



Анализ особенностей осуществления этапа сбора и накопления твердых коммунальных отходов в условиях городского хозяйства

О.Н. Парамонова, Е.П. Лысова, Н.С. Самарская

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Проблема управления твердыми коммунальными отходами (далее ТКО) ежегодно усложняется, что обусловлено увеличением массы/объемов образующихся отходов, трансформацией их состава и свойств, сложившейся во многих странах нехваткой экономических ресурсов для переработки основной массы отходов и прочими причинами. Наибольшее количество ТКО образуется и накапливается в жилых и общественных зданиях различного благоустройства и назначения, на предприятиях, на улицах, дворовых территориях. Несвоевременное удаление и обезвреживание могут привести к значительному загрязнению окружающей среды (далее ОС). Одним из основных этапов обращения с ТКО является сбор отходов. Поэтому в статье представлено решение актуальной проблемы повышения экологической безопасности урбанизированных территорий с целью дальнейшего использования отходов для энергообеспечения на основе выбора экологичной и энергетически экономичной инженерной системы сбора ТКО.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, городское хозяйство, система обращения с отходами, сбор твердых коммунальных отходов, экологичность сбора отходов, энергетическая экономичность сбора отходов, экологичная и энергетически экономичная инженерная система сбора отходов.

Ежегодно возрастающие объемы образующихся отходов [1] являются одной из первостепенных задач большинства стран мира, поскольку ее решение требует обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий, создания благоприятных условий жизнедеятельности населения, а также соблюдения требований охраны ОС и ресурсосбережения [1-3]. Вследствие этого в рамках существующих экологических проблем целесообразно выделить необходимость формирования системы управления отходами с целью их дальнейшего использования для получения энергии на основе моделирования экологичного и энергетически экономичного управления ТКО, что позволит обеспечить экологическую безопасность урбанизированных территорий.

Исследованию вопросов управления отходами посвящены работы Боровского Е.Э., Вайсмана Я.И., Гарина В.М., В.А. Грачева, Гринина А.С.,

Мирного А.Н., Мягкова А.И., Новикова В.Н., Сметанина В.И., Шубова Л.Я. и др. Разработкой различных программ, концепций и систем управления отходами с учетом влияния особенностей и значимости городских территорий также занимались Черп О.М., Виниченко В.Н., Мюррей Робин [3], Bendere Ruta [4], Forbes R. McDougall, Peter R. White [5] и др.

С целью обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий необходимо разрабатывать систему управления ТКО, основными этапами которой являются сбор и накопление, транспортирование и утилизация отходов, реализуемые с помощью различных комбинаций метод-способ-конструктивное решение [2, 4, 6, 7].

Выбор такой комбинации, как правило, учитывает простоту технической реализации и наибольшую экономичность альтернативных вариантов. Часто критерием выбора таких комбинаций выступают и приведенные экономические затраты на их реализацию.

В связи с высокой стоимостью и, как следствие, с необходимостью разумного использования энергетических и природных ресурсов немаловажное значение приобретает сопряженное решение проблем обеспечения экологической безопасности и энергосбережения.

С целью увеличения экологичности и энергетической экономичности системы управления ТКО, нами принято решение научно обосновать ее выбор на стадии проектирования с учетом реализации инженерно-экологических мероприятий как из числа известных, так и путем разработки принципиально новых мероприятий, обеспечивающих, прежде всего, сбор отходов, что, в конечном счете, определяет актуальность проведения исследований.

В научной литературе, в том числе [8, 9] представлены результаты исследований свойств ТКО, основанных на рассмотрении самих ТКО с позиции теории устойчивости дисперсных систем. Данный подход позволил

систематизировать параметры их свойств с учетом энергетических характеристик, объяснить закономерности взаимодействия ТКО с основными компонентами ОС и построить физические модели процессов загрязнения [9] и снижения загрязнения ОС ТКО [10].

Важным условием экологически безопасной реализации процесса снижения загрязнения ОС отходами на урбанизированных территориях является обеспечение высоких значений экологичности (исходя из достижений нормативных требований) и энергетической экономичности. При этом наиболее важным с экологической точки зрения этапом является сбор ТКО, для которого упомянутые выше параметры являются наиболее значимыми.

Основываясь на проведенных нами исследованиях [7, 11-14], реализация сбора ТКО, как одного из основных этапов, позволяет снизить негативное воздействие отходов на ОС в местах образования, накопления и распространения отходов, например, во внутреннем объеме помещения или на территории, прилегающей к объекту. При этом основной целью данного этапа является предупреждение выхода потерь ТКО из общего объема.

Сбор ТКО домовладений начинается в помещениях (квартирах, домах, офисах и т.п.), далее они поступают либо непосредственно в мусоропроводы, либо их выносят в баки или контейнеры, расположенные на территориях домовладений для временного хранения отходов, либо выставляют вдоль дорог пакеты (мешки) в случае «позвонкового» сбора (рис. 1).

Емкости для сбора ТКО в помещениях (рис. 2) различаются также как и уличные контейнеры (рис. 3-8) по:

- размеру: большие, средние, маленькие;
 - ориентации: горизонтальные, вертикальные, квадратные, треугольные, прямоугольные, круглые;
-

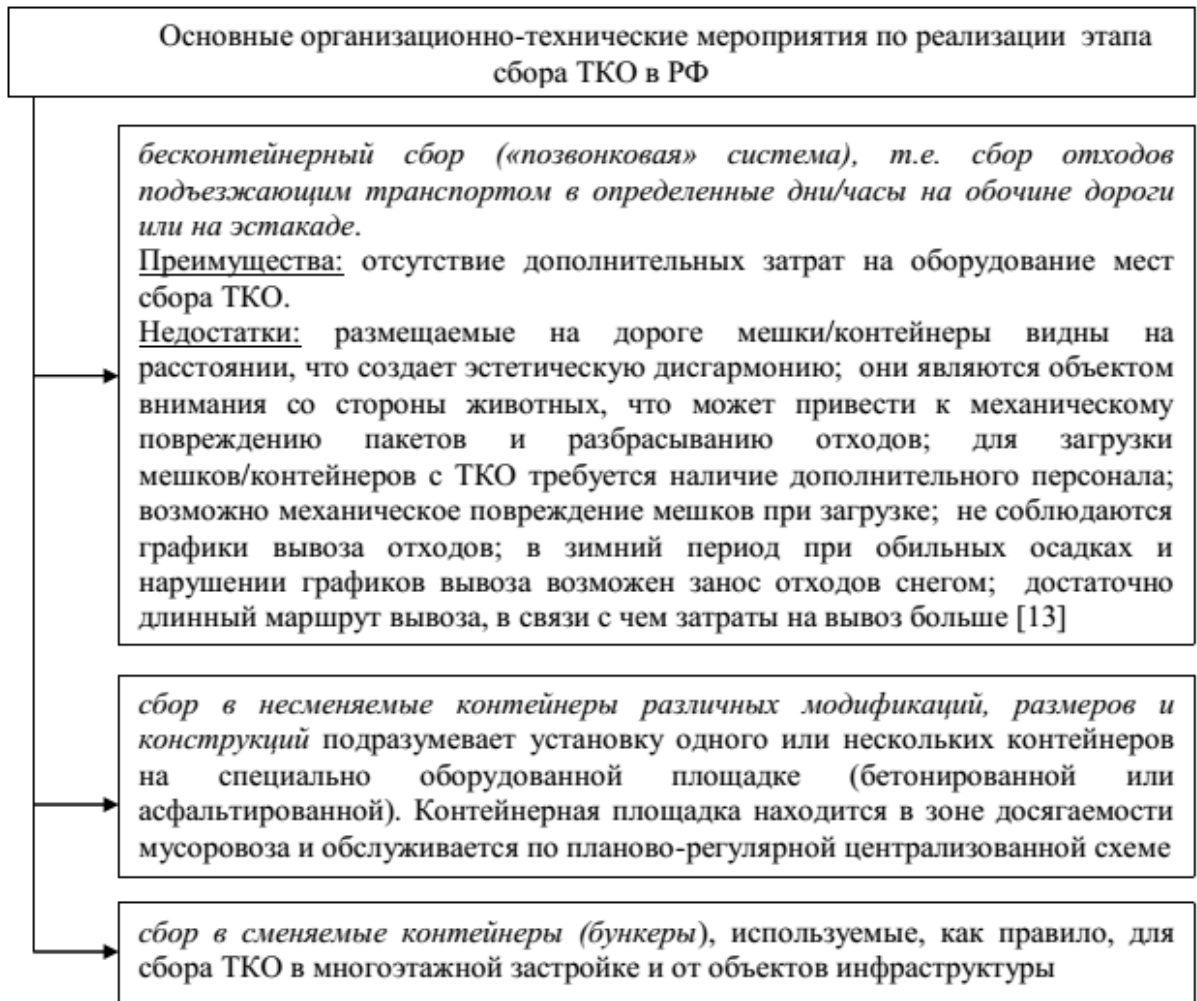


Рис. 1. – Виды реализации этапа сбора ТКО при организации системы обращения с отходами

- типу: с/без педалью, с/без крышки, автоматические, с/без измельчителя, с учетом/без отдельного сбора, сенсорные, подвесные (на стену, цепляются на двери), выдвижные, настольные, напольные;
- цвету: белые, коричневые и пр.;
- материалу, из которого изготовлены: керамические, плетенные, железные, хромированные, пластиковые, металлические;
- месторасположению в помещении: для комнаты/кабинета, для санузла, для кухни, для офиса, для салона, для гостиниц, для бара, и т.д.



Рис. 2. – Многообразие конструктивных решений реализации сбора отходов внутри помещений

а – напольная металлическая урна с педалью; б – напольное пластиковое ведро без крышки; в – напольное пластиковое ведро с крышкой; г – настольные пластиковые урны; д – керамическая напольная круглая урна с крышкой; е – напольная сенсорная урна; ж, м – напольное пластиковое ведро с секциями для раздельного сбора отходов; з – перфорированная круглая урна; и – подвесное на двери круглое металлическое ведро; к – подвесное угловое ведро; л – металлическое ведро с измельчителем отходов.

Внедомовые мусоросборники также достаточно разнообразны.

При реализации «позвонковой» системы сбора отходов используют емкости, различающиеся (рис. 3): с/без завязок, разные по объему и плотности (прочности), биоразлагаемые и неразлагаемые.



Рис. 3. – Варианты реализации бесконтейнерной системы сбора

Несменяемые контейнеры малой вместимости для организации сбора применяют следующих видов: нестандартные емкости (ящики, коробки и пр.) (рис. 3); стандартные контейнеры вместимостью до $1,1 \text{ м}^3$ (рис. 5); евроконтейнеры (рис. 6); заглубленные контейнеры (рис. 7) и др.

Как правило, сбор отходов в несменяемые контейнеры устанавливают контейнерной площадке (рис. 4,5).



Рис. 4. – Контейнерные площадки



Рис. 5. – Уличные контейнеры для сбора ТКО



Рис. 6. – Евроконтейнеры

Приобретают популярность и заглубленные контейнеры (две трети которого находится под землей) вместимостью 3-5 м³. Отходы из таких контейнеров вывозятся мусоровозом с крано-манипуляторной установкой.



Рис. 7. – Заглубленные контейнеры

Знание свойств каждого в отдельности компонента отхода позволит

подобрать оптимальное конструктивное решение для сбора, что в дальнейшем облегчит выбор способа транспортирования и утилизации данного компонента.

Известные на сегодняшний день методики выбора различных типов сборников, определения их количества, способов расстановки и т.д. зависят от таких факторов, как расстояние от объекта образования ТКО до объекта утилизации, вида жилого фонда, крупности населенного пункта, плотности застройки, количества образующихся ТКО, состояния дорог, расстояния вывоза, имеющейся в наличии техники вывоза ТКО и др. Однако экологичность и энергетическая экономичность в качестве влияющих на выбор типов сборников, как правило, учитываются весьма косвенно.

Помимо этого выбранная технология сбора ТКО должна обеспечить исключение, а при невозможности – ограничение, несанкционированного доступа к ТКО насекомых, птиц и животных, маргинальных слоев населения.

Так как не наблюдается дефицит технологических решений сбора ТКО, а, соответственно, и характеристик их описывающих, то выбор оптимального варианта необходимо осуществлять на основании двух критериев, согласно рассмотренной нами физической модели процесса снижения загрязнения ОС [10]: экологичности и энергетической экономичности.

По нашему мнению, экологичность реализации процесса сбора можно отразить формулой:

$$E_{эф} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\% ,$$

где $(M_1 - M_2)$ - степень уменьшения массы/объема ТКО, т (m^3); M_1 - исходная масса/объем образующихся отходов, т (m^3).

Энергетическая экономичность в общем виде может быть выражена:

$$E^{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \cdot 100\%.$$

где $\sum W_i$ - доля энергии, расходуемой на достижение цели процесса снижения загрязнения (полезная энергия), кДж; $\sum N_i$ - энергия, затраченная на реализацию процесса в целом, кДж.

Таким образом, реализация сбора в местах образования ТКО будет тем эффективнее, чем будет выше степень снижения загрязнения ОС.

Изучение физической сущности процесса сбора ТКО позволило получить параметрические зависимости экологичности сбора ТКО для условий урбанизированной территории

$$E^{\text{сбор}}_{\text{эф}} = \sum_{j=1}^n \left[\left(1 - \left(1 - \frac{2}{3} \left(\frac{32B \cdot M_{\text{ТКО}}}{9\mu_{\text{в}} \cdot V_{\text{тех.ср.}} \cdot v_{\text{тех.ср.}} \cdot \rho_{\text{ТКО}} \cdot l_{\text{тех.ср.}} \cdot D_{\text{экв.ч}}^2} \right) \right)^{1,5} \cdot \left(1 - 0,055\pi \cdot \mu_{\text{в}} \cdot D_{\text{экв.ч}}^2 \right) \right) \right]$$

и энергетической экономичности сбора ТКО

$$E^{\text{э}} = \frac{0,033 \cdot 10^{-25} \cdot \sum_{j=1}^n M_{\text{ТКО}} \cdot V_{\text{тех.ср.}} \cdot n_1 \cdot S + \sum_{j=1}^n \frac{F_{\text{адг}}}{\pi \cdot \tau_{\text{адг}}}}{\sum_{j=1}^n N_1 + N_2 + \dots + N_n},$$

где $B \approx 10^{-26}$ – константа межмолекулярного взаимодействия, Дж·м²; $M_{\text{ТКО}}$ – удельная масса ТКО исходя из значений нормы накопления на 1 расчетную единицу, кг; $\mu_{\text{в}}$ – динамическая вязкость воздуха, Па·с; $V_{\text{тех.ср.}}$ – объем емкости для сбора ТКО, м³; $v_{\text{тех.ср.}}$ – скорость движения технического средства, м/с; $\rho_{\text{ТКО}}$ – плотность ТКО, кг/м³; $l_{\text{тех.ср.}}$ – линейный размер технического средства, м; $D_{\text{экв.ч}}$ – эквивалентный диаметр частиц ТКО, м; n_1 – число собранных в 1 м³ емкости частиц ТОП в единицу времени, 1/(м³·с); S – площадь поверхности уборки территории, м²; $F_{\text{адг}}$ – площадь адгезионного

взаимодействия частиц, направляемых в единицу объема (м^3) для сбора, $\text{м}^2/\text{м}^3$; $\tau_{\text{адг}}$ – время адгезионного взаимодействия, с.

Совершенствование системы обращения с ТКО должно быть основано на анализе параметрических зависимостей результирующих параметров сбора – экологичности и энергетической экономичности, позволяющих наметить пути дальнейшего использования отходов для энергообеспечения урбанизированных территорий с целью повышения его эффективности и экономичности, тем самым обеспечивая санитарные нормы городских территорий. В качестве изменяемых целесообразно выбирать те функционально независимые параметры, изменение которых влечет за собой одновременный рост значений и эффективности, и энергетической экономичности.

Таким образом, рассматривая ТКО как дисперсные системы, исследовав их свойства и особенности взаимодействия на каждом этапе их «жизненного цикла» с компонентами ОС, изучив многообразие технических решений организации сбора ТКО, мы получили возможность выбора направлений использования отходов для энергообеспечения урбанизированных территорий.

Литература

1. Михайлова Н. В., Ясинская А. В. Прогнозирование образования твердых коммунальных отходов в крупных городах //Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. №. 7. С. 20-25.
2. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. СПб., 2005. 74 с.
3. Мюррей Р. Цель – ZeroWaste. - перев. с англ. – М.: ОМННО «Совет Гринписс», 2004. 232 с.
4. Bendere Ruta. Waste management / RutaBendere. Riga, Latvia, 2003. URL:

waste.ru

5. McDougall Forbes R., White Peter R., Franke Marina, Hindle Peter / Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory // 2008. p. 544.

6. Минигазимов Н. С., Мирзаматов Р. Р. Состояние внедрения раздельного сбора твердых коммунальных отходов в России // Теория и практика современной аграрной науки. 2020. С. 501-505.

7. Вайсман Я. И., Коротаев В. Н., Слюсарь Н. Н. и др. / Управление отходами. Сбор, транспортирование, прессование, сортировка твердых бытовых отходов: монография. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 236 с.

8. Парамонова О. Н. Рассмотрение твердых отходов потребления как дисперсной системы // Инженерный вестник Дона, 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933

9. Беспалов В. И., Парамонова О. Н. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Инженерный вестник Дона, 2012. № 4 (часть 1). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/11

10. Беспалов В. И., Парамонова О. Н. Физико-энергетическая концепция описания процессов загрязнения и снижения загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Наукovedение, 2013. Вып. 5 (18). URL: naukovedenie.ru/PDF/33trgsu513.pdf

11. Венцюлис Л. С., Быстрова Н. Ю. Экологическая эффективность систем обращения с твердыми коммунальными отходами в Швеции // Региональная экология. 2019. №. 2. С. 86-92.

12. Saldarriaga J. F. et al. Selecting monitoring variables in the manual composting of municipal solid waste based on principal component analysis // Waste and Biomass Valorization. 2019. Т. 10. №. 7. pp. 1811-1819.

13. Ibáñez-Forés V. et al. Assessing the social performance of municipal

solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study //Ecological indicators. 2019. Т. 98. pp. 164-178.

14. Шеина С.Г., Бабенко Л.Л., Неделько С.С., Кобаля Н.Б. Система управления твердыми бытовыми отходами с использованием ГИС-технологий. // Инженерный вестник Дона, 2012 г. № 4 (часть 2). URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258

References

1. Mihajlova N. V. Jasinskaja A. V. Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2019. Т. 23. №. 7. pp. 20-25.

2. Evropejskaja praktika obrashhenija s othodami: problemy, reshenija, perspektivy [European waste management practice: problems, solutions, prospects]. SPb, 2005. 74 p.

3. Mjurrej R. Cel'. ZeroWaste [ZeroWaste]. perev. s angl. M.: OMNNO «Sovet Grinpiss», 2004. 232 p.

4. Bendere Ruta. Waste management. Riga, Latvia, 2003. URL: waste.ru

5. McDougall Forbes R., White Peter R., Franke Marina, Hindle Peter Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory. 2008. p. 544.

6. Minigazimov N. S., Mirzamatov R. R. Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki. 2020. pp. 501-505.

7. Vajsman Ja. I., Korotaev V. N., Sljusar' N. N. i dr. Upravlenie othodami. Sbor, transportirovanie, pressovanie, sortirovka tverdyh bytovyh othodov [Waste management. Collection, transportation, pressing, sorting of municipal solid waste]: monografija. Perm': Izd-vo Perm. nac. issled. politehn. un-ta, 2012. 236 p.

8. Paramonova O. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013. № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1933



9. Bepalov V. I., Paramonova O. N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012. № 4 (chast' 1). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/11
10. Bepalov V. I., Paramonova O. N. Naukovedenie, 2013. Vyp. 5 (18). URL: naukovedenie.ru/PDF/33trgsu513.pdf
11. Vencjulis L. S., Bystrova N. Ju. Regional'naja jekologija. 2019. №. 2. pp. 86-92.
12. Saldarriaga J. F. et al. Waste and Biomass Valorization. 2019. T. 10. №. 7. pp. 1811-1819.
13. Ibáñez-Forés V. et al. Ecological indicators. 2019. T. 98. pp. 164-178.
14. Sheina S.G., Babenko L.L., Nedel'ko S.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012. № 4 (chast' 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258