



doi: 10.18720/CUBS.76.1

Обращение с твердыми коммунальными отходами при разработке генерального плана города

Waste management in the city`s master-plan development

Я. А. Владимиров ^{1*}Iaroslav Vladimirov ^{1*}

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St.
Petersburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

архитектура; гражданское и капитальное строительство;
обращение с отходами; генеральный план; инженерная
инфраструктура; твердые коммунальные отходы;
полигоны;

KEYWORDS

architecture; civil and structural engineering; waste
management and disposal; master plan; engineer
infrastructure; municipal solid-waste; landfill;

АННОТАЦИЯ

Приводятся основные результаты научно-исследовательской работы по теме: «Разработка проекта генерального плана развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2035 года в части разделов, касающихся инженерной инфраструктуры». Размещение несортированных отходов на полигонах ведет к нежелательным экологическим последствиям (загрязнение почвы и грунтовых вод, выбросы CO₂, CH₄, H₂S в атмосферу), а также требует все больше новых площадей. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения количества образующихся отходов на 3-5% ежегодно, площадь полигонов размещения постоянно увеличивается, занимая все большие земельные участки, которые, без последующей дорогостоящей обработки, становятся не пригодными для дальнейшего хозяйственного применения. Ежегодно на территории МО «город Екатеринбург» образуется порядка 5 млн. тонн ТКО. Переработке подвергается не более 5% отходов. Остальная часть размещается на полигонах твердых коммунальных отходов. Анализ мощности действующих полигонов показал, что запланированное для размещения и захоронения количество отходов превышает возможности полигонов в 2 раза, что ведет к значительной нагрузке на полигон и нарушению технологии безопасного захоронения отходов. Учитывая вышеизложенное, была разработана плановая схема потоков твердых коммунальных отходов МО «город Екатеринбург». Твердые коммунальные отходы, образующиеся на территории МО «город Екатеринбург», будут поступать в места накопления отходов (контейнерные площадки). На территории МО предполагается организация раздельного сбора мусора. Отходы, подлежащие переработке, размещаются в специальных контейнерах, после чего будут направляться на мусоросортировочные комплексы. «Хвосты» планируется размещать на двух межмуниципальных центрах обращения с отходами: около 50 % «хвостов» - в центре в городском округе Верхняя Пышма (полигон «Северный»), остальные 50% - в центре в городском округе Белоярский. Отобранные на мусоросортировочных комплексах отходы, пригодные для вторичной переработки, будут поступать на соответствующие производственные предприятия. Среди основных видов отходов, подлежащих вторичной переработке, выделены: лом черных и цветных металлов с последующей их переплавкой, целлюлоза и макулатура для производства бумаги, производство строительных материалов (например, ПВХ рамы для окон) из извлеченных из мусора полимеров, стекло для повторного производства стеклотары.

ABSTRACT

We list the main results of the research work on the subject of production of a draft master plan for the development of the city district - the Yekaterinburg city municipality for the period up to year 2035 concerning the engineering infrastructure. The disposal of unsorted waste at landfills leads to undesirable environmental consequences (pollution of soil and groundwater, and CO₂, CH₄, H₂S emissions into the atmosphere), and constantly requires more and more space. Currently, since there is a tendency to increase the amount of generated waste by 3-5% annually, the area of landfill sites is constantly increasing, taking up more and more land plots, which, without costly treatment, become no longer suitable for further economic use. Each year, about 5 million tons of MSW are

generated in the territory of the municipal district "Yekaterinburg city". No more than 5% of waste is recycled. The rest is deposited to landfills for municipal solid waste. The analysis of the capacity of the landfills currently in operation demonstrated that the amount of waste planned for deposition and disposal exceeds the landfill capacity twofold, which leads to a significant load on the landfill and violations of the technology of safe waste disposal. Considering the abovementioned, a planned scheme was developed for municipal solid waste streams of the municipal district "Yekaterinburg city". Municipal solid waste generated in the territory of the municipal district "Yekaterinburg city" will be delivered to the locations of waste accumulation (container sites). We have assumed separate garbage collection on the territory of the municipal district. Waste to be recycled is placed in special containers, and then it is supposed to be forwarded to waste sorting complexes. Non-recyclable waste is planned to be placed at two inter-municipal waste management centers (IMWMC): about 50% of it – at the IMWMC in the urban district Verkhnyaya Pyshma (the Severny polygon), and the remaining 50% - at the IMWMC in the urban district Beloyarsky. The waste suitable for recycling will be picked out in waste sorting complexes, and then will be sent to the relevant industrial enterprises. Among the main types of waste that are subject to recycling are: ferrous and non-ferrous metals for remelting, cellulose and waste paper for paper production, polymers for production of building materials (for example, PVC window frames), and glass shards for production of recycled glass containers.

Содержание

1. Введение	30
2. Методы	31
3. Результаты и обсуждение	32
4. Заключение	38
5. Благодарности	38

1. Введение

Утилизация твердых коммунальных отходов (ТКО) к концу XX века для современных мегаполисов превратилась в проблему, от успеха решения которой зависит само существование городов [1]. Способы решения данной проблемы необходимо рассматривать на всех стадиях проектирования. Концепция обращения с твердыми коммунальными отходами на территории города разрабатывается в рамках важнейшего градостроительного документа – генерального плана муниципального образования [2].

Размещение несортированных отходов на полигонах ведет к не желаемым экологическим последствиям (загрязнение почвы и грунтовых вод, выбросы CO₂, CH₄, H₂S в атмосферу [3, 4]), а также требует все больше новых площадей. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения количества образующихся отходов на 3-5% ежегодно, площадь полигонов размещения постоянно увеличивается, занимая все большие земельные участки, которые, без последующей дорогостоящей обработки, становятся не пригодными для дальнейшего хозяйственного применения [5].

В развитых странах имеются давние традиции и опыт сортировки отходов [6], технологии их переработки, которые непрерывно совершенствуются. Лидерами в области переработки ТКО являются Япония, где перерабатывается 75 % ТКО, США – 46 %, Швейцария – 53 % [7], Дания – 46,3 %, Нидерланды – 51,7 % [8], Германия – 66,1 % [9], Швеция – 48 %, Франция – 39,5 % [10].

Серьёзная проблема России – отсутствие системы сепарации в местах сбора. В лучшем случае из мусора ручным способом извлекают ценное сырьё, далее прессуют бульдозером и выгружают новый слой; перерабатывается менее 2 % отходов [11].

Таким образом, при рассмотрении вопроса обращения с твердыми коммунальными отходами необходимо предусматривать возможность сортировки отходов и раздельного сбора мусора с целью увеличения доли вторичного использования ТКО [12, 13]. В рамках настоящей научно-исследовательской работы были проанализированы проблемы обращения с отходами в МО «город Екатеринбург», являющемся четвертым по численности населения городом Российской Федерации [14].

Целью данной работы является разработка принципов обращения с твердыми коммунальными отходами при создании генерального плана города, позволяющих решить текущие градостроительные задачи города, осуществить вынос мест складирования отходов за территорию населенного пункта и увеличить долю вторичного использования отходов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1) провести оценку существующего положения в области обращения с твердыми коммунальными отходами на территории МО «город Екатеринбург»;

2) определить перспективное количество отходов, образовавшихся на территории МО «город Екатеринбург» и произвести оценку резерва мощности существующих полигонов;

3) провести оценку влияния полигонов на окружающую среду на предмет соответствия нормативным документам;

4) разработать рекомендации по обращению с твердыми коммунальными отходами при создании генерального плана города.

2. Методы

Для достижения поставленной цели был использован преимущественно расчетно-аналитический метод исследования.

Долгосрочное планирование в области обращения с твердыми коммунальными отходами требует определения перспективных объемов образования ТКО. Для определения перспективных объемов образования твердых коммунальных отходов необходимо определить фактическую норму накопления ТКО. Данный параметр определяется экспериментально по следующей методике:

1. Определение контрольной территории, уточнение ее характеристик: численность населения, количество контейнеров на площадках, обслуживающих контрольную территорию.

2. Основные принципы при проведении эксперимента:

- сбор и замеры количества отходов исключают смешивание отходов от объектов различного назначения, т.е. торговых точек, садов, школ и иных организаций;
- до начала замеров все контейнеры полностью очищены.
- при определении норм накопления исключается уплотнение отходов в контейнерах обслуживающим персоналом;
- при определении компонентов ТКО учитывается, что материалы при отнесении их к той или иной категории должны быть чистыми, бумага и текстиль сухими.

3. Технология проведения эксперимента.

Определение массы и объема коммунальных отходов в контейнере проводится в следующем порядке:

- отходы разравниваются (без уплотнения);
- мерной линейкой, которая представляет собой окрашенную рейку с нанесенными делениями, определяется объем собранных отходов;
- масса отходов определяется электронными весами. Из показателя вычитается масса пустого контейнера. Используются крановые весы серии OCS-1-SP, имеющие точность до 0,5 кг, а также весы серии OCS-005-SP, имеющие точность до 0,02 кг.

4. Обработка результатов эксперимента

- Суточная норма накопления на 1 чел. по массе за сезон.

Значение данного показателя определяется по формуле:

$$G_{cc} = \frac{G_0}{n \cdot a}, \quad (1)$$

где: G_{cc} – суточное накопление отходов, кг/чел; G_0 – масса удаляемых отходов с изучаемого объекта на период определения норм, кг; n – число проживающих, чел.; a – продолжительность определения норм накопления.

- Среднегодовая суточная норма накопления на одного человека по массе.

Значение данного показателя определяется по формуле:

$$G_{\bar{c}} = \frac{G_{cc}^3 + G_{cc}^B + G_{cc}^L + G_{cc}^O}{4}, \quad (2)$$

где: $G_{\bar{c}}$ – среднесезонная суточная норма накопления, кг/чел.

Годовая норма накопления на 1 человека по массе.

Значение данного показателя определяется по формуле:

$$G_z = G_{\bar{c}} \cdot 365, \quad (3)$$

где: G_z – годовая норма накопления, кг/чел.

Далее определяются перспективные объемы образования ТКО и формируются предложения по организации системы обращения с отходами на территории муниципального образования.

Расчетным методом определяется резерв существующих полигонов, а также определяется потребность в строительстве новых полигонов, мусоросортировочных комплексов и места их размещения.

3. Результаты и обсуждение

На территории МО «город Екатеринбург» сбор, транспортирование, обработка, утилизация, обезвреживание, захоронение твердых коммунальных отходов осуществляются в соответствии с правилами обращения с твердыми коммунальными отходами, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 12.11.2016 № 1156 «Об обращении с твердыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641».

Деятельность, связанную с обработкой, утилизацией, обезвреживанием и размещением ТКО, осуществляет муниципальное унитарное предприятие «Специализированная автобаза» (далее – ЕМУП «Спецавтобаза»), подведомственное Комитету по экологии и природопользованию Администрации МО «город Екатеринбург».

Ежегодно на территории МО «город Екатеринбург» образуется порядка 5 млн. тонн ТКО. Переработке подвергается не более 5% отходов. Остальная часть размещается на полигонах твердых коммунальных отходов.

На территории МО «город Екатеринбург» ТКО располагается 1 объект сортировки, утилизации, сжигания ТКО – полигон «Широкореченский». Полигон расположен по адресу: г. Екатеринбург, ул. Евгения Савкова, 100, в северной части лесного квартала № 96 Широкореченского лесничества Верх-Исетского лесхоза в 6,5 км южнее Ново-Московского тракта, в 2,6 км южнее ближайшей жилой застройки - поселка Мичуринский и 2,7 км юго-восточнее поселка Медный-2. Полигон занимает площадь 407 704 м², проектная мощность полигона составляет 2167 тыс. м³/год (361,89 тыс. тонн/год). Срок эксплуатации полигона – 2025 год.

На территории полигона расположены следующие объекты:

1. Полигон ТКО и промышленных отходов:

1.1. Участок биотермических ям.

Биотермические ямы (4 шт.) законсервированы. В связи с запуском крематора дальнейшее их использование не планируется.

1.2. Участок обезвреживания отходов, включающий:

1.2.1. Инсинераторный комплекс ИН-50.4, мощностью 50 кг/час.

Данный комплекс выведен из эксплуатации и законсервирован; 2-3 раза в год установка подлежит расконсервации для обезвреживания собственных отходов предприятия с общим временем работы порядка 240 часов в год.

1.2.2. Крематор КР-300, мощностью до 50 кг/час, где осуществляется высокотемпературное уничтожение трупов павших животных и биологических отходов животного происхождения.

1.3. Участок резервного электропитания.

1.4. Котельная.

1.5. Тело полигона, рабочие карты.

Прибывающие на свалку мусоровозы разгружаются у определенной на данное время рабочей карты. Территория рабочей карты ограждается переносными экранами для предотвращения разноса летучего мусора. Для контроля высоты отсыпаемого слоя отходов на рабочей карте устанавливается мерный столб (репер).

Отходы, выгружаемые на рабочую карту, разравниваются бульдозерами тонким слоем высотой 0,2-0,3 м на подготовленном основании и далее уплотняются. На уплотненный слой накладывается следующий слой, наращивая общую высоту до 2,0 м, формируя рабочий слой. Рабочий слой покрывается промежуточным изолирующим слоем (грунтом) высотой не менее 0,25 м. Промежуточный изолирующий слой должен защитить соседних землепользователей от разноса ветром легких фракций мусора, газов, запахов, препятствовать выходу на поверхность выплывших в отходах мух. В качестве материала для изолирующего слоя используются хорошо уплотненные суглинистые и супесчаные грунты.

На промежуточный изолирующий слой складывается следующий рабочий слой отходов высотой 2,0 м, также укрываемый изолирующим слоем.

Каждый рабочий слой высотой 2,25 м (с изоляцией) выдерживают открытым, т.е. не засыпают его следующим слоем не менее одного года. Укладка следующего яруса рабочего слоя начинается лишь после

того, как на территории всей подготовленной под складирование зоны закончена укладка отходов под единую отметку.

Фактические объемы отходов, транспортируемых на полигон «Широкореченский» в период с 2015 года по 2017 год, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Фактический объем отходов, направленных на полигон «Широкореченский».

Table 1. Actual amount of waste sent to the landfill "Shirokorechensky"

Год	Захоронение на полигоне «Широкореченский», всего:		в том числе хвосты после сортировки на мусоросортировочном комплексе (МСК):	
	Тонн	тыс. м ³	тонн	тыс. м ³
2015	221 479,2	2 545,7	170 517,0	1 960,0
2016	150 067,7	1 724,9	150 059,0	1 724,8
2017	0,0	0,0	150 554,0	1 730,5

В связи с тем, что ресурс полигона «Широкореченский» исчерпан [15], его дальнейшая эксплуатация завершена; прием и захоронение отходов на территории объекта запрещены. Развитие и реконструкция полигона «Широкореченский» на период до 2035 не запланированы; в соответствии с пунктом 5 статьи 12 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» запрещается захоронение отходов в границах населенных пунктов.

На территорию полигона транспортируются только отходы, подлежащие сортировке.

Объем переработанного вторичного сырья на МСК «Широкореченский» за 2015-2016 гг. представлен в таблице 2. Доля произведенного вторичного сырья из всего объема принятых отходов на МСК не превышает 5%. Основные виды перерабатываемого сырья составляют макулатура, пластик, стеклотытулка и стеклотытулка, лом и отходы черных и цветных металлов (таблица 3).

Таблица 2. Объем переработанного вторичного сырья МСК «Широкореченский».

Table 2. The amount of recycled materials at the waste-sorting complex "Shirokorechensky"

Год	Принято отходов, тыс. тонн	Произведено вторичного сырья, тыс. тонн	Реализовано вторичного сырья, тыс. тонн
2015	119,4	5,9	5,9
2016	157,2	6,7	6,7

Таблица 3. Структура производства по основным группам вторсырья за 2015-2016 гг. на МСК «Широкореченский».

Table 3. The structure of manufacturing by main groups of recycled materials at the waste-sorting complex "Shirokorechensky" in the period 2015-2016

Вид вторсырья	Доля в 2015	Доля в 2016
Макулатура	43,1%	37,9%
Пластик	40,3%	37,1%

Стеклобой и стеклобутылка	8,8%	14,6%
Лом и отходы черных и цветных металлов	7,8%	10,4%

Хотя, вновь образовавшиеся отходы на полигон не поступают, он продолжает оказывать негативное влияние на окружающую среду.

Согласно программе [16], фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (данные представлены в таблице 4), рассчитаны для точки ул. Евгения Савкова, 100 (полигон «Широкореченский») методом экстраполяции в соответствии с РД S2.04.186-80 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» по данным многолетних наблюдений стационарных постов ФГБУ «Свердловский ЦГМС-Р» (в настоящее время ФГБУ «Уральское УГМС») и составляют на 01.01.2017:

Таблица 4. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (полигон «Широкореченский»).

Table 4. The background concentration of pollutants in the atmosphere (landfill “Shirokorechensky”)

Примесь, мг/м ³	Без детализации по скоростям и направлениям ветра	Скорость ветра, м/с 0-2 Г 3-У*				
		Направление ветра				
		Любое	С	В	Ю	З
Оксид углерода	-	2,691	1,614	1,814	1,863	1,535
Диоксид азота	-	0,118	0,099	0,113	0,109	0,101
Диоксид серы	-	0,007	0,006	0,006	0,006	0,005
Оксид азота	-	0,064	0,054	0,058	0,053	0,052
Формальдегид	-	0,029	0,027	0,027	0,023	0,023
Аммиак	-	0,070	0,065	0,066	0,073	0,062
Сажа	0,051	-	-	-	-	-
Ксилол	0,008	-	-	-	-	-
Толуол	0,015	-	-	-	-	-
Бензол	-	0,048	0,046	0,039	0,048	0,044
Этилбензол	-	0,056	0,058	0,039	0,046	0,048
Бенз(а)пирен, мг/м x 10 ³	3,334	-	-	-	-	-
Сероводород	0,004	-	-	-	-	-

Среди представленных значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения полигона «Широкореченский», превышение ПДК зафиксировано только для этилбензола -2,75 ПДК. Уровень фоновых загрязнений остальных загрязняющих веществ не превышает гигиенических нормативов атмосферного воздуха населённых мест [17] по показателям ПДКм.р.

В выбросах полигона содержится 21 наименование загрязняющих веществ, в том числе 4 твердых примесей.

По данным исследований, проводимых на момент составления проектной документации «Проект расчетной санитарно-защитной зоны для полигона твердых бытовых отходов «Широкореченский», валовый выброс загрязняющих веществ от полигона составляет 5290,675291 т/год, в том числе твёрдых примесей – 3,250358т/год.

Отходы, образованные на территории МО «город Екатеринбург» и не подлежащие сортировке, направляются на полигон «Северный».

Полигон расположен на земельном участке, площадью 498 171 м² городского округа Верхняя Пышма в 6,5 км от города Верхняя Пышма.

Проектная мощность полигона составляет 244 822 тонны в год. На полигоны ТКО ЕМУП «Спецавтобаза» для захоронения принимаются отходы из жилых домов, общественных зданий и учреждений, предприятий торговли и общественного питания, уличный смет, строительный мусор и некоторые виды твердых промышленных отходов IV, V классов опасности для окружающей природной среды. Полигон работает в круглосуточном режиме 365 дней в году. Срок эксплуатации полигона – 2030 год.

Процесс приема и захоронения твердых коммунальных отходов аналогичен процессу на полигоне «Широкореченский». Тело полигона «Северный» формируется с помощью бульдозера и трех тракторов. Стадии формирования полигона включают:

- подготовку поверхности рабочей карты;
- разравнивание отходов;
- грунтование и уплотнение отходов и грунта.

На полигонах «Широкореченский» и «Северный» очагов возгорания не зафиксировано.

Обезвреживание ТКО термическим способом (сжигание ТКО) на территории МО «город Екатеринбург» не осуществляется.

В муниципальном образовании накопление, сбор и вывоз ТКО осуществляется по плановой схеме, в которой преобладает контейнерная система сбора отходов от населения. Установленные на специально отведенных площадках контейнеры предназначены как для общего сбора ТКО, так и для отдельного. В городе Екатеринбург насчитывается около 300 точек для отдельного сбора отходов [15]. На контейнерных площадках устанавливаются контейнеры под смешанные вторичные фракции (оранжевые контейнеры) и пищевые отходы (зеленые контейнеры). В оранжевые контейнеры складываются неорганические отходы (бумага, картон, полимеры, древесина, резина, стекло цветные и черные металлы). Отходы, накапливающиеся в контейнерах для вторсырья, вывозятся мусоровозами ЕМУП «Спецавтобаза» на мусоросортировочный комплекс «Широкореченский», из зеленых – на карту полигона.

В настоящее время все коммунальные отходы, образованные на территории МО «Екатеринбург», направляются на действующий полигон «Северный».

Норматив накопления отходов для МО «город Екатеринбург» составляет:

- в 2016 году – 3,49 м³/год;
- в 2017 году – 3,54 м³/год.

Количество и объем отходов, образованных на территории МО «город Екатеринбург», представлен в таблице 5.

Таблица 5. Количество и объем отходов, образованных на территории МО «город Екатеринбург».
Table 5. The amount of municipal waste, produced in the city of Yekaterinburg

Год	2016	2017
Количество ТКО, тонн	443 716,4	459 425,0
Объем ТКО, тыс. куб. м	5 100,2	5 280,7

Также на данный полигон направляются ТКО, образованные в МО «Верхняя Пышма». Норматив накопления отходов для МО «Верхняя Пышма» составляет:

- в 2016 году – 1,87 м³/год;
- в 2017 году – 1,90 м³/год.

Количество и объем отходов, образованных на территории МО «Верхняя Пышма», представлен в таблице 6.

Таблица 6. Количество и объем отходов, образованных на территории МО «Верхняя Пышма»:
Table 6. The amount of municipal waste, produced in the city of Verkhnyaya Pishma

Год	2016	2017
Количество ТКО, тонн	13 506,0	13 708,6
Объем ТКО, тыс. куб. м	155,2	157,6

Таким образом, сумма отходов, образованных на территории МО «город Екатеринбург» и МО «Верхняя Пышма», размещаемых на полигоне «Северный», составляет порядка 470 тыс. тонн.

Учитывая, что полигон «Северный» рассчитан 244 822 тонны в год, то запланированное для размещения и захоронения количество отходов превышает возможности данного полигона в 2 раза, что ведет к значительной нагрузке на полигон и нарушению технологии безопасного захоронения отходов.

Согласно программе мониторинга окружающей среды полигона «Северный» [18], фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (данные представлены в таблице 7), рассчитаны для точки поселок Зеленый Бор (ближайший пост к полигону «Северный») и составляют на 01.01.2017:

Таблица 7. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (полигон «Северный»)

Table 7. The background concentration of pollutants in the atmosphere (landfill "Severnii")

Примесь	Объем, мг/м ³
Оксид азота	0,024 мг/м ³
Диоксид азота	0.054 мг/м ³
Диоксид серы	0.013 мг/м ³
Оксид углерода	2,4 мг/м ³
Бенз(а)пирен	1,5x10Л мг/м ³

Анализ представленных значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения полигона «Северный» показал, что превышения гигиенических нормативов атмосферного воздуха населённых мест [17] отсутствуют.

В связи с тем, что в настоящее время основной поток ТКО, образующихся на территории МО «г. Екатеринбург», отправляется на размещение на полигон «Северный», актуальной проблемой является нарушение режима работы данного полигона. Для урегулирования сложившейся ситуации, в территориальной схеме обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами Свердловской области запланировано перенаправление части образующегося потока отходов на Белоярский полигон, или иной полигон, расположенный в непосредственной близости от МО «город Екатеринбург».

Выявленный дефицит вместимости рассматриваемых объектов и степень их воздействия на окружающую среду позволяет определить количественную потребность мест размещения, захоронения, сортировки и утилизации ТКО, а также спрогнозировать объем денежных средств, необходимый для реализации мероприятий, направленных на улучшение качества жизни населения.

Расчеты по методикам, описанным в данной статье, позволили получить следующие результаты:

Согласно решений разработанных проектов планировки территории МО «город Екатеринбург» на плановый период до 2035 планируется прирост жилищного фонда общим объемом порядка 18 млн. м². Прирост жилищного фонда за горизонт планирования 2035 год составит порядка 17 млн. м². При этом прогнозная численность населения в 2035 году составит порядка 1690 тыс. человек. Предполагается улучшение жилищных условий населения: жилищная обеспеченность к 2025 году составит 28 м² на 1 человека, к 2035 году – 33 м² на 1 человека. Таким образом, данная схема расселения учитывает как внутреннюю миграцию населения, так и внешнюю.

Размещение объектов жилого строительства предполагает размещение объектов общественно-делового и иного назначения, необходимых для обеспечения жизнедеятельности граждан. Расчет объема образования отходов произведен в соответствии с Нормативами градостроительного проектирования Свердловской области НГПСО 1-2009.66 и Постановлением от 30.08.2017 № 78-ПК «Об утверждении нормативов накопления твердых коммунальных отходов в границах муниципального образования «город Екатеринбург», утвержденным Правительством Свердловской области и учитывает объем отходов, производимых от объектов социального и коммунально-бытового назначения. При утверждении норматива образования отходов учитывались экспериментальные данные, полученные на основании методики, описанной в данной статье. Результаты расчета представлены в таблице 8.

Таблица 8. Показатели образования твердых коммунальных отходов в границах МО «город Екатеринбург» (без учета отходов промышленных производств)
Table 8. The indicators of municipal waste generation in the city of Yekaterinburg (without industrial waste)

Год	Показатель	Значение показателя
2025	Численность населения, тыс. чел.	1 599,6
	Количество образования отходов, тонн/год	487 200
	Объем образования отходов м ³ /год	1 804 444
2035	Численность населения, тыс. чел.	1 694,6
	Количество образования отходов, тонн/год	507 000
	Объем образования отходов м ³ /год	1 877 778
после 2035	Численность населения, тыс. чел.	2 287
	Количество образования отходов, тонн/год	663 300
	Объем образования отходов м ³ /год	2 456 667

На основе выше изложенных данных разработана плановая схема потоков ТКО МО «город Екатеринбург», согласованна с решениями Территориальной схемы в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами Свердловской области. Твердые коммунальные отходы, образующиеся на территории МО «город Екатеринбург», будут поступать в места накопления отходов (контейнерные площадки). На территории МО предполагается организация отдельного сбора мусора. Отходы, подлежащие переработке, размещаются в специальных контейнерах, после чего будут направляться на мусоросортировочные комплексы.

На мусоросортировочных комплексах будут отделены отходы, подлежащие вторичной переработке: лом черных и цветных металлов, бумага, картон, пластики и полимеры, стеклобой и стеклотара, текстильные отходы. Из отсортированных полимерных отходов возможно производство строительных материалов: ПВХ рамы для окон, различные строительные детали и конструкции из полимеров.

«Хвосты» (отходы, не подлежащие вторичной переработке) планируется размещать на двух межмуниципальных центрах обращения с отходами (ММЦОО): около 50 % «хвостов» - на ММЦОО в городском округе Верхняя Пышма (полигон «Северный»), остальные 50% - на ММЦОО в городском округе Белоярский.

Захоронение отходов в границах населенных пунктов запрещается. В связи с этим межмуниципальные центры обращения с отходами будут располагаться на значительном удалении от населенных пунктов.

ММЦОО в городском округе Верхняя Пышма предполагается к строительству на территории полигона «Северный». Планируемая мощность ММЦОО составит порядка 490825,3 тонн отходов в год. На территории данного ММЦОО также планируется размещение МСК. Кроме МО «город Екатеринбург», ММЦОО в городском округе Верхняя Пышма будет обслуживать ГО Верхняя Пышма, ГО Среднеуральск.

ММЦОО в Белоярском городском округе будет введен в эксплуатацию на земельном участке, удовлетворяющем требованиям законодательства, в районе п. Растущий и р.п. Верхнее Дуброво. Планируемая мощность ММЦОО составит порядка 487901,1 тонн отходов в год. Кроме МО «город Екатеринбург», ММЦОО в Белоярском городском округе будет обслуживать Арамилский ГО, Сысертский ГО (50%) Белоярский ГО, ГО Верхнее Дуброво, ГО МО «поселок Уральский» (ЗАТО).

Помимо мероприятий, планируемых к реализации в соответствии с Территориальной схемой, на участке в поселке Сысерть площадью 5 га, расположенном вблизи перспективной скоростной магистрали «Южный обход Екатеринбурга – дорога на Верх. Уфалей», проектируется размещение МСК.

Таким образом, ТКО, образуемые от МО «город Екатеринбург», планируется сортировать на трех МСК, а размещать к захоронению на двух полигонах.

Предлагаемая система обращения с ТКО на территории МО «город Екатеринбург» имеет ряд преимуществ, обуславливающих ее перспективное использование:

1. Рациональное расположение ММЦОО относительно мест накопления отходов. Оптимизация

транспортных потоков позволит избежать перемещения ТКО на большие расстояния, что в свою очередь приведет к экономии финансовых, транспортных ресурсов, а также уменьшению влияния на окружающую среду, осуществляемого во время перевозки [19]. При перевозке автомобильным транспортом, оптимальное расстояние составляет до 70-100 км [20].

2. Направление отходов, образующихся на территории МО «город Екатеринбург», на мусоросортировочные комплексы позволит извлечь из общей массы отходов ценные компоненты, которые могут быть подвергнуты вторичной переработке, в результате чего значительно уменьшится количество отходов, направляемых для захоронения.

Таким образом, предлагаемые решения повысят эффективность транспортирования отходов с территории МО «город Екатеринбург».

4. Заключение

На основании проведенного исследования и анализа существующего состояния в области обращения с твердыми коммунальными отходами на территории города Екатеринбурга могут быть сделаны следующие выводы:

1. Определено перспективное количество отходов, образовавшихся на территории МО «город Екатеринбург». Ежегодно на территории МО «город Екатеринбург» образуется порядка 5 млн тонн ТКО. Переработке подвергается не более 5% отходов. Остальная часть размещается на полигонах твердых коммунальных отходов. Данный показатель существенно ниже, чем в развитых странах.
2. Оценка резерва мощности существующих полигонов показала, что при сохранении существующей системы сбора и размещения ТКО, запланированное для размещения и захоронения количество отходов на МСК «Северный» превышает возможности данного полигона в 2 раза, что ведет к значительной нагрузке на полигон и нарушению технологии безопасного захоронения отходов.
3. Была произведена оценка влияния полигонов на окружающую среду. Анализ представленных значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения полигонов «Северный» и «Широкореченский» показал, что превышения гигиенических нормативов атмосферного воздуха населенных мест отсутствуют.
4. Разработаны рекомендации по обращению с твердыми коммунальными отходами населенного пункта:
 - Для обеспечения максимальной доли вторичного использования ТКО на территории МО «город Екатеринбург», предполагается внедрение отдельного сбора мусора, а также организация трех мусоросортировочных комплексов.
 - Среди основных видов отходов, подлежащих вторичной переработке, выделены: лом черных и цветных металлов с последующей их переплавкой, целлюлоза и макулатура для производства бумаги, производство строительных материалов (например, ПВХ рамы для окон) из извлеченных из мусора полимеров, стеклобой для повторного производства стеклотары.
 - На межмуниципальных центрах обращения с отходами планируется размещать только отходы, не подлежащие вторичной переработке («хвосты»).
5. Полученные результаты могут быть использованы на стадии разработки генеральных планов поселений в рамках градостроительного планирования развития населенных пунктов. Разработанные проектные решения способствуют снятию градостроительных ограничений с территорий, занятых полигонами отходов и их санитарно-защитными зонами, а также обеспечивают дополнительный источник для получения строительных материалов – вторичное сырье.

5. Благодарности

Данная статья была опубликована в рамках выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Разработка проекта генерального плана развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2035 года в части разделов, касающихся инженерной инфраструктуры». Работы выполнялись согласно Муниципальному контракту № 46/2017 от 21.07.2017, заключенному между Департаментом архитектуры, градостроительства и земельных отношений Администрации города Екатеринбурга и ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Литература

- [1]. Федоров М.П., Окорочков В.Р., Окорочков Р.В. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее. Санкт-Петербург : Наука, 2010. – 411
- [2]. Lebreton L., Andrady A. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. Palgrave Communications.2019. No. 5(1), статья № 6,

References

- [1]. Fedorov M.P., Okorokov V.R., Okorokov R.V. Energeticheskiye tekhnologii i mirovoye ekonomicheskoye razvitiye: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye. Sankt-Peterburg : Nauka, 2010. – 411
- [2]. Lebreton L., Andrady A. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. Palgrave Communications.2019. No. 5(1), statya № 6,

- [3]. Ашихмина Т.В. Геоэкологический анализ состояния окружающей среды и природоохранные рекомендации в районе расположения полигонов ТКО Воронежской области // Автореф. Дисс Канд.географ.наук, М.: 2014.
- [4]. Чусов А.Н., Масликов В.И., Молодцов Д.В. Исследования состава биогаза на полигоне твердых бытовых отходов // Безопасность в техносфере. М. Том 2, № 6. С. 24-28.
- [5]. Chembukavu A.A., Mohammad A., Singh D.N. Bioreactor landfills in developing countries: A critical review. Journal of Solid Waste Technology and Management.2019. No 45(1), pp. 21-38.
- [6]. Fehr M., Arantes C.A. Making a case for recycling biodegradable municipal waste. Environment Systems and Decisions.2015. No 35 (4), pp. 483-489.
- [7]. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России, М, 2012, 47 с. Режим доступа: URL: http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad_po_tbo.pdf. (дата обращения 25.10.2017)
- [8]. Bridgwater A.V. Thermal conversion of biomass and waste: the status. Proc. of Conference "Gasification: the Clean Choice for Carbon Management", 8-10 April 2002, Noordwijk, the Netherlands, pp. 1-25.
- [9]. Atanasoae P., Pentiu R., Hopulele E. Energy recovery of municipal solid waste for combined heat and power production. Proceedings of the 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering, EPE 2016, statya № 7781455, pp. 842-845.
- [10]. База данных Eurostat. Режим доступа: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата обращения - 25.10.2017)
- [11]. Систер В.Г., Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Абрамов Н.Ф., Никогосов Х.Н. Твердые бытовые отходы. - М.: АКХ, 2001. – 55с.
- [12]. Yang W., Fan B., Desouza K.C. Spatial-temporal effect of household solid waste on illegal dumping. Journal of Cleaner Production.2019. No 227, pp. 313-324.
- [13]. Barsi D., Costa C., Satta F., Zunino P., Sergeev V. Feasibility of mini combined cycles for naval applications. MATEC Web of Conferences.2018, No 245, статья № 07008
- [14]. Предварительные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года: Стат. сб./Росстат.. — Москва: ИИЦ «Статистика России», 2011. — С. 32 — 86.
- [15]. Официальный сайт эксплуатирующей организации ЕМУП «Спецавтобаза» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sab-ekb.ru>. - (Дата обращения 22.09.2017).
- [16]. Программа мониторинга окружающей среды полигона ТКО «Широкореченский» ЕМУП «Спецавтобаза» на 2017-2021 г. Утверждена директором ЕМУП «Спецавтобаза», Е.М. Котляр, 25.08.2016 г. – Е.:2016. – 32.
- [17]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест ГН 2.1.6.13 1338-03. Утверждены Главным Государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г.Онищенко 21 мая 2003 года. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865554>. - (Дата обращения 21.09.2017).
- [18]. Программа мониторинга окружающей среды полигона ТКО «Северный» ЕМУП «Спецавтобаза» на 2017-2021
- [3]. Ashikhmina T.V. Geoeologicheskii analiz sostoyaniya okruzhayushchey sredy i prirodookhrannyye rekomendatsii v rayone raspolozheniya poligonov TKO Voronezhskoy oblasti // Avtoref. Diss Kand.geograf.nauk, M.: 2014.
- [4]. Chusov A.N., Maslikov V.I., Molodtsov D.V. Issledovaniya sostava biogaza na poligone tverdykh bytovykh otkhodov // Bezopasnost v tekhnosfere. M. Tom 2, № 6. S. 24-28.
- [5]. Chembukavu A.A., Mohammad A., Singh D.N. Bioreactor landfills in developing countries: A critical review. Journal of Solid Waste Technology and Management.2019. No 45(1), pp. 21-38.
- [6]. Fehr M., Arantes C.A. Making a case for recycling biodegradable municipal waste. Environment Systems and Decisions.2015. No 35 (4), pp. 483-489.
- [7]. Malyshevskiy A.F. Obosnovaniye vybora optimalnogo sposoba obezvezhivaniya tverdykh bytovykh otkhodov zhilogo fonda v gorodakh Rossii, M, 2012, 47 s. Rezhim dostupa: URL: http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad_po_tbo.pdf. (data obrashcheniya 25.10.2017)
- [8]. Bridgwater A.V. Thermal conversion of biomass and waste: the status. Proc. of Conference "Gasification: the Clean Choice for Carbon Management", 8-10 April 2002, Noordwijk, the Netherlands, pp. 1-25.
- [9]. Atanasoae P., Pentiu R., Hopulele E. Energy recovery of municipal solid waste for combined heat and power production. Proceedings of the 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering, EPE 2016, statya № 7781455, pp. 842-845.
- [10]. Baza dannyykh Eurostat. Rezhim dostupa: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (data obrashcheniya - 25.10.2017)
- [11]. Sister V.G., Mirnyy A.N., Skvortsov L.S., Abramov N.F., Nikogosov Kh.N. Tverdye bytovyye otkhody. - M.: AKKh, 2001. – 55s.
- [12]. Yang W., Fan B., Desouza K.C. Spatial-temporal effect of household solid waste on illegal dumping. Journal of Cleaner Production.2019. No 227, pp. 313-324.
- [13]. Barsi D., Costa C., Satta F., Zunino P., Sergeev V. Feasibility of mini combined cycles for naval applications. MATEC Web of Conferences.2018, No 245, statya № 07008
- [14]. Predvaritelnyye itogi Vserossiyskoy perepisi naseleniya 2010 goda: Stat. sb./Rosstat.. — Moskva: IITs «Statistika Rossii», 2011. — S. 32 — 86.
- [15]. Ofitsialnyy sayt ekspluatiruyushchey organizatsii YeMUP «Spetsavtobaza» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://sab-ekb.ru>. - (Data obrashcheniya 22.09.2017).
- [16]. Programma monitoringa okruzhayushchey sredy poligona TKO «Shirokorechenskiy» YeMUP «Spetsavtobaza» na 2017-2021 gg. Utverzhdena direktorom YeMUP «Spetsavtobaza», Ye.M. Kotlyar, 25.08.2016 g. – Ye.:2016. – 32.
- [17]. Predelno dopustimyye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozduke naselennykh mest GN 2.1.6.13 1338-03. Utverzhdeny Glavnym Gosudarstvennym sanitarnym vrachom Rossiyskoy Federatsii, Pervym zamestitelem Ministra zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii G.G.Onishchenko 21 maya 2003 goda. [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/901865554>. - (Data obrashcheniya 21.09.2017).
- [18]. Programma monitoringa okruzhayushchey sredy poligona TKO «Severnyy» YeMUP «spetsavtobaza» na 2017-2021 gg. Utverzhdena direktorom YeMUP «Spetsavtobaza», Ye.M. Kotlyar, 25.08.2016 g. – Ye.:2016. – 33s.
- [19]. Kasemsap K. Environmental management and waste management: Principles and applications. Ethics and Sustainability in Global Supply Chain Management.2019. pp. 26-49.

г. Утверждена директором ЕМУП «Спецавтобаза»,
Е.М. Котляр, 25.08.2016 г. – Е.:2016. – 33с.

[19]. Kasemsap K. Environmental management and waste management: Principles and applications. Ethics and Sustainability in Global Supply Chain Management.2019. pp. 26-49.

[20]. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. М.:ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336с.

[20]. Grinin A.S., Novikov V.N. Promyshlennyye i bytovyye otkhody: Khraneniye, utilizatsiya, pererabotka. M.:FAIR-PRESS, 2002. – 336s.

Контактная информация

1.* +79500246954, vladimirov@nil-teplo.ru (Владимиров Ярослав, ассистент)

Contact information

1.* +79500246954, vladimirov@nil-teplo.ru (Vladimirov Iaroslav, assistant)

© Владимиров Я. А. 2019