

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №6, Том 14 / 2022, No 6, Vol 14 <https://esj.today/issue-6-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/38NZVN622.pdf>

DOI: 10.15862/38NZVN622 (<https://doi.org/10.15862/38NZVN622>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Венцюлис, Л. С. Анализ состояния системы обращения с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге за последние 25 лет / Л. С. Венцюлис, А. Н. Пименов, А. Н. Чусов, С. В. Селиванова, В. В. Терлеев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/38NZVN622.pdf> DOI: 10.15862/38NZVN622

For citation:

Ventsyulis L.S., Pimenov A.N., Chusov A.N., Selivanova S.V., Terleev V.V. Analysis of the state of the solid municipal waste management system in St. Petersburg over the past 25 years. *The Eurasian Scientific Journal*. 2022; 14(6): 38NZVN622. Available at: <https://esj.today/PDF/38NZVN622.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/38NZVN622

УДК 504.064.2

Венцюлис Леонард Станиславович

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»,
Санкт-Петербург, Россия
Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук
Главный научный сотрудник
Доктор технических наук, профессор
E-mail: leonard446@gmail.com

Пименов Александр Николаевич

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»,
Санкт-Петербург, Россия
Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук
Заведующий лабораторией систем обращения с отходами
Кандидат технических наук, профессор
E-mail: pimenovan@mail.ru

Чусов Александр Николаевич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Инженерно-строительный институт
Доцент Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: chusov17@mail.ru

Селиванова Светлана Викторовна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Инженерно-строительный институт
Доцент Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства
Кандидат технических наук
E-mail: lins2007@yandex.ru

Терлеев Виталий Викторович

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Инженерно-строительный институт
Профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
E-mail: vitality_terleev@spbstu.ru

Анализ состояния системы обращения с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге за последние 25 лет

Аннотация. В статье рассмотрено состояние системы обращения с отходами в Санкт-Петербурге за последние 25 лет. Показано, что за 25 лет экологические ущербы системы обращения с отходами в Санкт-Петербурге выросли в 2,22 раза, что свидетельствует о том, что за прошедшие годы система практически не совершенствовалась. На протяжении всех рассматриваемых 25 лет на полигон вывозится основная часть образовавшихся твердых коммунальных отходов в Санкт-Петербурге, что составляет примерно 88 % от их общего количества. Остальные 12 % перерабатываются в компост на мусороперерабатывающих предприятиях. В настоящий момент, в Санкт-Петербурге действует система сбора опасных отходов от населения, которая включает: пункты приема опасных отходов «Экопункты», мобильные пункты приема опасных отходов «Экомобили», металлические терминалы по приему опасных отходов «Экотерминалы», а также, предназначенные для приема отработанных элементов питания, т. е. батареек «Экобоксы», установленные в специально выбранных для этого местах, удобных для горожан. Работа городской системы сбора опасных отходов от населения ведется начиная с 2010 года, она совершенствуется, и направлена на извлечение опасных отходов, образуемых жителями Санкт-Петербурга из общего объема образованных ими твердых коммунальных отходов.

В заключении, сделан вывод о том, что в перспективе в Санкт-Петербурге следует развивать направления по сокращению количества отходов, вывозимых на полигоны путем выделения органической фракции из основного потока твердых коммунальных отходов, поступающих на переработку, выделения из них опасных отходов, а так же при помощи качественной сортировки и глубокой переработки поступающих потоков твердых коммунальных отходов с извлечением из них полезных фракций, которые можно использовать в качестве вторичного сырья и для получения энергии.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; загрязняющие вещества; выбросы; экологический ущерб; эффективность систем обращения с отходами; экологическая эффективность; переработка отходов; сортировка отходов; сжигание отходов; размещение отходов; вторичное сырье

Введение

Санкт-Петербург — второй по величине город России. Самостоятельный субъект Российской Федерации, административный центр Северо-Западного Федерального округа. Расстояние до Москвы — 650 километров¹.

По данным Росстата, численность населения города — 5384342 человек, площадь — 144715,42 га¹.

Город делится на 18 районов. В состав Большого Петербурга входят города: Зеленогорск, Колпино, Кронштадт, Ломоносов, Павловск, Петродворец, Пушкин, Сестрорецк, Красное село¹.

¹ Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году / Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого — Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. — 253 с.

Город расположен в устье реки Невы и имеет достаточно сложные метеорологические условия. Главные проблемы — сырость воздуха весной, высокая влажность летом, частое отсутствие солнечного света зимой, сильные ветра и наводнения осенью [1].

Основная часть

Ежегодно в Санкт-Петербурге образуется 9.366 млн тонн отходов, 90 % из которых складируются на полигонах, что загрязняет окружающую среду¹. Остальные перерабатываются на мусороперерабатывающем заводе в компост, использование которого затруднено в связи с тем, что опасные отходы из них не выделяются и компост не пригоден для удобрения, а используется в качестве промежуточных слоев на полигонах [2; 3].

Из всех собранных в Санкт-Петербурге отходов:

- отходы объектов жилищного фонда со встроенными нежилыми помещениями (отходы, образованные в жилых помещениях жилищного фонда, в нежилых домах) составили 1 763 353 тонны твердых коммунальных отходов (ТКО);
- отходы объектов нежилого фонда (в результате хозяйственной деятельности предприятий и организаций — производственные отходы, составили 7 662 807 тонн.

Как можно заметить (рис. 1) количество ТКО в Санкт-Петербурге за последние 20 лет выросло на 65 %.

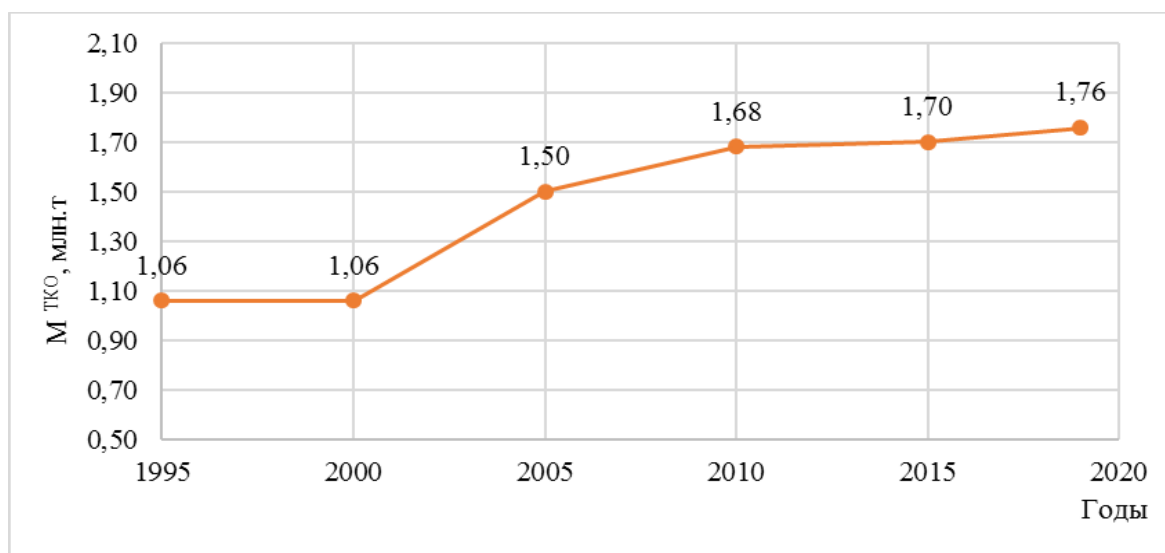


Рисунок 1. Количество ТКО, образованных в Санкт-Петербурге за 25 лет (составлено авторами)

При сохранении такого темпа роста к 2025 году количество образованных в Санкт-Петербурге ТКО может составить около 2 миллионов тонн.

За последние 20 лет резко изменился состав ТКО: уменьшилась доля пищевых отходов, древесины, черных и цветных металлов и постоянно увеличивается доля упаковочных материалов, бытовой техники, в том числе электронной, других крупногабаритных отходов¹, требующих специальных методов сбора и утилизации [3].

Анализ морфологического состава ТКО (табл. 1) показывает, что наибольшую долю ТКО составляют органические отходы, бумага и картон, меньшую составляют дерево, ПВХ, пластики.

Таблица 1

Морфологический состав ТКО г. Санкт-Петербурга

Тип отходов	Относительная доля в общем составе ТКО, %
Органические отходы	27.4
Бумага и картон	21.5
Цветные металлы	3.8
Черные металлы	0.8
Стекло	8.9
ПЭТ	3.4
Пластик высокого давления	1.0
ПЭ пленки	7.4
Другие пластики	2.5
Текстиль, кожа, резина	4.3
Дерево	2.5
ПВХ	0.1
Инертные материалы	12.8
Прочие материалы	3.6
ИТОГО:	100

Составлено авторами

Организация сбора для различных районов города различная и зависит от плотности застройки.

К районам плотной застройки относятся дома до 1950 года постройки, а к районам свободной застройки относятся дома после 1950 года постройки. В районах свободной постройки дома как правило оборудованы мусоропроводами и почти на всех внутриквартальных территориях имеются контейнерные площадки и асфальтированные подъезды, на которые устанавливаются контейнеры, в основном емкостью 6 куб. м.

С 2006 года в Санкт-Петербурге начато строительство подземных контейнерных площадок, которые имеют следующие преимущества:

- меньшую температуру;
- меньшую видимость на поверхности.

В городе в настоящее время осуществляется только общий вывоз ТКО.

Масса селективно собираемых ТКО во время проводившихся экспериментов в ряде районов составила 2–3 % от всей массы ТКО.

По итогам инвентаризации, на территории Санкт-Петербурга учтено 25 060 мест временного накопления ТКО, из них:

- 15 838 — мусороприёмных камер;
- 9 222 — контейнерные площадки;
- 6 609 — наземные контейнеры;
- 2 342 — необорудованные площадки в кварталах плотной застройки;
- 271 — контейнерные площадки углубленного типа.

В зависимости от места размещения контейнеров варьируется их объем. В мусороприёмных камерах используются контейнеры ёмкостью 0,4 куб. м и 0,6 куб. м. На оборудованных местах сбора 60 % — ёмкостью 0,4 куб. м, 30 % — 6 куб. м и 10 % — ёмкостью 14 куб. м.

Активному внедрению селективного сбора ТКО препятствует ряд проблем:

1. В настоящее время отдельно собираемые отходы не имеют потребителя.
2. Затраты на вывоз отдельно собираемых ТКО значительно выше затрат на обычный вывоз ТКО.
3. Установка контейнеров для раздельного сбора ТКО создаёт благоприятную среду для расхищения содержимого этих контейнеров населением.

Вместе с тем раздельный сбор и сортировка отходов являются одним из главных перспективных путей рационального использования вторичных ресурсов¹.

В последнее время в ТКО значительно увеличилась доля опасных отходов¹, к которым следует отнести электрохимические источники тока (батарейки и аккумуляторы), приборы, содержащие ртуть (люминесцентные лампы, гербициды, растворители, отработанные масла и смазочные материалы, фотоматериалы и др.) [3].

Наибольшую опасность представляют отработанные ртутные лампы, содержащие 2–3 мг ртути.

В Санкт-Петербурге действует ряд предприятий, имеющих лицензию на утилизацию таких отходов. К таким предприятиям относятся "Меркурий" и "Экосторой"¹.

В 2010 году в Санкт-Петербурге была организована система регулярного сбора опасных отходов от населения с помощью мобильного пункта приёма «Экомобиль»¹.

В 2017 году в систему сбора опасных отходов Санкт-Петербурга входили уже 8 стационарных пунктов приема опасных отходов («Экопункты»), а также 2 передвижных пункта приема опасных отходов («Экомобили»), 210 металлических терминалов по приему опасных отходов («Экотерминалы»), которые были установлены в специализированных местах. Кроме того, была произведена установка более 700 картонных ёмкостей («Экобоксы») в удобных для жителей, специально выбранных для этого местах. При помощи системы сбора опасных отходов ежегодно удастся собрать более 300 тонн опасных отходов из состава твердых коммунальных отходов от населения¹.

В 2020 году в систему сбора опасных отходов от населения города вошло уже более 450 экотерминалов для сбора опасных отходов из числа коммунальных, а также работали 7 экомобилей и более 700 мест установки «Экобоксов», предназначенных для сбора и временного хранения отслуживших элементов питания — батареек¹.

В 2020 году экотерминалы принимали от жителей города такие виды опасных отходов как: энергосберегающие компактные ртутьсодержащие лампы; термометры медицинские ртутные и другие ртутные приборы; батарейки и аккумуляторы малогабаритные, в том числе от ноутбуков¹.

В экомобили жители города могли сдать: лампы ртутные; термометры медицинские ртутные и другие ртутные приборы; батарейки и аккумуляторы малогабаритные, в том числе от ноутбуков; оргтехнику (компьютеры и периферийные устройства); бытовые химические средства, лаки и краски с истекшим сроком годности¹.

В конце 2021 года в Санкт-Петербурге было установлено еще 45 экотерминалов. В четырех районах Санкт-Петербурга начали свою работу 4 стационарных экологических пункта с расширенным перечнем принимаемых опасных отходов от населения. Стационарные эко-пункты принимали от жителей города: лампы ртутные; термометры медицинские ртутные и другие ртутные приборы; батарейки и аккумуляторы малогабаритные (включая аккумуляторы от ноутбуков); лекарственные препараты с истекшим сроком годности; аккумуляторы кроме малогабаритных (автомобильные, от источников бесперебойного питания и др.); вышедшая из эксплуатации бытовая, электронная, компьютерная и оргтехника;

химические отходы, лаки, краски, бытовая химия; ртуть металлическая и загрязненные ртутью отходы; отработанные масла; покрышки автомобильные¹.

Все собранные от населения опасные отходы утилизируются и обезвреживаются. Опасные отходы из состава твердых коммунальных, могут составлять примерно 3 % от общего объема отходов. Не смотря на свой малый объем по отношению к общей массе отходов, именно опасные отходы, попадая в общий поток твердых коммунальных отходов, отравляют весь поток, делая невозможным его дальнейшую переработку обычными для ТКО способами. Весь поток таких отходов становится загрязненным, что ведет к нанесению максимального вреда окружающей среде. В системе сбора опасных отходов от населения Санкт-Петербурга задействованы специализированные предприятия, имеющие лицензии на сбор, переработку, утилизацию опасных отходов, а также экологические аварийные службы города, занимающиеся предотвращением и ликвидацией химических загрязнений¹.

До окончания 2021 года транспортировка твердых коммунальных отходов, собранных в Санкт-Петербурге, производилась в основном частными предприятиями, наиболее крупные из которых: ОАО "Автопарк Спецтранс № 1", ОАО "Автопарк Спецтранс № 6". Эти предприятия вывозили ТКО соответственно с левого и правого берега реки Невы. Кроме того, вывоз ТКО производился и рядом других компаний. Управляющие организации многоквартирных домов выбирали поставщика услуг, заключали отдельные договоры как на вывоз ТКО, так и на обращение с раздельно собранными отходами. С начала 2022 года за обращение с твердыми коммунальными отходами в Санкт-Петербурге теперь отвечает одна компания — региональный оператор, функцию которого выполняет «Невский экологический оператор»¹. Региональным оператором проведены конкурсы на перевозку ТКО, по результатам которых заключены договоры с подрядчиками, которые будут вывозить городские отходы — это компании «Эко Лэнд», «Автопарк № 1 Спецтранс», «Ресурс АТЭ» и «Эковаст». Эти предприятия, в свою очередь, могут заключить договоры субподряда с другими исполнителями².

В процессе перевозки используется двухэтапная технология, при которой осуществляется перегрузка вывезенных ТКО из домовых контейнеров (6,0 куб. м) в контейнеры большей вместимости (27 куб. м).

Двухэтапная система включает в себя следующие технологические процессы.

1. Сбор ТКО в местах накопления.
2. Погрузка и выгрузка ТКО на мусороперегрузочную станцию (МПС).
3. Перегрузка ТКО в большие грузовые транспортные средства.
4. Перевозка и выгрузка ТКО в места их захоронения.

Использование МПС позволяет:

- снизить расходы на транспортировку ТКО;
- уменьшить количество мусоровозов;
- сократить вредные выбросы от мусоропроводов;
- улучшить технологический процесс складирования ТКО;
- снижение движения мусоровозов по транспортным магистралям.

² Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга от 15.06.2022 № 361-р «Об утверждении Территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления».

По производительности МПС подразделяются на 3 группы:

- малые (не более 50 тонн/сут.);
- средние (50–150 тонн/сут.);
- крупные (свыше 150 тонн/сут.).

По способу загрузки различают МПС:

- с уплотнением отходов;
- без уплотнения отходов.

В Санкт-Петербурге используется 6 МПС, расположенные в Приморском, Петроградском, Василеостровском, Невском, Кировском и Московском районах¹.

При транспортировке ТКО широкое распространение в Санкт-Петербурге получили мусоровозы КО-415 на шасси КАМАЗ-52213. Парк машин за последнее время значительно обновился за счет новых мусоровозов с большой мощностью. Широко используются мусоровозы с уплотнительными устройствами типа Norda BM-50, Riko и др.

В России налажен серийный выпуск большегрузных транспортных мусоровозов типа УК-21, КО-416, ТМ-199, технические характеристики которого представлены в таблице 2, а также МКТ-110 и МКТ-150, используемых при больших дальностях вывоза ТКО.

Таблица 2

Технические характеристики транспортного мусоровоза ТМ-199

Наименование показателя	Размерность	Величина
Вместимость кузова	м ³	40
Масса перевозимых отходов	кг	11000
Масса специального оборудования	кг	4100
Масса снаряженного мусора	кг	15300
Масса загруженного мусора	кг	26300
Нагрузка на переднюю ось	кН	43,7
Нагрузка на заднюю ось	кН	109,3
Максимальное давление в гидросистеме	МПа	12
Габариты: - длина - ширина - высота	мм	13100 2500 3750

Составлено авторами

Образованные в Санкт — Петербурге ТКО транспортируются на специализированные предприятия для переработки и захоронения. Захоронение ТКО производится на полигонах: ПТО "Новосёлки", ЗАО "Завод КПО", "Новый свет — Эко", ЗАО "Вуолы — Эко", ООО "Полигон ТБО", ЗАО "Промотходы", ООО "Спецавтотранс", ООО "Экомониторинг", ООО "Профспецтранс"¹, а переработка на предприятиях СПбГУП "Завод МПБО-2" (табл. 3).

Полигон ПТО "Новосёлки" (эксплуатируется с 1973 г.) и полигон ЗАО "Завод КПО" (эксплуатация ведётся с 1970 г.) исчерпали свой ресурс и полностью закрыты для эксплуатации. Другим частным полигоном по площади (общая площадь — 43.15 Га, зоны складирования составляют 35.7 Га) является полигон ООО "Новый Свет". Полигон расположен в Гатчинском районе Ленинградской области в пяти км к северу от посёлка Новый Свет. Вместимость полигона 18 млн тонн. Годовая мощность — 900 тыс. тонн. Дополнительные мощности по захоронению ТКО Санкт-Петербурга представлены частными организациями. Анализ состояния полигонов ТКО обеспечивающих сегодня Санкт-Петербург

показывает, что при сохранении существующей системы обращения с ТКО необходимо создание на севере и юге новых полигонов¹.

В настоящее время из всех образующихся ТКО в Санкт-Петербурге до 90 % захоранивается (рис. 2), и около 10 % перерабатывается на двух производственных площадках специализированного предприятия ГУП "Завод МПБО-2", которые были введены в действие: один в 1970 году, а другая — в 1996 году (табл. 3).

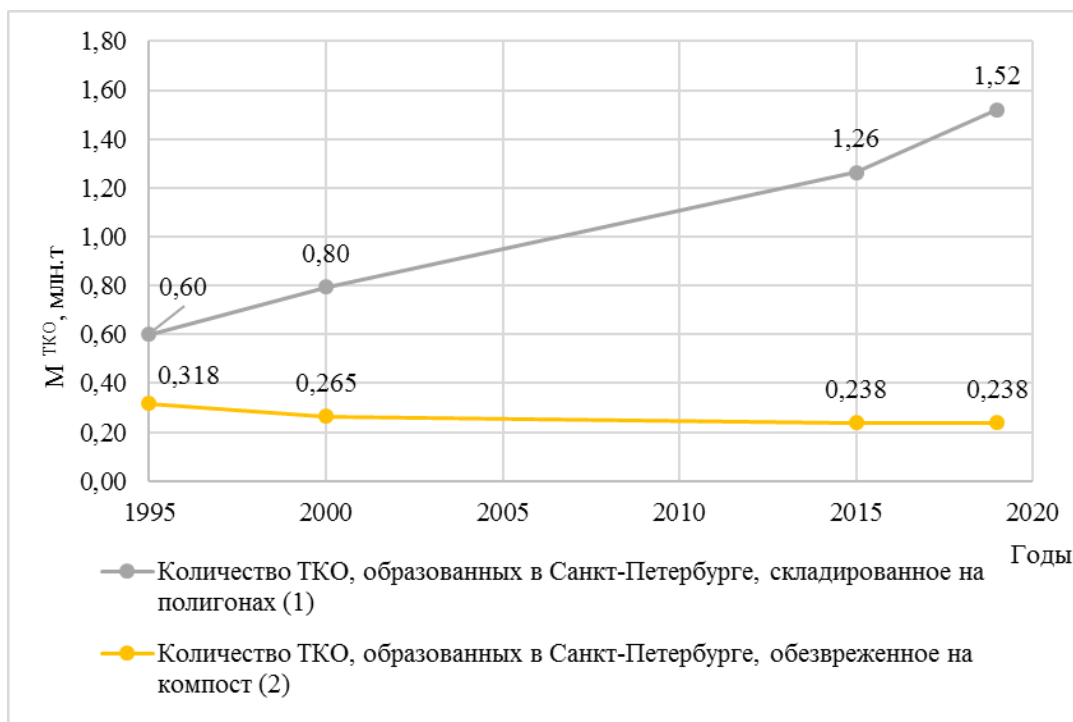


Рисунок 2. Количество ТКО, образованных в Санкт-Петербурге за 25 лет, складированных на полигонах и переработанных в компост (составлено авторами)

Таблица 3

**Технико-эксплуатационные показатели
мусороперерабатывающих заводов (МПБО) действующих в Санкт-Петербурге**

Показатель	Размерность	Завод МПБО-1	Завод МПБО-2
Год пуска в эксплуатацию	год	1971	1994
Мощность по приему ТКО	тыс. т/год	200	120
Место изготовления технического оборудования	страна	Россия Украина	Россия Украина
Выход компоста	тыс. т/год	140	70
Выход черного металлолома	т/год	4500	2500
Число барабанов	шт.	6	4
Количество барабанов	—	4x60	4x60
Занимаемая площадь	га	8	6

Составлено авторами

Основными направлениями деятельности ГУП «Завод МПБО-2» было:

- приём, размещение, переработка и обезвреживание отходов;
- спецзахоронение некачественных продуктов и товаров (кроме радиоактивных и токсичных);
- временное хранение различных видов отходов (кроме радиоактивных и токсичных) с целью их дальнейшей переработки.

Переработка органической части ТКО производится на заводе по технологии биокomпостирования во вращающихся барабанах с получением компоста и не компостируемой части отходов по технологии окислительного пиролиза с получением углеродосодержащего продукта — пирокарбона [3; 4; 5–18].

Однако, так как отходы в Санкт-Петербурге не подвергаются сортировке, в них присутствуют вредные вещества, вследствие чего произведённый компост не может быть использован в качестве удобрения почвы. Поэтому такой компост имеет ограниченный сбыт и может быть использован в качестве грунта для дорог или промежуточных слоев на полигонах [3; 4; 5–18].

В настоящее время предприятие перерабатывает порядка 1500 тыс. м³ ТКО, что составляет около 14 % от общего количества отходов.

Произведенный пирокарбон используется в качестве:

- технического углерода для производства резино-технических изделий;
- аналога газового углерода К-354 при производстве красителя;
- активного угля для флотации УАСТ-А;
- почвоулучшителя АГРОС-А для использования в сельском хозяйстве, в том числе для очистки почвы от гербицидов;
- активного угля для очистки сточных вод, очистки технических масел, флотации руд полезных ископаемых.

На заводе работает производство первичной переработки пластиковых отходов.

С целью повышения эффективности работы завода необходима доставка на завод чистой органической части отходов, для чего требуется их глубокая сортировка при сборе [3; 5–15].

В Санкт-Петербурге нашли применение комплексы для термической утилизации отходов. Они используются для утилизации ТКО, жидких и твердых нефтесодержащих, биоорганических и медицинских отходов [19; 20].

Предприятие "Инсинераторостроительная компания № 1" выпускает инсинераторы ИН-50 — установки для сжигания и обезвреживания практически всех отходов, кроме запрещенных. Технология соответствует Директиве ЕС 2000/76. Установки выпускаются в стационарном, контейнерном и мобильном исполнении.

По технологическим, экономическим и гигиеническим показателям инсинераторы разрешены к реализации на территории Госсанэпиднадзора РФ для утилизации отходов на месте их образования.

В настоящее время они используются в следующих организациях:

- СПб "Медицинский университет";
- СПб "Городская туберкулезная больница № 2";
- СПб "Городской ветеринарный центр";
- АО "Нижфарм" и др.

Всё это свидетельствует о том, что использование как сжигания, так и компостирования отходов является целесообразным при утилизации ТКО. Однако следует отметить, что добиться высокой эффективности использования этих методов¹ возможно

только при условии качественной и глубокой сортировки всех образующихся твердых коммунальных отходов [3; 19–22].

С полученными данными по количеству образованных в Санкт-Петербурге отходов и их реализации за последние 25 лет, были произведены расчёты экологических ущербов³ за 1995 и 2020 гг. (табл. 4).

Таблица 4

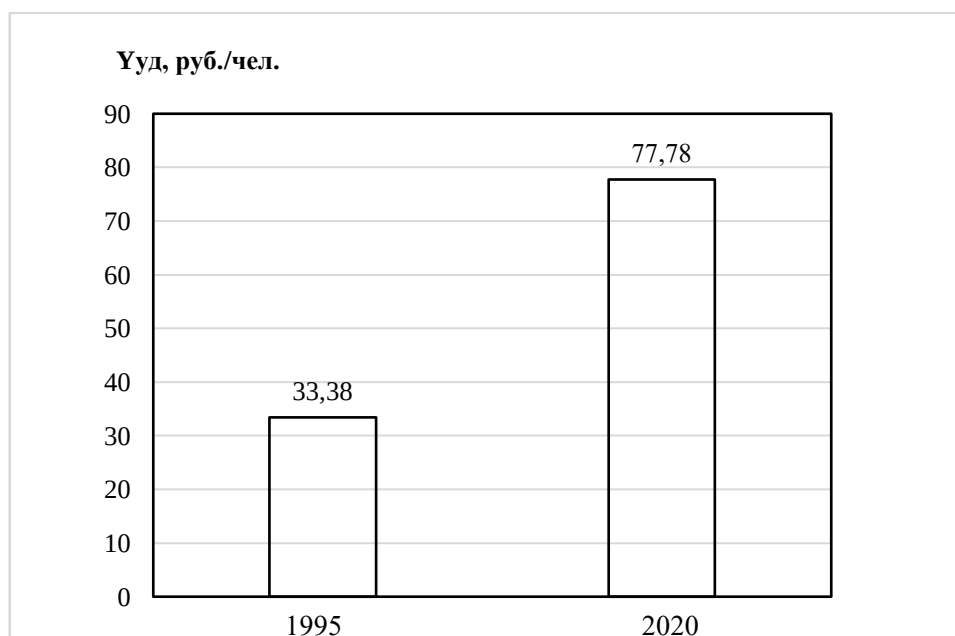
**Экологические ущербы системы обращения
с ТКО в Санкт-Петербурге за 1995 и 2020 гг. (млн руб.)**

Виды загрязнений	1995 г.	2020 г.
Размещение ТКО на полигонах	138,3	350
Загрязнение воздуха	12,3	31,21
Загрязнение воды	0,357	0,9
Деградация почв	14,118	35,81
Всего	165,076	417,92

Составлено авторами

Как можно заметить из таблицы 4, наиболее существенные ущербы возникают от размещения отходов на полигонах, наименее существенные — вследствие загрязнения воды.

С целью оценки совершенствования систем обращения с отходами за последние 25 лет в Санкт-Петербурге были определены удельные экологические ущербы за 1995 и 2020 гг.



**Рисунок 3. Удельные экологические ущербы от захороненных
и утилизированных ТКО за 1995 и 2020 гг. (составлено авторами)**

Как видно из рисунка 3, удельные экологические ущербы от ТКО за рассматриваемый период времени (1995–2020 гг.) выросли в 2,22 раза. Это объясняется тем, что системных мероприятий по повышению эффективности обращения с отходами в городе не проводилось. Существовали лишь определённые факторы частного отбора вторичных ресурсов и сжигание остальной, не компостируемой части ТКО, что незначительно влияло общую экологическую эффективность системы обращения с ТКО.

³ “Методика определения предотвращённого экологического ущерба” Утверждена Председателем Государственного комитета РФ по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Даниляном 30.11.1999 г. Москва.

В дальнейшем в городе необходимо развивать направления по сокращению количества отходов, вывозимых на полигоны. Для этого нужно стремиться к увеличению количества обработанных, утилизированных, обезвреженных ТКО в общем объеме образовавшихся отходов, чего можно добиться за счет:

- выделения опасных отходов из общего объема образовавшихся ТКО (как при помощи глубокой сортировки общих потоков ТКО с извлечением из них опасных отходов, так и за счет сбора опасных отходов от населения);
- выделения органической фракции из основного потока ТКО, поступающих на переработку с дальнейшей ее переработкой в востребованную товарную продукцию;
- при помощи качественной сортировки и глубокой переработки поступающих потоков твердых коммунальных отходов с извлечением из них полезных фракций, которые можно использовать в качестве вторичного сырья и для получения энергии.

Выводы

Как можно заметить за последние 25 лет система обращения с отходами в Санкт-Петербурге практически не совершенствовалась в направлении снижения количества отходов вывозимых на полигоны, отбора и использования вторичного сырья и сжигания отходов. Единственным используемым способом переработки, дававшим положительный результат, являлось компостирование 12 % отходов. Поэтому удельный экологический ущерб с 1995 по 2020 гг. значительно вырос (в 2,22 раза) и составил 77,78 руб./чел.

В перспективе в Санкт-Петербурге следует развивать направления по сокращению количества отходов, вывозимых на полигоны путем выделения органической фракции из основного потока ТКО, поступающих на переработку, выделения из них опасных отходов, а так же при помощи качественной сортировки и глубокой переработки поступающих потоков твердых коммунальных отходов с извлечением из них полезных фракций, которые можно использовать в качестве вторичного сырья и для получения энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов В.В. Многолетняя диалектика компонентов экосистемы Невской губы под влиянием природных факторов и гидростроительства // Экология и промышленность России. — 2012. — № 4 — С. 68–75.
2. Венцюлис Л.С., Воронов Н.В., Быстрова Н.Ю., Родионов В.З. Эколого-экономическая эффективность систем обращения с твердыми коммунальными отходами в регионах водосборного бассейна Финского залива // Региональная экология. — 2017. — № 1(47). — С. 16–21.
3. Maslikov V., Negulyaeva E., Cheremisin A., Chusov A., Molodtsov D., Stroganov A. Experimental assessment of biogas and leachate emissions from MSW landfills for energy reclamation with the aim of sustainable urban development // Solid State Phenomena. 2016. Volume 871. Pages 199–207. DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.871.199.

4. Милютин Н.О., Политаева Н.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Великосельская Е.С. Анализ методов очистки фильтрата полигонов твердых коммунальных отходов // Вестник Евразийской науки. — 2020. — Т. 12. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/03NZVN320.pdf> DOI: 10.15862/03NZVN320 (<http://dx.doi.org/10.15862/03NZVN320>).
5. Глухов В.В., Греков М.А., Козинец Г.Л., Чечевичкин В.Н., Чечевичкин А.В., Якунин Л.А. Экология урбанизированных территорий // Экология и промышленность России. 2020. № 4. С. 41–52.
6. Weber R., Watson A., Forter M., Oliaei F. Review Article: Persistent organic pollutants and landfills — a review of past experiences and future challenges // Waste Management & Research 29(1): 2011. — pp. 107–121.
7. Tatyana Orlova, Aleksandr Melnichuk, Kseniya Klimenko, Valentina Vitvitskaya, Valentina Popovych, Ielizaveta Dunaieva, Vitaly Terleev, Aleksandr Nikonorov, Issa Togo, Yulia Volkova, Wilfried Mirschel, Vitaly Garmanov Reclamation of landfills and dumps of municipal solid waste in a energy efficient waste management system: methodology and practice // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. Volume 90. Issue 1. Article Number 012110. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012110.
8. Sohoo I., Ritzkowski M., Heerenklage J., Kuchta K. Biochemical methane potential assessment of municipal solid waste generated in Asian cities: A case study of Karachi, Pakistan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — 135. № 110175.
9. Raga R., Cossu R., Heerenklage J., Pivato A., Ritzkowski M. Landfill aeration for emission control before and during landfill mining // Waste Management. — 2015. — Iss. 46. — P. 420–429.
10. Aleksandr Nikonorov, Vitaly Terleev, Sergey Pavlov, Issa Togo, Yulia Volkova, Tatiana Makarova, Vitaly Garmanov, Dmitry Shishov, Wilfried Mirschel Applying the Model of Soil Hydrophysical Properties for Arrangements of Temporary Enclosing Structures // Procedia Engineering. 2016. Volume 165. Pages 1741–1747. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.917.
11. Ritzkowski M., Stegmann R. Controlling greenhouse gas emissions through landfill in situ aeration // International Journal of Greenhouse Gas Control. — 2007. — № 1(3). — P. 281–288.
12. Cossu R., Morello L., Raga R., Cerminara G. Biogas production enhancement using semi-aerobic pre-aeration in a hybrid bioreactor landfill // Waste Management. — 2016. — № 55. — P. 83–92.
13. Manjola Banjaa, Martin Jégardb, Vincenzo Motolac, Richard Sikkemad. Support for biogas in the EU electricity sector — A comparative analysis // Biomass and Bioenergy. — 2019. — 128. № 105313.
14. Ritzkowski M. How does landfill aeration impact on leachate composition? // Proceedings Sardinia 2011, Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy. — 3–7 October 2011.

15. Ryzhakova M.G., Maslikov V.I., Chusov A.N., Korablev V.V. The environmental problem of household hazardous waste generation and treatment // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Volume 675–677. Pages 761–769. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.675-677.761.
16. Пластинина Ю.В., Теслюк Л.М., Дукмасова Н.В. Реализация принципов циркулярной экономики при региональном обращении с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в Российской Федерации // *Инновационное развитие экономики*. — 2018. — № 5(47). — С. 129–139.
17. Тагаева Т.О., Казанцева Л.К. Образование и утилизация отходов: региональные аспекты // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. — 2018. — Т. 1. № 3. — С. 3–11.
18. Чирков М.А., Абдряшитова А.И., Чистяков М.С. Кластерные технологии в рециклинг-индустрии ресурсов как фактор формирования эколого-экономического единства и высокотехнологичного развития России // *ЭТАП экономическая теория, анализ, практика*. — 2018. — № 3. — С. 70–79.
19. Венцюлис Л.С., Пименов А.Н., Чусов А.Н., Селиванова С.В. Экономическая и экологическая эффективность систем сжигания твердых коммунальных отходов в странах региона Балтийского моря за последние 25 лет // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. — 2022. — № 3(58). — С. 41–44.
20. Венцюлис Л.С. Твердые коммунальные отходы — одна из основных экологических проблем России / Л.С. Венцюлис, А.Н. Чусов. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — 208 с.
21. Шкодинский, С.В. Анализ существующей в России системы поддержки инвестиционных проектов в сфере обработки и утилизации отходов / С.В. Шкодинский, И.Н. Рыкова, А. А. Юрьева // *Вестник евразийской науки*. — 2021. — Т. 13. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/02ECVN521.pdf> DOI: (<https://doi.org/10.15862/02ECVN521>).
22. Манжилевская С.Е., Петренко Л.К., Альшенко Д.Н. Организационно-технологические и градостроительные мероприятия, направленные на повышение уровня экологической безопасности территории г. Ростова-на-Дону // *Вестник Евразийской науки*. — 2019. — Т. 11. № 4. — URL: <https://esj.today/PDF/04SAVN419.pdf>.

Ventsyulis Leonard Stanislavovich

Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia
Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences
E-mail: leonard446@gmail.com

Pimenov Aleksander Nikolayevich

Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia
Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences
E-mail: pimenovan@mail.ru

Chusov Aleksander Nikolayevich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia
E-mail: chusov17@mail.ru

Selivanova Svetlana Viktorovna

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia
E-mail: lins2007@yandex.ru

Terleev Vitaly Viktorovich

Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia
E-mail: vitaly_terleev@spbstu.ru

Analysis of the state of the solid municipal waste management system in St. Petersburg over the past 25 years

Abstract. The article examines the state of the waste management system in St. Petersburg over the past 25 years. It is shown that over 25 years, the environmental damage to the waste management system in St. Petersburg has increased 2.22 times, which indicates that the system has not been practically improved over the past years. Throughout the 25 years under consideration, the bulk of the solid municipal waste generated in St. Petersburg has been exported to the landfill, which is approximately 88 % of their total amount. The remaining 12 % is processed into compost at waste recycling plants. At the moment, in St. Petersburg there is a system for collecting hazardous waste from the population, which includes: hazardous waste collection points "Ecopoints", mobile hazardous waste collection points "Ecomobiles", metal terminals for receiving hazardous waste "Ecoterminals", as well as those designed to receive spent batteries, i.e. batteries "Ecoboxes" installed in specially selected places convenient for citizens. The work of the city's hazardous waste collection system from the population has been carried out since 2010, it is being improved, and is aimed at extracting hazardous waste generated by residents of St. Petersburg from the total volume of solid municipal waste generated by them.

In conclusion, it is concluded that in the future in St. Petersburg it is necessary to develop directions for reducing the amount of waste exported to landfills by separating organic fraction from the main stream of municipal solid waste coming for processing, separating hazardous waste from them, as well as using high-quality sorting and deep processing of incoming solid streams municipal waste with the extraction of useful fractions from them, which can be used as secondary raw materials and for energy production.

Keywords: municipal wastes; pollutants; emissions; environmental damage; efficiency of waste management systems; environmental efficiency; waste processing; waste sorting; waste incineration; waste disposal; secondary raw materials