

## Характеристика процесса накопления твердых коммунальных отходов на торговых объектах стационарной торговой сети

*И.М. Статюха<sup>1</sup>, Н.В. Мензелинцева<sup>2</sup>, О.С. Власова<sup>1</sup>, Д.В. Текушин<sup>1</sup>,  
Н.Ю. Клименти<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Волгоградский государственный технический университет

<sup>2</sup>Волгоградский государственный университет

<sup>3</sup>Главное Управление МЧС России по Тверской области

**Аннотация:** Проблема разработки оптимальной системы обращения с отходами весьма актуальна во многих странах. Для ее решения необходимо исследовать процессы накопления отходов, систематизировать факторы и условия, влияющие на их образование, определить особенности установления нормативов накопления отходов для различных объектов. В статье рассматриваются особенности процесса накопления твердых коммунальных отходов (ТКО) и установления нормативов их накопления для торговых объектов стационарной торговой сети. Найдены объемные и массовые значения суточных показателей накопления ТКО с торговой площади определенного типа и суммарное значение показателей накопления (по всей торговой площади). Установлены форматы торговых объектов с максимальными среднесуточными показателями накопления ТКО и нормативы накопления ТКО для рассматриваемой категории в расчете на 1м<sup>2</sup> торговой площади продовольственными товарами, 1м<sup>2</sup> торговой площади непродовольственными товарами.

**Ключевые слова:** накопление отходов, твердые коммунальные отходы, норматив образования твердых коммунальных отходов, объект стационарной торговой сети, объемный показатель, массовые показатели.

### Введение

При осуществлении торгового процесса в торговом объекте стационарной торговой сети (ТОСТС) образуются отходы, относящиеся к твердым коммунальным отходам (ТКО) [1-3]. Поэтому все торговые объекты обязаны выполнять законодательные требования при накоплении отходов, их передачи для последующей утилизации, размещения, обезвреживания и пр.[4-6].

Объем образующихся ТКО, их состав определяются особенностями торговой сети, обуславливаемыми стандартами и технологией работы торгового объекта. ТОСТС можно классифицировать по различным показателям, например: по видам торгового предприятия (с универсальным ассортиментом, со специализированным ассортиментом, с комбинированным

ассортиментом, со смешанным ассортиментом); по формам торгового обслуживания покупателей (салонное обслуживание покупателей, индивидуальное обслуживание через прилавок, индивидуальное обслуживание продавцом-консультантом в магазинах самообслуживания); по форматам торговых объектов (внутренняя классификация объектов торговли, относящейся к одной торговой сети по набору характеристик) [3-5].

Современное законодательство предписывает раздельное (в отдельных емкостях или контейнерах по установленным видам или группам) накопление отходов на специально оборудованных площадках до момента формирования транспортной партии для передачи соответствующим организациям. В процессе накопления необходимо учитывать не только требования санитарных правил, но и агрегатное состояние, и свойства отходов [7-9].

При установлении нормативов накопления ТКО необходимо рассматривать все факторы и условия, влияющие на величину нормативов, а также проработать известные методические подходы к всесторонне обоснованной оценке величины норматива с учетом различных форматов источников, факторов и условий, в том числе современные общемировые тенденции, например, принципы RRR, Zero Waste, экономика замкнутого цикла и т.д. [10-12].

При экспериментальном установлении нормативов накопления ТКО необходимо определить следующие параметры: объем исследуемых емкостей (пустых)  $V_E$ , их суточную наполненность  $N_{OE}^C$ , массу пустой емкости  $M_E$ , и массу емкости с накопившимися за сутки отходами,  $M_{O+E}$ .

Следует отметить, что на исследуемом объекте могут быть также емкости, в которые осуществляется накопление твердых коммунальных отходов от сопутствующих процессов обслуживания покупателей (СПОП), т.е. уборка помещений, деятельность административного персонала.

---

Значения объемных  $V_{OE}^C$  и массовых  $M_{OE}^C$  показателей накопления ТКО по каждой исследуемой емкости за каждые сутки определяются по формулам (1) и (2), а суммарные показатели объема и массы накопленных отходов за каждые исследуемые сутки по формулам (3) и (4), соответственно:

$$V_{OE}^C = N_{OE}^C \cdot \frac{V_E}{100}, \quad (1)$$

$$M_{OE}^C = M_{O+E} - M_E, \quad (2)$$

$$V_O^C = \sum_{i=1}^k V_{OE_i}^C, \quad (3)$$

$$M_O^C = \sum_{i=1}^k M_{OE_i}^C \quad (4)$$

где  $k$  - количество контрольных емкостей за исследуемые сутки,  $i$  - номер емкости.

Тогда средние объемные  $V_O^{CC}$  и массовые  $M_O^{CC}$  показатели накопления ТКО за весь исследуемый период времени составят:

$$V_O^{CC} = \frac{\sum_{j=1}^d V_o^{Cj}}{d}, \quad (5)$$

$$M_O^{CC} = \frac{\sum_{j=1}^d M_o^{Cj}}{d}, \quad (6)$$

где  $d$  - количество исследуемых суток,  $j$  - номер суток.

Проведя расчеты для разных типов емкостей, которые относятся к различным участкам образования ТКО (продовольственные, непродовольственные, участки СПОП), получим аналогично значения:

$$V_{O1}^{CC}, M_{O1}^{CC}, V_{O2}^{CC}, M_{O2}^{CC}, V_{O_{СПОП}}^{CC}, M_{O_{СПОП}}^{CC}.$$

Итоговые значения показателей рассчитывали по формулам (7-10):

$$V_{O1}^{CC} sum. = V_{O1}^{CC} + V_{O_{СПОП}}^{CC} \times \frac{S_{ТП}}{S_T}, \quad (7)$$

$$M_{O1}^{CC} sum. = M_{O1}^{CC} + M_{O_{СПОП}}^{CC} \times \frac{S_{ТП}}{S_T}, \quad (8)$$

$$V_{O2}^{CC} sum. = V_{O2}^{CC} + V_{O_{СПОП}}^{CC} \times \frac{S_{ТП}}{S_T}, \quad (9)$$

$$M_{O2}^{CC} sum. = M_{O2}^{CC} + M_{O_{СПОП}}^{CC} \times \frac{S_{ТП}}{S_T}, \quad (10)$$

где  $S_T$ -общее значение торговой площади,  $S_{ТП}$ ;  $S_{ТПП}$  - торговая площадь продовольственными и непродовольственными товарами соответственно.

На основании итоговых показателей определяются относительные объемные и массовые значения суточных показателей накопления ТКО с торговой площади определенного типа:

$$\begin{aligned} N_{V^1} &= \frac{V_{O^1}^{CC} sum.}{V_0^{CC}} \times 100; \\ N_{M^1} &= \frac{M_{O^1}^{CC} sum.}{M_0^{CC}} \times 100; \\ N_{V^2} &= \frac{V_{O^2}^{CC} sum.}{V_0^{CC}} \times 100; \\ N_{M^2} &= \frac{M_{O^2}^{CC} sum.}{M_0^{CC}} \times 100. \end{aligned} \quad (11)$$

где  $V_0^{CC}$ ,  $M_0^{CC}$ - средние объемные и массовые показатели накопления ТКО по всей торговой площади за весь исследуемый период времени.

Далее определяют объем ( $m^3$ ) и массу (кг) накопленных отходов при вывозе и опустошении емкости в начале рассчитываемых суток (12,14) и при отсутствии такого вывоза (13,15):

$$V_{OE}^C = N_{OE}^C \cdot \frac{V_E}{100}, \quad (12)$$

где  $V_E$  - полный объем емкости,  $N_{OE}^C$ - доля суточного наполнения объема емкости, %;

$$V_{OE}^C = N_{OE}^C \cdot \frac{V_E}{100} - V_{OE}^{П.С.}, \quad (13)$$

где  $V_E$ - полный объем емкости;  $V_{OE}^{П.С.}$   $V_{OE}^{П.С.}$ - объем накопленных за предыдущие сутки ТКО;

$$M_{OE}^C = M_{O+E} - M_E, \quad (14)$$

где  $M_E$ - масса пустой емкости,  $M_{O+E}^C$  - масса накопленных отходов за сутки;

$$M_{OE}^C = M_{O+E} - M_{OE}^{П.С.}, \quad (15)$$

где  $M_{OE}^{П.С.}$  - масса отходов с учетом массы емкости предыдущего дня.

Если на исследуемом объекте имеется нескольких емкостей накопления ТКО, то показатели по массе и объему накопленных ТКО необходимо суммировать:

$$V_0^C = \sum_{i=1}^k V_{OE_i}^C \quad (16)$$

$$M_0^C = \sum_{i=1}^k M_{OE_i}^C \quad (17)$$

где  $k$  - количество измеренных емкостей за исследуемые сутки,  $i$  - номер емкости.

Суточное значение плотности ТКО рассчитывается по формуле (18):

$$\rho_0^C = \frac{M_0^C}{V_0^C} \quad (18)$$

По этой формуле целесообразно рассчитывать суточную плотность отходов при их вывозе в начале рассматриваемых суток.

Если отходы не вывозятся в начале суток, то погрешность расчета может достигнуть 20-30%, что объясняется образованием пустот между накопленными за предыдущий день компонентами отходов. Эта неоднородность учитывается коэффициентом неравномерности распределения отходов в емкости  $K_{OE}^{HP}$ . Более корректно определять значение средней плотности отходов по общим значениям накопленных за рассматриваемые сутки массы и объему отходов:

$$\rho_0 = \frac{M_{OE}}{V_{OE}} \quad (19)$$

где  $V_{OE}, M_{OE}$  - общий объем и масса накопленных в емкости за исследуемые сутки ТКО;

Средние объемные  $V_0^{CC}$  и массовые  $M_0^{CC}$  показателей накопления ТКО за весь период времени определяются по формулам:

$$V_0^{CC} = \frac{\sum_{j=1}^d V_0^{Cj}}{d}, \quad (20)$$

$$M_0^{CC} = \frac{\sum_{j=1}^d M_0^{Cj}}{d} \quad (21)$$

где  $d$  - количество исследуемых суток,  $j$  - номер суток.

По выражениям (22) по каждому торговому объекту и каждому из его форматов находят средние значения суточных показателей с учетом типа торговой площади (торговля продовольственными и непродовольственными товарами):

$$\begin{aligned} V_{O1}^{CC} object &= V_0^{CC} \times N_{V1}; \\ M_{O1}^{CC} object &= M_0^{CC} \times N_{M1}; \\ V_{O2}^{CC} object &= V_0^{CC} \times N_{V2}; \\ M_{O2}^{CC} object &= M_0^{CC} \times N_{M2}. \end{aligned} \quad (22)$$

Удельные сезонные нормативы для торговой площади определенного типа в рамках исследуемого объекта определяются по формулам (23):

$$\begin{aligned} V_{O1}^{CC} object &= \frac{V_0^{CC} \times N_{V1}}{S_{ТП}}; \\ M_{O1}^{CC} object &= \frac{M_0^{CC} \times N_{M1}}{S_{ТП}}; \\ V_{O2}^{CC} object &= \frac{V_0^{CC} \times N_{V2}}{S_{ТП}}; \\ M_{O2}^{CC} object &= \frac{M_0^{CC} \times N_{M2}}{S_{ТП}}. \end{aligned} \quad (23)$$

Суммация рассчитанных значений по всем исследуемым торговым объектам и по всем сезонам позволяет определить общие средние значения нормативов накопления ТКО по всем торговым объектам стационарной торговой сети:

$$\begin{aligned} V_{O1}^{CC} c &= \frac{\sum_{i=1 \dots N} V_{O1}^{CC}}{K}; \\ M_{O1}^{CC} c &= \frac{\sum_{i=1 \dots N} M_{O1}^{CC}}{K}; \end{aligned} \quad (24)$$

$$V_{O_2}^{CC} c = \frac{\sum_{i=1...N} V_{O_2 k}^{CC}}{K};$$

$$M_{O_2}^{CC} c = \frac{\sum_{i=1...N} M_{O_2 k}^{CC}}{K}.$$

где K- количество торговых объектов стационарной торговой сети.

Нормативы накопления ТКО ГОСТС обязательно включают в себя:

- суточные значения нормативов накопления ТКО;
- годовые значения нормативов накопления ТКО;
- усредненные показатели плотности ТКО, накапливающихся от торговых площадей с продовольственными и непродовольственными товарами.

В табл. 1,2 представлены показатели накопления и нормативы ТКО для торговых объектов.

Таблица №1

Значения среднесуточных показателей накопления ТКО

Формат магазина	Общая площадь, м <sup>2</sup>	Торговая площадь, м <sup>2</sup>	Площадь непрод. товаров, м <sup>2</sup>	Площадь прод. товаров, м <sup>2</sup>	Среднесуточный показатель накопления ТКО	
					Объемный	Массовый
1	2	3	4	5	6	7
ГМ	4970	2250	750	1500	0,82318	106,85555
МК	306	230	230	0	0,03472	0,96778
МС	2064	1190	397	793	0,54950	84,31572
ММ	570	519	173	346	0,38103	42,77763

Суточные значения нормативов накопления ТКО находятся по выражениям (24). Годовые значения нормативов накопления ТКО рассчитываются по формулам (25):

$$\begin{aligned}V_{O1}^{\text{год}} c &= V_{O1}^{CC} c \times 365; \\M_{O1}^{\text{год}} c &= M_{O1}^{CC} c \times 365; \\V_{O2}^{\text{год}} c &= V_{O2}^{CC} c \times 365; \\M_{O2}^{\text{год}} c &= M_{O2}^{CC} c \times 365.\end{aligned}\tag{25}$$

Усредненные показатели плотности ТКО определяются, в соответствии с (26):

$$D_O^{CC} = \frac{M_{O1}^{CC} c}{V_{O1}^{CC} c}\tag{26}$$

Таблица №2

Значения среднесуточных нормативов ТКО по различным форматам

№ п/п	Ед. измерения норматива накопления	Норматив накопления ТКО для формата объекта				Ср. значение	Норматив в накопления ТКО Волгоградской области
		ММ	МС	МК	ГМ		
1	ТКО на ед. общей площади						
	м <sup>3</sup> /сут	0,00049	0,00031	0,00018	0,00012	0,000275	0,001167
	кг/сут	0,06176	0,05227	0,00369	0,01724	0,03374	0,189033
2	ТКО на ед. торговой площади						
	м <sup>3</sup> /сут	0,00072	0,00059	0,00021	0,00028	0,00045	-
	кг/сут	0,08937	0,00986	0,00434	0,03956	0,0579675	-

Рис. 1 и 2 характеризуют сравнение установленных нормативов для всех исследуемых форматов торговых объектов.

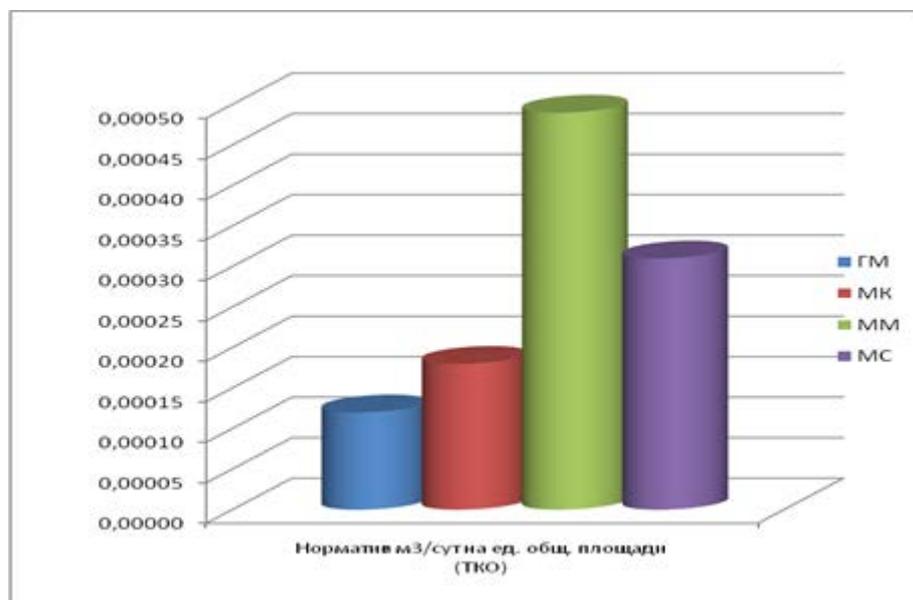


Рис. 1. Сравнительная характеристика установленных нормативов ТКО для торговых объектов рассматриваемых форматов в м<sup>3</sup>/сут. на единицу площади.

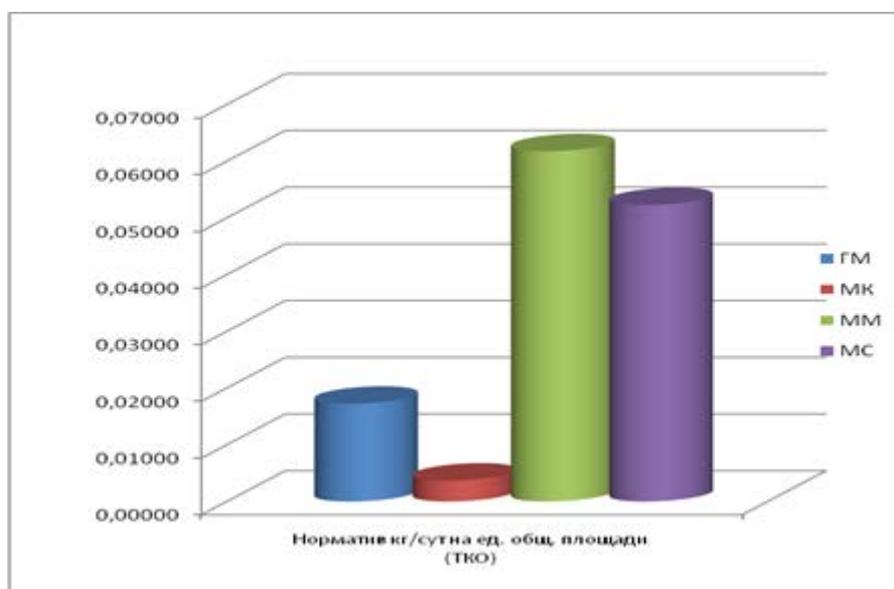


Рис. 2. Сравнительная характеристика установленных нормативов ТКО для торговых объектов рассматриваемых форматов в кг/сут. на единицу общей площади.

Проведенные исследования позволили заключить, что для ТООТС с торговой площадью от 336 м<sup>2</sup> до 1212 м<sup>2</sup> накопление ТКО на ед. торговой площади максимально, аналогично максимально объемному накоплению ТКО для форматов торговых объектов МС и ММ, что необходимо учитывать при установлении нормативов ТКО для всей торговой сети.

### **Выводы**

1. Выявлены основные особенности, которые следует учитывать при установлении нормативов накопления ТКО ТООТС.
2. Экспериментальным путем определены показатели накопления и нормативы накопления ТКО для различных форматов торговых объектов стационарной торговой сети.

### **Литература**

1. Ниязгулов У.Д., Шканов С.И., Цховребов Э.С. Интеграция нормативных и организационно-технических решений в процессе обращения с ТКО и крупногабаритным мусором в населенных пунктах // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. №2. С. 134-148.
2. Куприн Р.Г., Цховребов Э.С., Ниязгулов У.Д. Правовое обеспечение и экономическое регулирование обращения с отходами и вторичными ресурсами // Качество. Инновации. Образование. 2018. №32(153). С. 62-70.
3. Азаров В.Н., Азаров А.В., Мензелинцева Н.В., Статюха И.М. Исследование норм накопления твердых коммунальных отходов урбанизированных территорий // Социология города. 2020. №1. С. 48-57.
4. Азаров В.Н., Азаров А.В., Мензелинцева Н.В., Статюха И.М. Исследование процесса накопления твердых коммунальных отходов на примере республики Дагестан // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2020. №1. С. 48-57.

5. Лисутина Л.А., Павлов А.В. Комплексная система управления отходами в Ростовской области. Инженерный вестник Дона. 2013. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964)

6. Миронюк В.П., Цыплаков В.Ю. Методика создания и функционирования системы обращения с твердыми муниципальными отходами на муниципальном уровне. Инженерный вестник Дона. 2012. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/729](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/729)

7. Murray R Zero Waste. Greenpeace Environmental Trust. М.: ОМННО. "Совет Гринпис", 2004. 232 с.

8. Zaman A.U. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines // Journal of Cleaner Production. 2015. Vol.91. pp. 21-25.

9. Elgizawy S.M., El-Haggag S.M., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Procedia Engineering. 2016. Vol.145. pp. 1306-1313.

10. Adipah S., Kwame O.N. A novel introduction of municipal solid waste management // Journal of Environmental Science. 2019. Vol.3 (2). pp. 147-157.

11. Saucedo Martinez J.A. Mendoza A., Vasquez A., del Rosario M. Collection of solid waste in municipal areas: urban logistics // Sustainability. 2019. Vol.11 (19): p. 5442.

12. Pires A., Martinho G., Rodrigues S., Gomes M. I. Trend Analysis on Sustainable Waste Collection // Sustainable Solid Waste Collection and Management, Springer, Cham. 2019. pp. 323-333.

### References

1. Niyazgulov U.D., Shkanov S.I. Vestnik PNIPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. 2020. №2. pp. 134-148.

2. Kuprin R.G. Kachestvo. Innovatsii. Obrazovaniye. 2018. №32 (153). pp. 62-70.



3. Azarov V.N., Azarov A.V., Menzelintseva N.V., Statyukha I.M. Sotsiologiya goroda. 2020. №1. pp. 48-57.
4. Azarov V.N., Azarov A.V., Menzelintseva N.V., Statyukha I.M. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2020. №1. pp. 48-57.
5. Lisutina L.A., Pavlov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1964)
6. Mironyuk, V. P. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 1. URL: [ru/ru/magazine/archive/n1y2012/729](http://ru/ru/magazine/archive/n1y2012/729)
7. Murray R Zero Waste. Greenpeace Environmental Trust. M.: OMNNO. "Sovet Grinpis", 2004. 232 p.
8. Zaman A.U. Journal of Cleaner Production. 2015. Vol.91. pp. 21-25.
9. Elgizawy S.M., El-Haggag S.M., Nassar K. Procedia Engineering. 2016. Vol.145. pp. 1306-1313.
10. Adipah S., Kwame O.N. Journal of Environmental Science. 2019. Vol.3 (2). pp. 147-157.
11. Saucedo Martinez J.A. Mendoza A., Vasquez A., del Rosario M. Sustainability. 2019. Vol.11 (19): p. 5442.
12. Pires A., Martinho G., Rodrigues S., Gomes M.I. Sustainable Solid Waste Collection and Management, Springer, Cham. 2019. pp. 323-333.