000 руб./м².

Помимо рассмотренных затрат, нужно принимать во внимание, что рано или поздно потребуются рекультивация земли. Примерную стоимость рассмотрим на примере Быковского полигона (Московская область), его площадь — 10,9 га, вложения — более 0,5 млрд руб. Источники финансирования — федеральный и областной бюджет. Частный сектор в рекультивации не участвовал.

В таком случае затраты на земельный участок при размещении 1 т составят 12000 руб. [2, с. 55]. В свою очередь, суммарные годовые затраты на захоронение 1 тонны твердых коммунальных отходов составят:

$$Z = (1 \text{ т} * 600 \text{ руб./м}^3 * 95 \text{ руб.}) + 12000 \text{ руб.} = 69000 \text{ руб.}$$

К сожалению, при таком варианте все ценные неиспользованные вторичные ресурсы попросту

безвозвратно теряются, следовательно, отсутствует экономическая эффективность.

Рассмотрим вариант извлечения вторичного сырья из отходов, если часть их не будет захороняться на полигоне. Тогда затраты будут выражаться в виде следующей суммы:

$$Z = Z_{\text{кап}} + Z_{\text{экспл}} \quad (3)$$

где Z — общие затраты, руб.;

$Z_{\text{кап}}$ — капитальные вложения на строительство мусоросортировочного комплекса, руб.;

$Z_{\text{экспл}}$ — эксплуатационные затраты на функционирование мусоросортировочного комплекса, руб.

Согласно данным строительства мусоросортировочного комплекса в г. Дубна (Московская область) за 2011–2015 г. прямые затраты составляют 6 млн в год (усредненные данные предприятия за 3 года), что составляет в среднем 430 руб. за 1 т твердых коммунальных отходов [2, с. 55]. Капитальные вложения на строительство составят примерно 3000 руб. на 1 т поступающих отходов [2, с. 55]. Стоимость комплекса составляет 90 млн руб. Следовательно, годовые затраты на извлечение вторичного сырья из 1 т следующие:

$$Z = 3000 + 430 = 3430 \text{ руб.}$$

На основании изученных данных мусоросортировочного комплекса г. Дубна масса извлеченных ценных компонентов в год равняется 990 т. При их вторичной реализации суммарный доход составил 7627400 руб. [2, с. 56].

Рассмотрим теперь альтернативу варианту вторичной переработке — технологию получения энергии из ТКО. В 2012 г. Росприроднадзор признал мусоросжигание наилучшей технологией для утилизации ТКО в РФ. Часть мусоросжигательных заводов в России уже была построена, но дальнейшему развитию этой технологии мешают протесты экологов и населения. Выбросы от мусоросжигательных заводов имеются, но и несанкционированные места размещения отходов, полигоны, которые не имеют лицензии, наносят еще больший ущерб в виде загрязнения поверхностных вод, уменьшения площади пригодных для использования земель, а после окончания срока эксплуатации полигона необходима рекультивация земель. Опыт зарубежных стран доказывает, что мусоросжигание не только уменьшает негативное воздействие на окружающую среду и до 90% утилизирует отходы, что приводит к минимальному размещению их на земельных ресурсах, но вместе с тем является также возобновляемым источником тепло- и электроэнергии. Из энергетических технологий управления ТКО выделим следующие: сжигание, пиролиз (высокотемпературный пиролиз — система в виде реактора, функционирующая при средней

температуре 850°C) и пламенная газификация [9]. Капитальные затраты на реализацию приведенных технологий варьируются в пределах 22–48 тыс. руб. на тонну сжигаемых отходов. Эксплуатационные затраты составляют от 2000–4000 руб./т [9].

В результате реализации таких технологий образуется: при сжигании — зола, шлак; при пиролизе — коксовый остаток; при пламенной газификации — мелкодисперсная пыль, возгоны тяжелых металлов. В случае применения качественных установок и правильно подобранных технологий очистки сбросы в грунтовые воды будут отсутствовать, выбросы в атмосферу останутся в пределах установленных экологических нормативов, кроме технологии пламенной газификации при ней наблюдается превышение выбросов тяжелых металлов.

Таким образом, в среднем затраты при энергетической утилизации отходов составят:

- удельные капиталовложения — 27–39,1 тыс. руб./т в год;
- удельная стоимость переработки — 3734 руб./т;
- удельные эксплуатационные затраты — 2460–10000 руб./т;
- удельные экологические платежи — 89 руб./т;
- удельные доходы предприятия — 983 руб./т.

Быстрее всего окупается технология сжигания от 1,5 до 3 лет, дольше всего окупаемость пламенной газификации — 5–10 лет. Самый низкий КПД при использовании технологии сжигания составляет около 30%, у остальных технологий — около 80–90% [9].

В случае строительства мусоросжигательного завода без налаженной эксплуатации отдельного сбора ТКО сжигание не даст ожидаемого эффекта, так как на завод будут поступать несортированные отходы, которые полностью не сжигаются, а превращаются в шлак, поступающий на захоронение [10, с. 79]. К тому же образуются высокотоксичные, мутагенные и канцерогенные вещества, для негативного уменьшения воздействия которых требуется использование дорогих фильтров, тогда и эксплуатационные затраты на них увеличиваются в разы.

Следует отметить, что не существует абсолютно экологичного и экономически эффективного подхода в области управления отходами, но альтернатива минимизации негативного воздействия на окружающую среду все же есть.

По энергетической утилизации отходов можно сформулировать следующие выводы:

- технология пламенной газификации является наиболее затратной по сравнению с остальными. Она характеризуется большей энергией на переработку отходов, хотя

в конечном итоге выход полезного продукта остается низким. Исследования данного метода показали, что он оправдан лишь в отношении опасных отходов, но не ТКО;

- при выборе метода сжигания необходима закупка дополнительных очистных установок, чтобы выбросы в атмосферу были в пределах нормативно установленных. В противном случае в атмосфере будет наблюдаться повышенная концентрация диоксинов и тяжелых металлов. Подходит для отходов, требующих минимального обезвреживания;
- при выборе технологии высокотемпературного пиролиза не требуется приобретения дополнительных очистных сооружений, так как распад диоксинов не наблюдается при температуре от 850°C и не происходит возгон тяжелых металлов и летучих соединений. Среди всех технологий она является самой минимально отходной. При выборе данной технологии появляется возможность реализации продуктов реакции: синтез-газа, пиролизной жидкости, коксового остатка, шлака. Получаемый синтез-газ можно использовать в своих нуждах для выработки тепло- и электроэнергии [9].

Применение ресурсного подхода к управлению ТКО на территории РФ возможно при тщательном анализе ресурсного потенциала субъекта, рассмотрении затрат на приобретение оборудования и дополнительного топлива, расчета возможной получаемой энергии в зависимости от коэффициента полезного действия оборудования. Самым эффективным подходом для условий российской экономики является комбинирование метода сжигания и высокотемпературного пиролиза. При отдельном сборе и сортировке отходов те отходы, которые требуют меньшего обезвреживания (отходы органического происхождения), могут подвергаться технологии сжигания. Остальную часть ТКО рекомендуется подвергать технологии пиролиза. В случае ранее накопленных объектов негативного воздействия в виде несанкционированных свалок, которые априори являются несортируемыми, существует разработка в виде многоструйной горелки с различной подачей газа при диффузионном горении [11, с. 125]. Исследования эффективности горелки проводились институтом химической кинетики и горения СО РАН г. Новосибирска. Было экспериментально проверено, что используемая в ней технология может привести к утилизации накопленных ранее отходов, существует также возможность ее применения в отдельных случаях при отсутствии сортировки образуемых ТКО. Однако для реализации такой утилизации необходи-

мо проектирование передвижной утилизационной установки.

Стоит также отметить, что и существующие полигоны можно рассматривать как источник топлива. На них накапливается свалочный газ (образуется в результате разложения отходов под слоем земли), который находит широкое практическое применение, так как содержит до 60% метана. Однако его извлечение требует реальных технических разработок и подходов, что на данный момент отсутствует в России.

О методике расчета ресурсного потенциала отходов. Для реализации одного из предложенных методов или их сочетания при управлении ТКО необходима разработка методики расчета ресурсного потенциала отходов. В ней предлагается отражать следующие показатели:

- морфологический состав ТКО, который напрямую зависит от организационных и социальных аспектов: уровня жизни населения и многих факторов, подлежащих исследованию;
- расчет степени вовлечения отходов в качестве вторичного ресурса;
- расчет энергетического потенциала накопленных и образуемых в перспективе отходов;
- расчетные формулы и диаграммы для выбора необходимой технологии энергетической утилизации при определенном морфологическом составе ТКО;
- способы извлечения вторичного сырья из общей массы отходов и расчет их массы;
- расчет степени и количества реактивов на обезвреживание отходов в зависимости от их вида;
- количество образуемых вторичных продуктов, которые будут поступать в окружающую среду, оказывающих негативное воздействие и способы их очистки и др.

Сопутствующей проблемой выступает рекультивация земель после мест размещения отходов. Под рекультивацией нарушенных земель понимается комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества. Отходы являются источником загрязнения почв, воды, воздуха, усложняют условия проживания человека [12, с. 77]. По оценкам экспертов, средняя стоимость рекультивации 1 га свалочных масс находится в пределах 50 млн руб. При этом сам процесс рекультивации нарушенных земель подлежит государственной экологической экспертизе. На данный момент в РФ нет ни одного полигона ТКО, после закрытия которого была бы проведена рекульти-

рация с документацией, прошедшей экологическую экспертизу и возвращены земли в сельскохозяйственный оборот. Для решения этой проблемы и создания мотивации на ресурсное управление ТКО необходимо предусмотреть плату за рекультивацию. Плата должна снижаться в зависимости от увеличения рекультивации нарушенных земель и уменьшения образования объемов ТКО.

В методике расчета тарифа платы на рекультивацию нарушенных земель должны присутствовать следующие факторы:

- степень загрязнения или захламления земли. На ее основании должна определяться пригодность земли как ресурса или ее выбытие из оборота;
- исходя из степени загрязнения или захламления земли, определять необходимые временные затраты на рекультивацию;
- расчеты по возможным мероприятиям на рекультивацию со стоимостью и достигаемым эффектом.

Целесообразно будет предусмотреть понижающий коэффициент 0,3–0,5 для муниципальных образований, так как объемы образуемых ТКО в административных единицах (помимо городов) намного меньше.

В формализованном выражении методика будет иметь следующий вид:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot q, \quad (3)$$

где P — плата за рекультивацию;

k — коэффициент, учитывающий степень загрязнения или захламления земли;

S — площадь рекультивируемых земель;

L — стоимость мероприятий на рекультивацию;

q — понижающий коэффициент 0,3–0,5 для муниципальных образований.

Заключение. На основании проведенного исследования можно резюмировать:

- статистические данные говорят о больших объемах накопленных и ежегодно образуемых ТКО, однако они не отражают реальных процентов переработки, вторичного использования, мусоросжигания;
- наличие возможности трансформации действующей системы обращения с ТКО в управление отходами посредством применения ресурсного потенциала имеется. Но для этого на общегосударственном уровне необходима разработка единой методики учета количества отходов и возможности их переработки;
- предложенный в исследовании ресурсный подход может стать инструментом достижения зарубежных показателей в сфере управления ТКО;

- для внедрения ресурсного подхода необходима разработка методик расчета ресурсного потенциала отходов и расчета тарифа платы на рекультивацию нарушенных земель на общегосударственном уровне. Далее предполагается, что регионы будут сами разрабатывать программы их реализации с учетом своего экономического потенциала;
 - после результатов расчета экономического потенциала необходим выбор технологии утилизации отходов. Для энергетической утилизации наилучшей является технология высокотемпературного пиролиза из-за минимальных выбросов вредных веществ в окружающую среду. Накопленные ТКО на свалках предлагается утилизировать при помощи научно-технических разработок, например: многоструйной горелки с различной подачей газа при диффузионном горении;
 - при захоронении отходов на полигонах ТКО нужно учитывать, что рекультивация нарушенных земель является дорогостоящим и сложным мероприятием. Зачастую земли просто невозможно вернуть в хозяйственный оборот после использования под полигонами и свалками.
- Переход от существующей системы обращения с ТКО к ресурсному управлению можно достичь через государственно-частное партнерство, в большей степени через повышение мотивации со стороны государства, увеличение ассигнований из федерального бюджета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт Евростата. URL: http://data.trendeconomy.ru/eurostat/env_wastrt.
2. Марьев В. А., Гаев Ф. Ф., Шканов С. И., Якушина А. М., Рахманов М. Л., Величко Е. Г., Юшин В. В., Вахрушев С. А., Цховребов Э. С. Инновационная система организации, учета обращения с твердыми коммунальными и крупногабаритными отходами, экономического стимулирования их раздельного сбора и обработки // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 1. С. 46–59.
3. Федорова А. В., Усикова О. В. Сравнительный анализ нормативно-правового регулирования в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами в России и за рубежом // Геотехнологии. 2019. Том 3. Новосибирск: СГиКСУ, 2019. С. 162–169.
4. Вереникина А. Ю., Горохова Е. Ю. Ресурсный подход к управлению отходами производства и потребления // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17, № 7. С. 901–918. DOI: 10.18334/rp.17.7.35091.
5. Алексеенко С. В., Перепечко Л. Н., Тугов А. Н. Утилизация твердых бытовых отходов в Новосибирской области: научно-технические разработки и современное состояние // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2013. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-tverdyh-bytovyh-otvodov-v-novosibirskoy-oblasti-nauchnotekhnicheskie-razrabotki-i-sovremennoe-sostoyanie>.
6. Сагдеева Г. С., Патракова Г. Р. Переработка отходов производства и потребления с использованием их ресурсного потенциала // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-otvodov-proizvodstva-i-potrebleniya-s-ispolzovaniem-ih-resursnogo-potentsiala>
7. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2018/obrashchenie-s-otkhodami-proizvodstva-i-potrebleniya/otkhody-proizvodstva-i-potrebleniya/>
8. Каплина С. П., Семенова М. В., Каманина И. З. Эколого-экономическая эффективность новой системы управления твердыми коммунальными отходами в г. Дубна Московской области // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 2. С. 51–58. DOI: 10.18384/2310-7189-2018-2-51-58
9. Хантимилова С. Б., Мишустин О. А., Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф. Анализ и обоснование выбора способа переработки отходов производства и потребления // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_114_Khantimirova_Mishustin_Gracheva_Zheltobryukhov.pdf_445d566b15.pdf
10. Владимиров Я. А., Кожукаръ Е. В., Луми А. Н., Опарина А. М. Перспективы энергетического использования твердых коммунальных отходов в крупных городах // Вестник КГЭУ. 2017. № 4 (36).
11. Шмаков А. Г., Чернов А. А., Князьков Д. А., Коробейничев О. П., Козлов В. В., Литвиненко Ю. А., Катасонов М. М., Грек Г. Р. Исследование эффективности многоструйной горелки с различной подачей газа при диффузионном горении // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Физика. 2013. № 8 (2). С. 124–127.

12. Садыкова Г. Э., Иваненко Т. А. Эколого-экономическое обоснование перспектив использования земель после рекультивации в республике Крым // Экономика строительства и природопользования. 2018. № 4 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskoe-obosnovanie-perspektiv-ispolzovaniya-zemel-posle-rekultivatsii-v-respublike-krym>

REFERENCES

1. Eurostat Website. [Electronic resource]. URL: http://data.trendeconomy.ru/eurostat/env_wastrt
2. Mar'ev V. A., Gaev F. F., Shkanov S. I., Yakushina A. M., Rakhmanov M. L., Velichko E. G., Yushin V. V., Vakhrushev S. A., Tshovrebov E. S. Innovative system of organization, accounting for handling solid municipal and large-sized waste, economic incentives for their separate collection and processing // Vestnik MGSU. 2019. Vol. 14. Issue 1. Pp. 46–59.
3. Fedorova A. V., Usikova O. V. Comparative analysis of regulatory and legal regulation in the field of solid municipal waste management in Russia and abroad // Geotechnologies. 2019. Vol. 3. Novosibirsk: Sgiksu, 2019. P. 162–169.
4. Verenikina A., Gorokhova E. J. The Resource-based approach to the management of waste of production and consumption // Russian entrepreneurship. 2016. Vol. 17. No. 7. P. 901–918. DOI: 10.18334/rp.17.7.35091.
5. Alekseenko S. V., Perepechko L. N., Tugov A. N. Utilization of solid household waste in the Novosibirsk region: scientific and technical developments and current state // Bulletin of NSU. Series: Socio-economic Sciences. 2013. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-tverdyh-bytovykh-othodov-v-novosibirskoy-oblasti-nauchnotekhnicheskie-razrabotki-i-sovremennoe-sostoyanie>
6. Sagdeeva G. S., Patrakova G. R. Processing of production and consumption waste using their resource potential // Bulletin of Kazan technological University. 2014. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-othodov-proizvodstva-i-potrebleniya-s-ispolzovaniem-ih-resursnogo-potentsiala>
7. State report “On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018” URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2018/obrashchenie-s-otkhodami-proizvodstva-i-potrebleniya/otkhody-proizvodstva-i-potrebleniya/>
8. Kaplina S. P., Semenova M. V., Kamanina I. Z. Ecological and economic efficiency of the new solid municipal waste management system in Dubna, Moscow region // Bulletin of the Moscow state regional University. Series: Natural Sciences. 2018. No. 2. Pp. 51–58. DOI: 10.18384/2310-7189-2018-2-51-58.
9. Khantimirova S. B., Mishustin O. A., Gracheva N. V., Zheltobryukhov V. F. Analysis and justification of the choice of a method for processing production and consumption waste. Don's engineering Bulletin, No. 1 (2019). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_114_Khantimirova_Mishustin_Gracheva_Zheltobryukhov.pdf_445d566b15.pdf
10. Vladimirov Y. A., Koukeri E. V., Lumi A. N., Oparina A. M. Prospects for the energy use of municipal solid waste in large cities // Kseu Bulletin. 2017. No. 4 (36).
11. Shmakov A. G., Chernov A. A., Knyazkov D. A., Korobeinichev O. P., Kozlov V. V., Litvinenko Yu. A., Katasonov M. M., Grek G. R. Study of the efficiency of a multi-jet burner with different gas supply during diffusive Gorenje // Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Physics. 2013. 8 (2). Pp. 124–127.
12. Sadykova G. E., Ivanenko T. A. Ecological and economic justification of land use prospects after recultivation in the Republic of Crimea // Economics of construction and environmental management. 2018. № 4 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskoe-obosnovanie-perspektiv-ispolzovaniya-zemel-posle-rekultivatsii-v-respublike-krym>

Поступила в редакцию: 25.06.2020.

Принята к печати: 14.07.2020.