

УДК 332.144: 504.064.47

Прогнозирование образования твердых бытовых отходов Санкт-Петербурга

Канд. техн. наук **Агаханянц П.Ф.** aga-polina@yandex.ru
Университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Статья рассматривает возможности прогнозирования образования ТБО в Санкт-Петербурге. Было выбрано прогнозирование статистическим методом. Рассмотрена статистика образования отходов в Санкт-Петербурге с 2000 г., выявлены источники ошибок исходных данных. Предложена факторная модель образования ТБО. Проведен прогноз образования ТБО населением Санкт-Петербурга на период до 2025 г.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, прогнозирование, Санкт-Петербург.

Municipal solid waste forecast for St.Petersburg

Agakhanyants P.F. aga-polina@yandex.ru
University ITMO
Institute of Refrigeration and Biotechnologies
9, Lomonosov Street, St Petersburg, 191002

The article deals with possibilities to forecast municipal solid wastes generation in St.Petersburg. Statistical method of forecasting is chosen. Excising statistical data are discussed and sources of errors are identified. Factor model of MSW generation is proposed. MSW generation by city population is forecasted till 2025.

Keywords: municipal solid waste, forecasting, St.Petersburg.

Для эффективного управления в сфере твердых бытовых отходов (ТБО) необходимо прогнозирование образования отходов на перспективу как минимум 10-15 лет. В частности, прогнозирование необходимо для планирования мощностей по переработке и захоронению ТБО. Опыт прогнозирования практически отсутствует в отечественной практике.

Необходимость прогнозирования образования ТБО в Санкт-Петербурге возникла в связи с разработкой Генеральной схемы очистки территории Санкт-Петербурга на расчетный срок до 2015 г. и долгосрочную перспективу 2025 гг.

Существует ряд методологических подходов к моделированию образования ТБО [25]:

- балансовые модели;
- факторные модели;
- статистические модели.

В балансовых моделях образование отходов оценивается по данным по использованию продукции, продажам, потреблению продуктов, которые имеют отношение специфических потоков отходов. Факторные модели основаны на анализе факторов, которые описывают процессы образования отходов. Примеры параметров –

доход на семью, тип жилища, тип отопления и пр. Статистические модели выявляют статистические закономерности изменения образования ТБО.

В ранних моделях управления ТБО внимание уделялось функционированию подсистем, например, транспортной. В последнее время модели рассматривают систему в целом, учитывая широкий набор количественных и качественных критериев [25]. Происходит интеграция различных процессов с учетом экологических, экономических и социальных аспектов и расширение системных границ.

В современных условиях предъявляются следующие требования к прогностическим моделям ТБО [25]:

1. Уровень обобщения, соответствующий уровню прогноза.

Параметры, используемые в модели, должны быть основаны на данных, которые описывают особенности данного региона. При этом для объяснения региональной динамики неприемлемо использование исключительно усредненных данных в балансовых моделях. Предпочтение должно отдаваться факторным моделям, в которых используются социально-экономические данные, имеющиеся на региональном уровне.

2. Предсказуемость параметров.

Для прогнозирования нужно выбирать параметры на уровне города, которые можно предсказать с высокой точностью для длительного горизонта прогнозирования. Это могут быть параметры с высокой инерцией, слабо изменяющиеся во времени, такие как возрастная структура населения, размер домашнего хозяйства, детская смертность.

3. Удобство использования.

Методика должна обеспечивать на выходе данные, которые просто получить и легко интерпретировать, в сравнении с дорогостоящими и длительными по времени методиками, такими как Дельфийский метод.

Согласно «Методическим рекомендациям о порядке разработки генеральных схем очистки территорий населенных пунктов Российской Федерации» МДК 7-01.2003 [3], прогноз объема образования твердых бытовых отходов должен выполняться на основе данных об удельном образовании отходов, с учетом тенденции роста удельных норм образования. Указанным требованиям соответствует статистический метод прогнозирования. Исходя из этого, предлагается моделировать образование ТБО Санкт-Петербурга в виде статистической модели на основе доступных социально-экономических и демографических параметров.

Для построения модели использовалась статистика образования ТКО в Санкт-Петербурге по данным различных источников:

- официальная оценка образования ТБО в Санкт-Петербурге по данным ежегодных отчетов Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге» [11-24];
- статистика суммарного вывоза ТБО от жилищного фонда и коммерческих объектов, предоставляемая на добровольной основе организациями-перевозчиками ТБО Комитету по благоустройству Санкт-Петербурга;

- статистика вывоза ТБО от жилищного фонда, предоставляемая администрациями районов по запросу Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга.

Также использовался ряд нормативно-правовых и инструктивно-методических документов, действующих в Санкт-Петербурге:

- Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [1];
- Законы Санкт-Петербурга «О Генеральном плане Санкт-Петербурга», «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга» [4, 5];
- Концепция социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2020 года [6];
- Временные нормативы накопления твердых бытовых отходов, утв. ФГУП «Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами» по Северо-Западному федеральному округу [7];
- Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О Программе комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Санкт-Петербурга до 2015 года» [8];
- Региональная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге на период 2012-2020 годов [9];
- Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О совершенствовании системы сбора, вывоза, размещения, обезвреживания и переработки коммунальных отходов в Санкт-Петербурге» [10].

Факторы, воздействующие на образование ТБО населением, приведены на рис. 1.



Рис. 1. Факторы, воздействующие на образование ТБО населением.

Таким образом, образование ТБО есть функция ряда переменных:

$$O_{ТБО} = f(\rho, S, J, \mu_p, \mu_s, \mu_j) \quad (1)$$

где

$O_{\text{ТБО}}$ – образование ТБО, т;

P – население Санкт-Петербурга, чел.;

ρ – плотность ТБО, кг/м³;

S – торговые площади, тыс. м²;

J – места приложения труда, тыс.чел.;

μ_P – удельное образование ТБО населением, кг/чел.;

μ_S – удельное образование ТБО на торговых площадях, кг/м²;

μ_J – удельное образование ТБО в местах приложения труда, кг/чел.

Анализ статистики образования ТБО в Санкт-Петербурге следует вести с учетом ряда факторов:

- отсутствие в Санкт-Петербурге единой системы учета образования и транспортировки ТБО;
- первичный учет вывоза ТБО в Санкт-Петербурге ведется всеми участниками в объемных величинах, а их последующий перевод в массу происходит по устаревшим коэффициентам при отсутствии достоверных значений плотности;
- после отмены лицензирования транспортирования отходов статистика формируется из данных, предоставляемых транспортирующими компаниями на добровольной основе;
- в статистику попадают отходы потребления, которые размещаются на контейнерных площадках жилищного фонда юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Результатом является значительный разброс значений образования ТБО, данные перевозчиков превышают данные от районов в 1,4-1,6 раза (рис. 2).



Рис.2. Вывоз ТБО в Санкт-Петербурге по данным администраций районов и компаний-перевозчиков ТБО.

Прогноз удельного образования отходов

Основным субъектом, образующим ТБО, является население. В общем случае, образование ТБО населением вычисляется по формуле

$$O_{\text{ТБО-Р}} = P \times \mu_P \tag{1}$$

где

$O_{\text{ТБО-Р}}$ – образование ТБО населением, кг;

P – население, чел.;

μ_P – удельное образование ТБО населением, кг/чел.

Существует ряд официальных прогнозов роста населения Санкт-Петербурга, из которых для целей прогноза образования ТБО был выбран прогноз Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Правительства Санкт-Петербурга [1].

Официальный норматив образования отходов населением Санкт-Петербурга утверждается комитетами Правительства Санкт-Петербурга (табл. 1) и на настоящий момент составляют 1,88 куб.м/чел. в год или 362 кг/чел. в год с учетом крупногабаритных отходов (КГО).

Табл. 1. Официальные значения норматива образования ТБО населением Санкт-Петербурга.

Дата введения норматива	Норматив, м ³ /чел. в год		Норматив, кг/чел. в год	Источник
	всего	в т.ч. КГО		
01.01.2004	1,45		290	Распоряжение КСЖФ Санкт-Петербурга от 14.10.2003 № 22-р
05.06.2006	1,49			Распоряжение Жилищного комитета Санкт-Петербурга от 5.06.2006 № 58-р
01.10.2006	1,53	0,15		Распоряжение Жилищного комитета Санкт-Петербурга от 5.06.2006 № 58-р
01.12.2006	1,62	0,17		Распоряжение Жилищного комитета Санкт-Петербурга от 17 ноября 2006 г. № 124-р
01.08.2008	1,88	0,34	362	Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 09.07.2008 № 30-р с 01.08.2008

Однако, в силу причин, указанных выше, официальные нормативы образования отходов не могут быть приняты в качестве исходных. В связи с этим, данные по вывозу ТБО в Санкт-Петербурге (рис. 1) были пересчитаны с учетом официальных данных по населению администраций районов и компаний-перевозчиков ТБО, результаты приведены на рис. 2.



Рис.3. Удельное образование ТБО в Санкт-Петербурге, расчет по исходным данным из различных источников, куб.м/чел.

Затем полученные удельные величины образования ТБО за 2000, 2001, 2002, 2004, 2006, 2008-2012 гг. (по данным администраций районов Санкт-Петербурга) были скорректированы в сторону увеличения на 10% с учетом неполноты сбора первичной информации линейно экстраполированы, результаты приведены на рис. 3. Во многих развитых странах наблюдался логистический рост образования отходов на душу населения с выходом на максимальные значения. Поскольку отсутствуют обоснованные данные для предположения, по какому закону происходит рост отходов в Санкт-Петербурге на данном этапе, рост удельного объема образования ТБО до 2025 г. был спрогнозирован методом линейной регрессии.

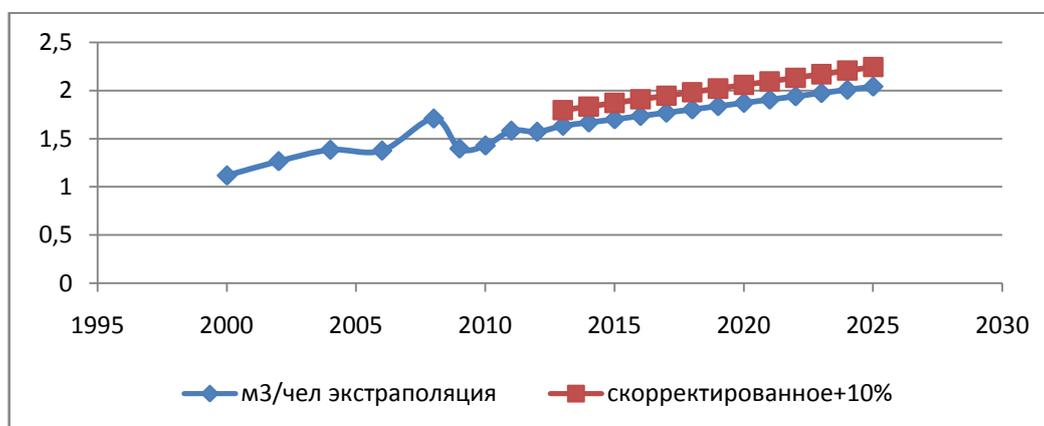


Рис. 4. Линейная экстраполяция удельного образования отходов в объемных единицах, м³/чел.

Прогноз плотности ТБО

На следующем этапе вводилась поправка на изменение плотности отходов. По опыту других стран, общей тенденцией является падение плотности ТБО, за счет роста доли упаковочного материала в составе ТБО по сравнению с пищевыми отходами. По результатам измерений морфологического состава отходов, проведенного ООО «Институт прикладной экологии и гигиены» в 2013 г., плотность ТБО (без КГО) в среднем составила 124 кг/куб.м, что значительно ниже значений, принятых официально. Данная величина была скорректирована в сторону увеличения с учетом того, что плотность КГО выше и составляет 214 кг/куб.м, в то время как доля КГО составляет 20%, таким образом, плотность потока ТБО включая КГО оценивается в 142 кг/куб.м.

Таким образом, неизвестно, на основании каких плотностей следует пересчитывать данные за прошлые годы, и как будет изменяться плотность на период прогноза. В связи с этим, значения плотности были оценены методом линейной регрессии исходя из значения 160 кг/куб.м на 2000 г. и 142 кг/куб.м на 2012 г. (рис. 5). По этой оценке, плотность ТБО к 2025 г. снизится ориентировочно до 125 кг/куб.м.

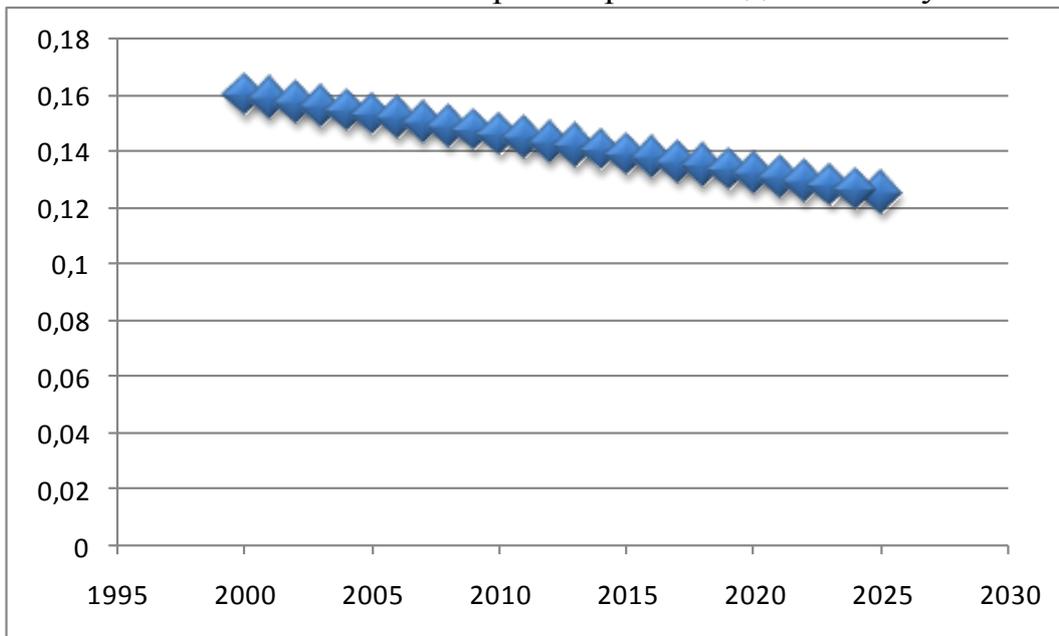


Рис. 5. Оценка динамики плотности ТБО Санкт-Петербурга, кг/куб.м.

На основании данных по удельному накоплению в объемных единицах и оценки плотности, был проведен прогноз удельного накопления в массовых единицах (кг/чел. в год).

Общая масса ТБО населения, образующихся в жилищном фонде, была определена на основании прогноза роста массы ТБО на жителя и прогноза населения Санкт-Петербурга (табл. 2).

Табл. 2. Прогноз основных параметров, связанных с образованием ТБО населением Санкт-Петербурга, 2013-2025 гг.

Год	Прогноз			
	Население, тыс. чел.	Удельное накопление ТБО, куб.м/чел.	Плотность ТБО, т/куб.м	Образование ТБО населением, тыс.т
2013	5047	1,80	0,142	1 285

2014	5110	1,83	0,140	1 315
2015	5175	1,87	0,139	1 345
2016	5227	1,91	0,138	1 372
2017	5268	1,95	0,136	1 396
2018	5307	1,98	0,135	1 418
2019	5347	2,02	0,133	1 441
2020	5386	2,06	0,132	1 463
2021	5425	2,09	0,131	1 484
2022	5466	2,13	0,129	1 506
2023	5513	2,17	0,128	1 528
2024	5566	2,21	0,126	1 552
2025	5620	2,24	0,125	1 576

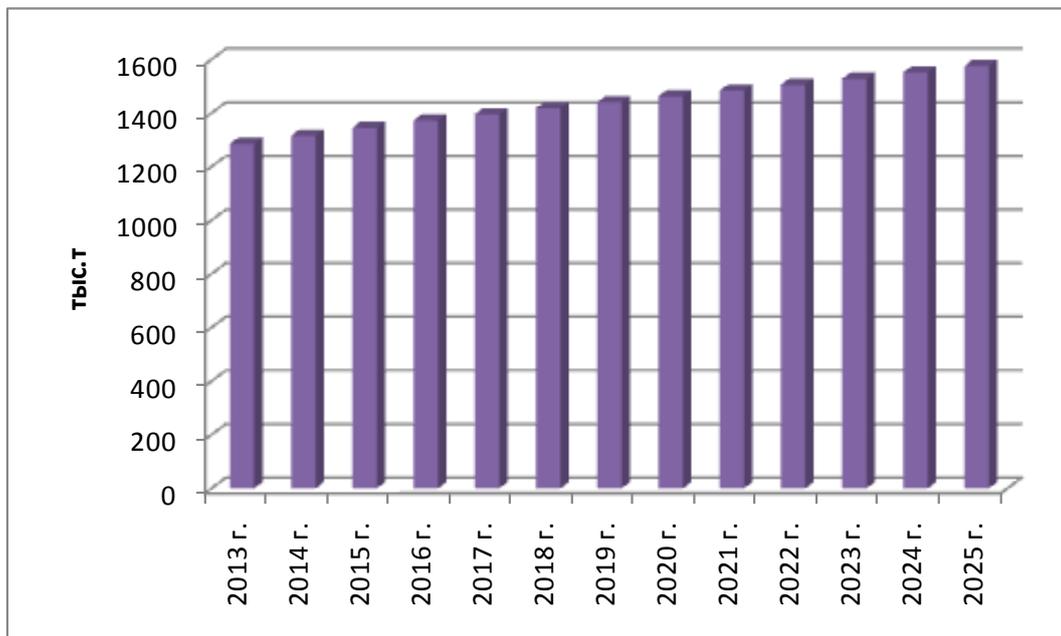


Рис. 6. Прогноз образования ТБО населением Санкт-Петербурга до 2025 г., тыс. т.

Список литературы

1. Комитет экономического развития, промышленной политики и торговли Правительства Санкт-Петербурга. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cedipt.spb.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Об отходах производства и потребления: федеральный закон Российской Федерации от 24.06.1998 № 89-ФЗ; ред. от 28.07.2012, с изм. и доп., вступающими в силу с 23.09.2012.
3. Об утверждении «Методических рекомендаций о порядке разработки генеральных схем очистки территорий населенных пунктов Российской Федерации»: Постановление Госстроя России от 21.08.2003 № 152.
4. О внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга»: Закон Санкт-Петербурга от 12.05.2008 № 274-44.
5. О Генеральном плане Санкт-Петербурга: Закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 № 728-99; ред. от 30.06.2010.

6. О Концепции социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2020 года: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 28.03.2012 № 275; с изм. от 01.03.2013.
7. О направлении Временных нормативов накопления твердых бытовых отходов, утвержденных ФГУП «Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами» по Северо-Западному федеральному округу 01.11.2006: Письмо Управления по обращению с отходами производства и потребления Санкт-Петербурга от 27.01.2010 № 27/21/11-ор-1.
8. О Программе комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Санкт-Петербурга до 2015 года: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21.10.2008, № 1270; ред. от 10.12.2012.
9. О Программе «Региональная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге на период 2012-2020 годов»: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 29.05.2012, № 524.
10. О совершенствовании системы сбора, вывоза, размещения, обезвреживания и переработки коммунальных отходов в Санкт-Петербурге: Постановление Правительства Санкт-Петербурга № 661 от 28.04.2004 г.
11. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге за 1980 – 1999 годы: Обзор / Под ред. А.С.Баева, Н.Д.Сорокина. СПб., Фирма «Сезам», 2000. – 516 с.
12. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2000 году: Обзор / Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб., Фирма «Сезам», 2001. – 452с.
13. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2001 году: Обзор / Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб., Фирма «Сезам», 2002. – 452с.
14. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2002 году/ Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина.СПб., ООО «Фирма «Сезам», 2003. – 468с.
15. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2003 году/ Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб., ООО «Фирма «Сезам», 2004. – 436 с.
16. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2004 году/ Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2005. – 512 с.
17. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2005 году/ Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2006. – 491 с.
18. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2006 году/ Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2007. – 528 с.
19. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2007 году/ Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2008. – 472 с.

20. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2008 году/ Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2009. – 480 с.
21. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году /Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2010. – 440 с.
22. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2010 году/Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2011. – 434 с.
23. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2011 году/Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2012. – 431 с.
24. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2012 году/Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. СПб., ООО «Сезам-Принт», 2013. – 464 с.
25. Beigl P., Wassermann G., Schneider F., Salhofer S. Forecasting municipal solid waste generation in major European cities. IEMSS International Conference «Complexity and Integrated Resources Management». 2004.