



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В МЕГАПОЛИСАХ

**В. В. Рубинов, В. А. Фетисов**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*Актуальность организации эффективной системы работы с отходами в современном мире не вызывает сомнений. Объем и динамика образования отходов зависят в первую очередь от уровня развития региона в целом, однако на эти параметры оказывают влияние и другие внешние и внутренние факторы системы работы с отходами. Эффективность работы и взаимодействия подсистем зависит от динамического влияния внешней среды, и многих внешних вероятностных параметров. Одним из параметров оказывающий влияние на систему работы с отходами является сезонность. В исследовании построена модель поведения сезонности образования отходов в городе Санкт-Петербурге, на основе данных нескольких районов города. Проведен статистический анализ. Оценены возможности применения модели сезонности и определены направления дальнейших исследований.*

*Ключевые слова: система, твердые коммунальные отходы, система обращения отходов, сезонность, эффективность, математическая модель, связь, функция, макросистема, статистический анализ, отклонения, динамические изменения.*

### **Для цитирования:**

*Рубинов, В. В. Исследование влияния сезонности на показатели накопления твердых коммунальных отходов в мегаполисах / В. В. Рубинов, В. А. Фетисов // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 143 – 149. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-143-149.*

## STUDY OF THE INFLUENCE OF SEASONALITY ON INDICATORS OF MUNICIPAL SOLID WASTE ACCUMULATION IN MEGA CITIES

**V. V. Rubinov, V. A. Fetisov**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The relevance of organizing an effective waste management system in the modern world is beyond doubt. The volume and dynamics of waste generation depend primarily on the level of development of the region as a whole, however, these parameters are also influenced by other external and internal factors of the waste management system. The efficiency of operation and interaction of subsystems depends on the dynamic influence of the external environment, and many external probabilistic parameters. One of the parameters that influences the waste management system is seasonality. The study built a model of the seasonality behavior of waste generation in the city of St. Petersburg, based on data from several districts of the city. Statistical analysis was carried out. The possibilities of using the seasonality model are assessed and directions for further research are identified.*

*Keywords: system, municipal solid waste, waste management system, seasonality, efficiency, mathematical model, communication, function, macro system, statistical analysis, deviations, dynamic changes.*

### **For citation:**

*Rubinov, V. V. Study of the influence of seasonality on indicators of municipal solid waste accumulation in mega cities / V. V. Rubinov, V. A. Fetisov // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 143 – 149. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-143-149.*

### **Введение**

Объем отходов, образующихся в регионе, зависит в первую очередь от уровня развития страны и региона в целом [1], однако на него влияют и другие внешние и внутренние факторы системы обработки отходов.

Одной из серьезных проблем в организации системы работы с твердыми коммунальными отходами (далее ТКО [2]), является ее не системность. Эффективность работы и взаимодействия подсистем зависит от динамического влияния внешней среды, и многих внешних вероятностных параметров [3]. Однако, можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день, управление данными подсистемами зачастую осуществляется в «ручном» режиме, основываясь на сиюминутной эффективности конкретной узловой точки



системы [3].

Система работы с отходами состоит из следующих подсистем (схема на рисунке 1):

- подсистемы накопления или сбора (контейнерная площадка);
- подсистемы транспортировки (первое «плечо»);
- подсистемы перевалки/сортировки/переработки («перегруз»);
- подсистемы вторичной транспортировки «хвостов» (второе «плечо»);
- подсистемы утилизации/захоронения («полигон») [3].

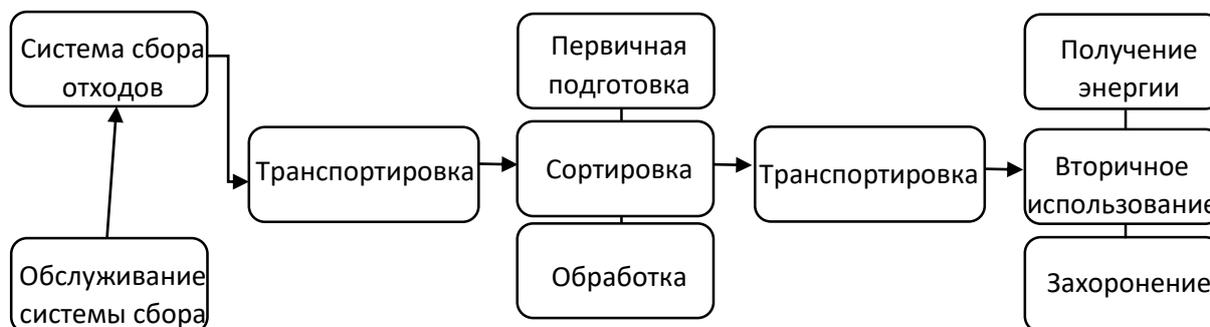


Рис. 1. Технологический процесс работы с отходами

Эффективность работы и взаимодействия подсистем зависит от динамического влияния внешней среды, и многих внешних вероятностных параметров. Исследуя организацию работы системы на микро и мезоскопическом уровне можно обнаружить существенный недостаток в организации. Лица принимающие решения руководствуются только необходимостью осуществить вывоз отходов с мест накопления. Очереди и простои в узловых точках системы – наиболее явное следствие неправильной организации работы, ровно, как и привлечение капитала для строительства мощностей, являющихся избыточными в регионе. Такая организация работы приводит в существенным прямым и косвенным издержкам [3].

Для увеличения эффективности работы необходим системный подход и исследования всех параметров технологического процесса работы с отходами. Одним из таких параметров является сезонность.

### Исследование сезонности

Явления сезонности в мегаполисах связаны, с движением населения и влиянием внешней среды. Как отмечают эксперты: во время наступления туристического сезона среднесуточная масса отходов возрастает на 30-50% по сравнению с зимними периодами. [4] Однако, с точки зрения тарифов для населения, нормативы накопления не были до сих пор проверены исходя из сезонности образования отходов.

Глава "РЭО" отмечает: до конца года мы вместе с регионами проверим фактическое накопление по всем четырём сезонам. Это позволит норматив накопления в виде определённого справочника сделать наиболее полноценным [5]. Оценке влияния сезонности посвящено данное исследование.

В рамках проведённого исследования были использованы данные по образованию твердых коммунальных отходов нескольких районов города Санкт-Петербурга. Основные параметры, которые были использованы в качестве исходных:

1. Период исследования (данные за год или несколько лет по месяцам).
2. Масса образующихся отходов в исследуемом районе за период.

Период исследования охватывал данные об образовании ТКО, в территориальных границах исследуемых районов.

Пример перечня исходных данных исследования приведен в таблице 1.



Таблица 1 – Исходные данные

Месяц/Масса ТКО	Район 1	Район 2	Район 3	Район 4	Район 5	Район 6	Район 7
Январь	12600	13300	15854	6327	2487	4643	5081
Февраль	11200	12600	15998	6285	2250	4620	4186
Март	10756	11940	19163	7359	2591	5434	5013
Апрель	12489	12052	18683	8330	3269	5809	5571
Май	12348	11519	16537	8767	3972	5593	5899
Июнь	11339	11185	15463	9062	3961	6866	5404
Июль	11913	10177	16665	9451	4028	5824	5597
Август	13188	11941	16908	9613	4300	5904	6003
Сентябрь	13496	14411	16662	11168	3849	6066	6065
Октябрь	13020	12443	18176	10567	3867	5678	5678
Ноябрь	12320	11316	18169	9319	3657	5345	5500
Декабрь	12320	12600	16200	7287	3245	4987	5789
Средние значения	<b>12249</b>	<b>12124</b>	<b>17040</b>	<b>8628</b>	<b>3456</b>	<b>5564</b>	<b>5482</b>

Для оценки эффекта сезонности необходимо использовать средние значения образования ТКО в исследуемом регионе за период. Данные по средним значениям представлены в таблице 1. На рисунке 2 представлены графики функций накопления ТКО от времени в разных районах города.

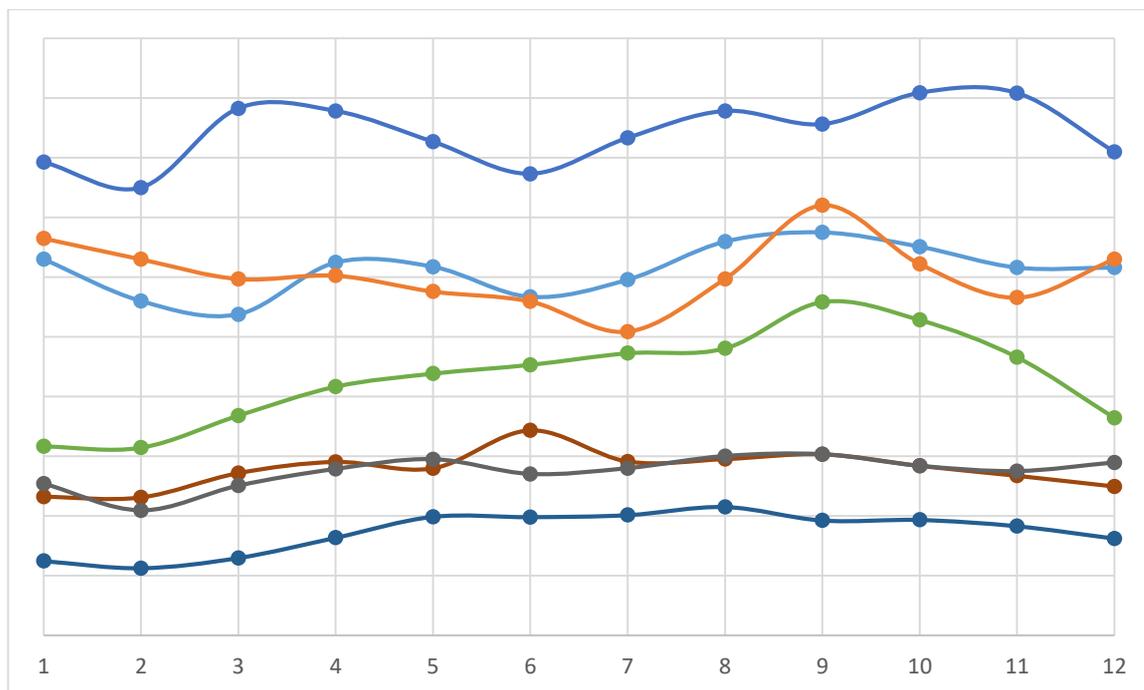


Рис. 2. Графики функций накопления ТКО

Исходя из анализа графиков сложно установить какие-либо тенденции и построить гипотезу влияния сезонности в мегаполисе. В действительности на накопление ТКО влияет множество параметров как описано в исследованиях [3, 4, 6]. Однако, поскольку сезонность оказывает существенное влияние, для выявления этой зависимости необходимо построить матрицу отклонений массы образования ТКО, от средних значений, по районам исследования. В таблице 2 представлены результаты построения матрицы отклонений.



Таблица 2 – Отклонения

Период	Отклонения от средних значений						
Январь	2,9%	9,7%	-5,8%	-26,7%	-28,0%	-16,6%	-7,3%
Февраль	-8,6%	3,9%	-10,9%	-27,2%	-34,9%	-17,0%	-23,7%
Март	-12,2%	-1,5%	4,9%	-14,7%	-25,0%	-2,3%	-8,6%
Апрель	2,0%	-0,6%	4,4%	-3,4%	-5,4%	4,4%	1,6%
Май	0,8%	-5,0%	-1,7%	1,6%	14,9%	0,5%	7,6%
Июнь	-7,4%	-7,7%	-8,1%	5,0%	14,6%	23,4%	-1,4%
Июль	-2,7%	-16,1%	-1,0%	9,5%	16,5%	4,7%	2,1%
Август	7,7%	-1,5%	4,4%	11,4%	24,4%	6,1%	9,5%
Сентябрь	10,2%	18,9%	1,7%	29,4%	11,4%	9,0%	10,6%
Октябрь	6,3%	2,6%	8,0%	22,5%	11,9%	2,0%	3,6%
Ноябрь	0,6%	-6,7%	7,9%	8,0%	5,8%	-3,9%	0,3%
Декабрь	0,6%	3,9%	-3,7%	-15,5%	-6,1%	-10,4%	5,6%

На рисунке 3 представлено графическое изображение отклонений в зависимости от периода. Разным цветом отмечены показатели разных районов исследования.

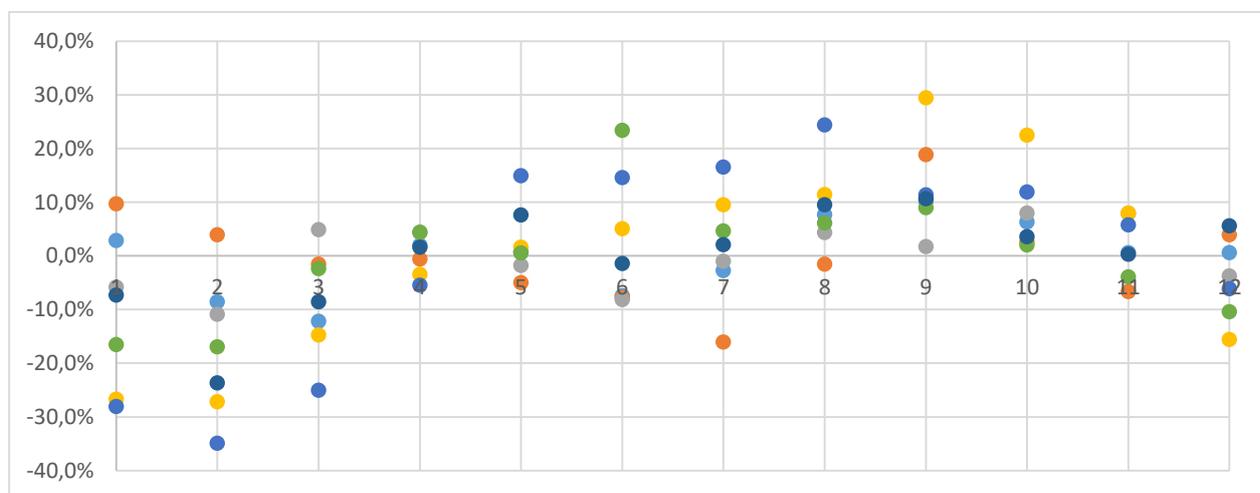


Рис. 3. Отклонения от средних значений по разным районам исследования

Как видно из графика погрешность отклонений в разных районах и периодах исследования существенна. Интересно отметить, что в некоторые периоды (такие как апрель и ноябрь) значения отклонений минимальны и близки к средним. Зимние месяцы имеют наибольший разброс средних значений. Это можно связать с разным влиянием зимнего сезона на центральные и курортные районы города. Важно понимать, что в рамках отдельно взятых регионов на мезоскопическом уровне сезонность может вести себя по-разному.

### Результаты

Для построения модели поведения сезонности в городе были определены средние значения отклонений в анализируемых районах. Получение средних показателей отклонений



позволяет исключить влияние сторонних случайных факторов и влияния случайных процессов, а также неточности сбора или неполноты данных. В таблице 3 представлены результаты исследования.

Таблица 3 – Модель поведения сезонности образования ТКО в Санкт-Петербурге

Период	Среднее отклонение
Январь	-10,3%
Февраль	-16,9%
Март	-8,5%
Апрель	0,4%
Май	2,7%
Июнь	2,6%
Июль	1,9%
Август	8,9%
Сентябрь	13,0%
Октябрь	8,1%
Ноябрь	1,7%
Декабрь	-3,7%

На рисунке 4 представлено графическое изображение модели поведения сезонности образования ТКО в городе Санкт-Петербурге.



Рис. 4. Модель сезонности образования ТКО

### Заключение

Опираясь на результаты исследования можно сделать ряд выводов.

Очевидно, существенное влияние сезонности образования коммунальных отходов в мегаполисах. Причины этого влияния нуждаются в детальной структуризации и дополнительном изучении в рамках исследования технологического процесса работы с отходами. Несомненно, в разных регионах влияние сезонности может проявляться по-разному. Это можно наблюдать анализируя изменение уровня образования ТКО в разных районах города. Определение основных параметров, отражающих характер сезонности



позволит уточнять данные по прогнозу и увеличивать точность имитационных моделей поведения системы работы с отходами.

Эффект сезонности действительно способен, как отмечают в материалах [4,5], оказывать существенное влияние на функцию образования отходов. По результатам исследования влияния сезонности в городе Санкт-Петербурге разница между максимальными отклонениями от средней функции образования ТКО составила 29,9%. Такое поведение функции образования ТКО действительно может оказывать существенное влияние на эффективность процесса организации работы с ТКО. Следовательно, можно сделать вывод о том, что сезонность будет оказывать влияние на эффективность подсистемы транспортировки и перевалки (обработки) ТКО.

Больше всего нагрузка на систему транспортировки ТКО ввиду эффекта сезонности будет сказываться в периоды с середины лета по середину осени. Обратный эффект наблюдается в конце зимних месяцев.

Несомненно, влияние сезонности необходимо дополнительно уточнять, увеличивая количество исходных данных и используя различные регионы и населенные пункты. Объем исходных данных использованных для анализа эффекта сезонности в городе Санкт-Петербурге позволяет учитывать результаты исследования в моделировании процессов, связанных с системой работы с ТКО и применять модель сезонности в дальнейших исследованиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубинов В. В. Проблемы современного подхода к технологическому процессу работы с отходами / В. В. Рубинов, В. А. Фетисов // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: Материалы XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 31 мая – 04 2021 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. – С. 263-271. – EDN MSRUUI.
2. Федеральный закон РФ № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», принят государственной думой 22.05.1998 г. Постановлением № 2491-П ГД, подписан президентом РФ 24.06.1998 г. с изменениями по состоянию на 18.12.2006. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 27.01.2023).
3. Рубинов В. В. Использование математических моделей теории систем массового обслуживания для описания и анализа систем работы с отходами в мегаполисах / В. В. Рубинов // Системный анализ и логистика. – 2022. – № 4(34). – С. 28-35. – DOI:10.31799/2077-5687-2022-4-28-35. – EDN HSYNBM.
4. Новая газета Кубани: Статья о влиянии сезонности [Электронный ресурс]. – URL: <https://ngkub.ru/ekologiya/obrashcheniya-s-tko-v-krasnodarskom-krae-pryamaya-rech> (дата обращения 04.10.2023).
5. Интерфакс недвижимость: Статья о влиянии сезонности [Электронный ресурс]. – URL: <https://realty.interfax.ru/ru/news/articles/111943/> (дата обращения 24.09.2023).
6. Аканов А. В. Определение начальных условий для размещения строительной площадки комплексов по переработке ТКО и выбора технологических решений / А. В. Аканов, Т. Г. Макеева // Сергеевские чтения: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Пермь, 02–04 апреля 2019 года / Под ред. В. И. Осипова, Н. Г. Максимовича, А. А. Баряха, Е. В. Булдаковой, А. Д. Деменева, О. Н. Ереминой, В. Г. Заиканова, В. Н. Катаева, Ю. А. Мамаева, О. Ю. Мещеряковой. Том Выпуск 21. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. – 2019. – С. 483-488. – EDN FОНТНР.



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Рубинов Владислав Валерьевич –**

Аспирант, инженер кафедры системного анализа и логистики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: vvr1071995@mail.ru

### **Фетисов Владимир Андреевич –**

профессор, д.т.н., заведующий кафедрой системного анализа и логистики  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: Fet1@aanet.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

### **Rubinov Vladislav Valerievich –**

Postgraduate student, Engineer of the Department of System Analysis and Logistics  
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: vvr1071995@mail.ru

### **Fetisov Vladimir Andreevich –**

professor, PhD. tech. Sciences, head of the department of system analysis and logistics  
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: Fet1@aanet.ru