

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2020, №4, Том 7 / 2020, No 4, Vol 7 <https://resources.today/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/12ECOR420.pdf>

DOI: 10.15862/12ECOR420 (<http://dx.doi.org/10.15862/12ECOR420>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шилкина С.В. Выбор стратегии управления твёрдыми коммунальными отходами для решения проблем их утилизации // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №4, <https://resources.today/PDF/12ECOR420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/12ECOR420

For citation:

Shilkina S.V. (2020). Choosing a solid municipal waste management strategy to address the challenges of recycling. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 4(7). Available at: <https://resources.today/PDF/12ECOR420.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/12ECOR420

УДК 628.4

ГРНТИ 87.53.80

Шилкина Светлана Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Shilkina@bk.ru

Выбор стратегии управления твёрдыми коммунальными отходами для решения проблем их утилизации

Аннотация. Глобальные экологические проблемы во всём мире стоят чрезвычайно остро, они связаны с постоянно растущим техногенным влиянием человека на окружающую среду. Добыча и переработка ресурсов воздействуют на производственные процессы, природную среду, здоровье населения. Особенно это касается отходов, образующихся в процессе производства и потребления, которые невозможно применить для дальнейшего использования в силу технических или экономических причин. Несмотря на то, что твердые коммунальные отходы (ТКО) составляют менее 1 % от общего количества образованных промышленных и бытовых отходов, они являются наиболее раздражающим фактором для населения, особенно в крупных городах и прилегающих к ним районах. Основа стратегии – раздельный сбор отходов населением, «глубина сортировки» зависит от проводимой политики в этой области: от 4–5 видов ТКО в ряде европейских стран, до 40 – в некоторых регионах Японии. Предметом исследования является система обращения с твердыми коммунальными отходами. Цели статьи – исследование системы обращения с отходами в мире и в России, анализ текущей ситуации и выбор стратегии управления для решения проблемы утилизации отходов. Методология исследования: финансово-экономический анализ. В статье представлены аналитические данные образования и утилизации электронных и пластиковых ТКО, имеющих чётко выраженную тенденцию к значительному росту, ведущую к увеличению масштабов сжигания и захоронения. Мировые проблемы актуальны и для России, где уровень переработки ТКО не высок и пока функционирует порядка десяти мусоросжигательных заводов (МСЗ) с невысокой производительностью. Для сравнения количество МСЗ: в Швейцарии – 29, в Японии – 1900, в Швеции – 21, в Дании – 32, общее число жителей в этих странах меньше, чем население России. Новые заводы стоят дорого как на этапе строительства,

так и эксплуатации. В статье даётся оценка экономических последствий перехода на переработку ТКО путем сжигания на МСЗ, приводится финансово-экономическая модель проекта. Анализ зарубежного опыта позволил понять причины проблем и разработать рекомендации. Данная статья является частью исследования автора в области выбора оптимальных стратегий управления утилизацией твёрдых коммунальных отходов, на основе собранного материала планируется издание монографии.

Ключевые слова: утилизация твёрдых коммунальных отходов; качество жизни и здоровье населения; экологическая безопасность; состав коммунальных отходов; электронные отходы; пластиковые отходы; жилищно-коммунальный комплекс; экономика и управление; стратегии управления отходами; проект; финансово-экономическая модель; экологическая политика

Введение

Экономика любой страны в значительной степени опирается на материальные ресурсы. Добыча и переработка таких ресурсов оказывают значительное воздействие не только на производственные процессы, но и на окружающую среду, на здоровье человека. Особенно это касается отходов, образующихся в процессе производства и потребления, которые нельзя применить для дальнейшего использования в силу технических или экономических причин. В современном обществе на первый план выходит проблема снижения объемов подобных отходов, решение проблем, связанных с их утилизацией. Большинство государств давно разрабатывают программы для решения данной проблемы, в первую очередь, за счет внедрения технологий, позволяющих повторно использовать такие ресурсы, сохраняя их высокую стоимость, обеспечивая ценность в течение более длительных периодов, и, уменьшая необходимость использования первичных материалов. Однако даже в европейских странах, значительные объемы ценных ресурсов по-прежнему теряются из-за неэффективной практики обращения с отходами, несмотря на прогресс, достигнутый в Европе благодаря осуществлению проводимой политики в области стратегического планирования и управления отходами, созданию системы их повторного использования [1].

Предварительная оценка и анализ текущей ситуации с отходами позволяют сделать следующие выводы¹:

- Значительная часть ценных ресурсов теряется в процессе обращения с отходами из-за их неэффективного сбора, потребительского отношения и недостаточной осведомленности населения, а также из-за наличия рыночных аспектов, влияющих на все этапы, из-за технологических барьеров, сложности проектирования и опасного характера утилизируемых материалов.
- Увеличение добычи ресурсов создает значительные риски для окружающей среды и здоровья человека, например, истощение ресурсов, загрязнение воздуха, воды и почвы, изменение климата, утрата биоразнообразия.
- Потеря ресурсов связана с потерей их важнейших сырьевых составляющих, имеющих основополагающее значение для функционирования ключевых промышленных секторов и областей экономики.

¹ Reducing loss of resources from waste management is key to strengthening the circular economy in Europe, (<https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/reducing-loss-of-resources-from>), European Environment Agency.

- Сокращение потерь ресурсов необходимо для обеспечения благосостояния населения и укрепления возобновляемой экономики.

Мировая проблема: образование отходов производства и потребления

Все отходы можно условно разделить на две неравные группы: отходы, образующиеся при производственных процессах в промышленности и отходы, непосредственно образующиеся в процессе жизнедеятельности населения, обычно называемые твердыми коммунальными отходами (ТКО). К твердым коммунальным отходам относят отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [2].

Несмотря на то, что твердые коммунальные отходы составляют менее 1 % от общего количества образованных промышленных и бытовых отходов, они являются наиболее раздражающим фактором для населения, особенно в крупных городах и прилегающих к ним районах^{2,3,4,5}.

Основной акцент во многих странах сделан на отдельный сбор ТКО населением. «Глубина сортировки» мусора населением зависит от проводимой политики в этой области: от четырёх или пяти видов ТКО – в ряде европейских стран, до сорока ТКО – в некоторых регионах Японии. Раздельный сбор коммунальных отходов, стимулируемый законодательством ЕС, неуклонно растёт [2]. Новые, более высокие целевые показатели рециркуляции были введены в изменённую Рамочную Директиву по отходам в 2018 году, что указывает на ещё более высокоизбирательный раздельный сбор в будущем. В соответствии с этой Директивой определен целевой показатель переработки отходов в размере 65 % к 2035 году. Цель относится к конечным объемам вторичной переработки, а не к объемам отходов, собранных для вторичной переработки. Последнее включает в себя количество не подлежащих вторичной переработке материалов или загрязняющих веществ, которые удаляются в процессе переработки отходов, поэтому восьмидесяти процентный потенциал раздельного сбора соответствует более низким уровням окончательной переработки⁶.

Далее поговорим подробнее о способах и проблемах утилизации различных групп ТКО и на примере Европейского союза рассмотрим несколько типов коммунальных отходов, утилизация которых имеет свою определённую специфику.

² Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа.

³ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа.

⁴ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа.

⁵ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа.

⁶ The case for increasing recycling: Estimating the potential for recycling in Europe, (<https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/the-case-for-increasing-recycling>), European Environment Agency.

Отходы от электрического и электронного оборудования

Утилизация электронных отходов – самый маленький поток с точки зрения массы, однако, один из самых проблемных, несмотря на то, что электронные отходы содержат ценные ресурсы, такие как металлы и редкоземельные элементы. Данный поток отходов характеризуется низкой скоростью рециркуляции, главным образом, из-за проблем и неудач, связанных с их раздельным сбором. Хотя электронные отходы состоят в основном из металлов, пластика и стекла, которые по отдельности регулярно перерабатываются, если только они не содержат опасных веществ [3]. Когда электроника вступает в стадию окончания срока службы, она становится отходами электрического и электронного оборудования (WEEE). Это один из самых быстрорастущих потоков отходов в мире с ежегодным темпом роста 4 % или 44,7 млн тонн в 2016 году (Baldé et al., 2017). В ЕС-28 выработка WEEE в 2017 году составила 10,4 млн тонн, что в среднем чуть выше 20 кг на одного жителя (Евростат, 2019). Было собрано около 44 процентов этого объема. Чтобы свести к минимуму воздействие электроники на окружающую среду, важно увеличить срок службы изделия. Циклические бизнес-модели, включая циклический дизайн, продукт как услугу, повторное использование и переработку, должны масштабироваться и поддерживаться политикой. Существует большая проблема в разделении электронных устройств по видам отходов. На рисунке 1 представлена диаграмма, наглядно показывающая состав домашних электронных устройств⁷.

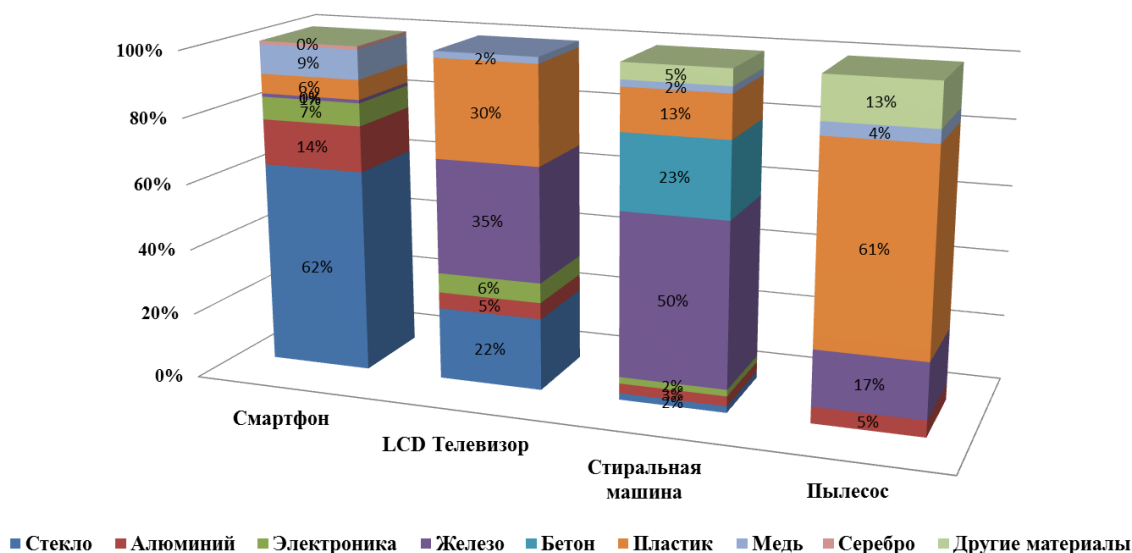


Рисунок 1. Усредненный состав домашних устройств (составлено автором)

Как и в большинстве развитых стран мира, в Европейских странах по сравнению с ростом населения продолжает наблюдаться постоянный опережающий рост производства предметов электроники, связанных с интернетом. Постоянный рост спроса и предложения привели к тому, что электротехническая и электронная промышленность превратилась в один из крупнейших промышленных секторов. В 2017 году в секторе производства электроники в

⁷ Europe's consumption in a circular economy: the benefits of longer-lasting electronics, <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/resource-efficiency/benefits-of-longer-lasting-electronics>), European Environment Agency.

Европе было занято более 2,5 миллионов человек на 86 200 предприятиях с оборотом 705 млрд евро (Евростат, 2019)⁸.

Согласно данным Евростата в 2017 году на рынок ЕС было поставлено 20,6 кг электротехнических и электронных товаров на человека. Из них примерно 60 % (11,8 кг) было произведено в ЕС и 40 % (8,8 кг) было импортировано (рисунок 2).



Рисунок 2. Импорт, экспорт, производство и потребление электронной продукции в ЕС, (составлено автором)

В результате в 2017 году общая масса приобретенной в Европе электроники составила более 10 млн тонн, а официально было утилизировано только около 4,5 млн тонн. Многие отходы электронных устройств загрязнены опасными веществами, что затрудняет или делает невозможной их переработку, поскольку эти вещества не могут быть рециркулированы в экономику. Поэтому необходимо строго контролировать сбор электронных отходов отдельно от других потоков и предотвращать их незаконный экспорт, а также переработку в несоответствующих условиях. В целях переработки таких отходов приходится строить целые производственные предприятия, требуются значительные вложения и большие затраты для осуществления самого процесса переработки.

Пластиковые отходы

В Европе уже много лет реализуется экологическая политика по работе с ТКО. Одним из успешных примеров этой политики является увеличение темпов переработки муниципальных отходов (переработка материалов покрытий, компостирование и переработка биоотходов).

Однако проблема утилизации пластиковых отходов еще очень далека от решения.

Европа находится на перепутье в вопросах управления пластиком, пластиковыми отходами и их торговлей. Быстро растущее количество пластика оказывает негативное воздействие на окружающую среду и климат. Пластик и пластиковые отходы продаются по

⁸ Europe's consumption in a circular economy: the benefits of longer-lasting electronics, (<https://www.eea.europa.eu/themes/waste/resource-efficiency/benefits-of-longer-lasting-electronics>), European Environment Agency.

всему миру. Экспорт пластиковых отходов из ЕС в Азию – это средство решения проблемы недостаточных мощностей по переработке отходов в ЕС. Ограничения на импорт отходов в Китае сместили экспорт в другие страны⁹ (рисунок 3).

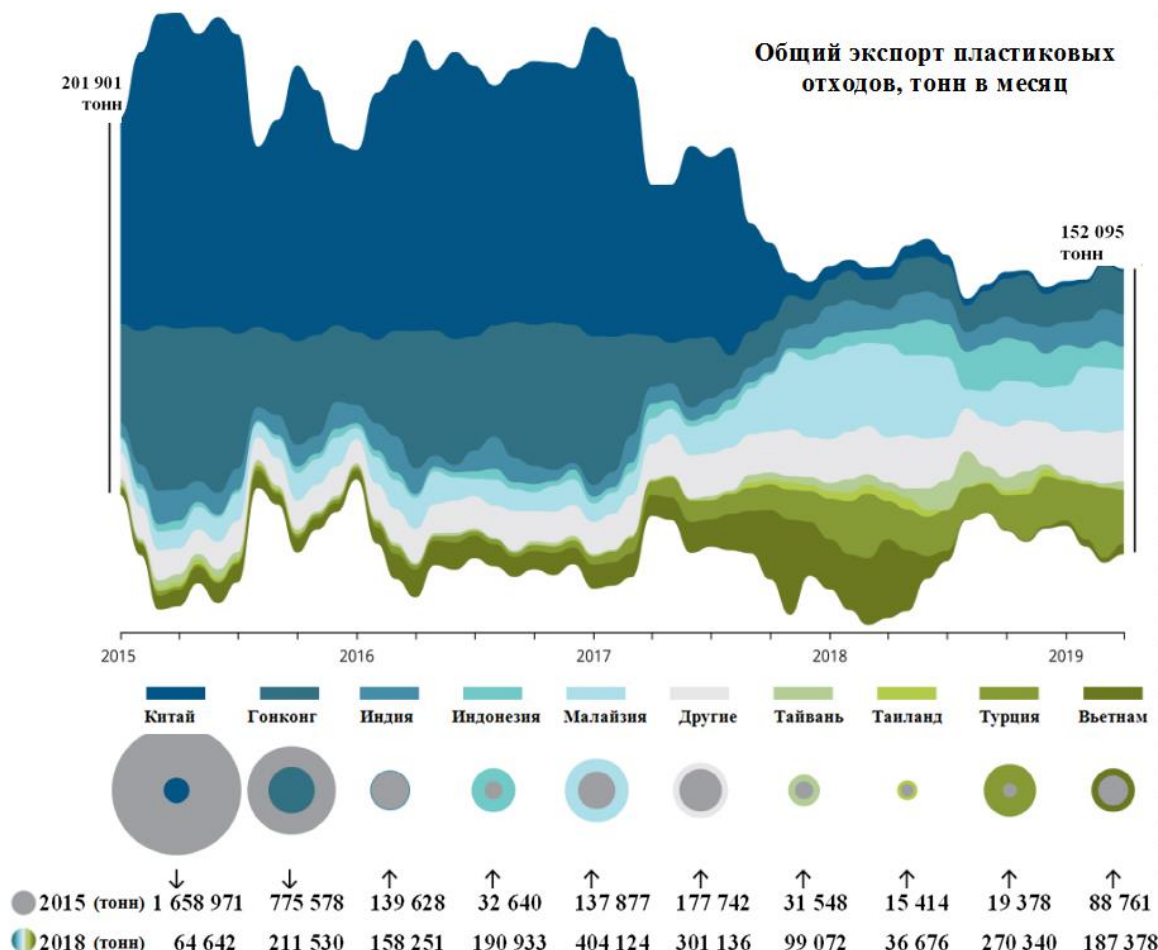


Рисунок 3. Торговля пластиковыми отходами вне ЕС-28 в принимающей стране, тонн

Поскольку некоторые виды пластиковых отходов были добавлены в Базельскую конвенцию Организации Объединенных Наций (Соглашение, подписанное 187 странами об ограничении экспорта загрязненных и проблематичных пластиковых отходов из ЕС в Азию и Африку), возможность экспорта пластиковых отходов становится все более трудной. Данная ситуация требует от политиков, бизнеса и других субъектов более гибкой стратегии и тактики действий в этой области – построение более прочной и круговой экономики для пластика в Европе.

Основные проблемы с пластиковыми отходами [4; 5]:

- Ежегодное мировое производство пластмасс выросло с 2 до 380 миллионов тонн с 1950 года и, по прогнозам, удвоится к 2035 году и увеличится почти вчетверо к 2050 году. Европейским странам не хватает потенциала для кругового и устойчивого управления растущими объемами пластиковых отходов.
- В начале 2019 года ЕС экспортировал около 150 000 тонн пластиковых отходов в месяц. Этот показатель был примерно в два раза выше в 2015 и 2016 годах – до 300 000 тонн ежемесячно, когда экспорт шел в основном в Китай и Гонконг.

⁹ The plastic waste trade in the circular economy, (<https://www.eea.europa.eu/themes/waste/resource-efficiency/the-plastic-waste-trade-in>), European Environment Agency.

Импортные ограничения являются причиной сокращения и смещения экспорта пластиковых отходов в другие страны Азии.

- Не продуманное обращение с пластиковыми отходами имеет негативные экологические и климатические последствия, такие как отложение пластика и микропластиков везде, и на суше, и в реках, морях, океанах по всему миру. Пластик вносит свой вклад в изменение климата за счет выбросов парниковых газов, вредного воздействия химических веществ, входящих в состав пластика, в результате не продуманной стратегии деятельности стран в сферах производства и обращения с отходами данной группы. В настоящий момент существует мало информации, знаний или их прозрачности о том, как пластиковыми отходами, импортируемыми из ЕС, управляют в других странах.
- Недавние ограничения на импорт пластиковых отходов в Китай в сочетании с некоторыми видами пластика, включенными в Базельскую конвенцию, вероятно, еще больше сократят экспорт ЕС, что неизбежно приведет к увеличению масштабов сжигания и захоронения пластиковых отходов в Европе.

Методы

Мусоросжигание как одно из направлений утилизации отходов

Показательна информация, приведённая в таблице 1, о доле сжигания ТКО в развитых странах и количества эксплуатируемых мусоросжигательных заводов (МСЗ) [2].

Таблица 1

Доля сжигания ТКО в развитых странах

Страна	Население, млн человек	ТКО, млн т в год	Количество МСЗ	Доля сжигаемых ТКО, %
Швейцария	7	5,1	29	79
Япония	123	44,5	1900	72
Дания	5	3,7	32	65
Швеция	9	3,9	21	59
Франция	56	28,6	100	41
Нидерланды	15	7,9	9	39
Германия	61	37,7	51	33
Италия	58	28,3	51	17
Испания	38	16,5	21	6
Великобритания	57	27,4	7	5
Россия	146	56,5	10	2,4

При этом во многих странах мусоросжигательные заводы расположены в черте городов и не вызывают протестов местного населения, даже среди экологически «продвинутых» европейцев. Приведу несколько примеров успешного функционирования МСЗ [2].

Австрия. В центре Вены с 1989 года работает завод по переработке мусора Шпиттлау, на котором ежегодно утилизируется 250 тысяч тонн мусора. Тепло от сжигания мусора идет на отопление более 60 000 квартир в Вене. Зола идет на производство строительных материалов.

Франция. Мусоросжигательный завод в Исси-ле-Мулино (пригород Парижа), построен в 2009 году. За год на нем утилизируется 2,3 млн тонн ТКО, обеспечивая отоплением более 65 тыс. человек. В Исси-ле-Мулино свозят на переработку отходы почти половины Парижского региона.

Дания. Завод Amager Bakke, в Копенгагене, построен в 2017 году. Перерабатывает 500 тыс. тонн ТКО в год, превращая их в энергию и тепло для 150 тыс. домов и квартир. В связи с

нехваткой собственных отходов, заводу дано разрешение на импорт 100 тыс. тонн мусора из других стран.

Швеция. Завод компании EсоEnergy, расположенный в городе Уппсала в 70 км от Стокгольма, обеспечивает горячей водой и отоплением весь город Уппсал и его окрестности, а также до 40 % объектов шведской столицы. Для бесперебойной работы МСЗ в Швецию ежегодно из соседних стран поступает около 800 тыс. тонн мусора.

Обобщая информационные и статистические данные по опыту строительства и эксплуатации МСЗ, можно сделать вывод, что при соблюдении правильной технологии эксплуатации мусоросжигательные заводы не оказывают негативного влияния на окружающую природу.

Анализ ситуации с ТКО в США

Анализ проблемы с ТКО в США показал, что в среднем американцы с течением времени выбрасывают все больше и больше мусора, и общий объем твердых отходов, образующихся на душу населения постоянно возрастает. Однако, как количество, так и доля бытовых и коммерческих отходов, направлявшихся на мусоросжигательные заводы, в целом выровнялись с момента своего пика в 1990-е годы, как показано ниже (рисунок 4). Начиная с 2010 года, в среднем около 30 миллионов тонн твердых бытовых отходов ежегодно отправляются на мусоросжигательные заводы с выработкой энергии, по сравнению с примерно 136 миллионами тонн захороненных отходов, 67 миллионами тонн переработанных и 22 миллионами тонн компостированных¹⁰.

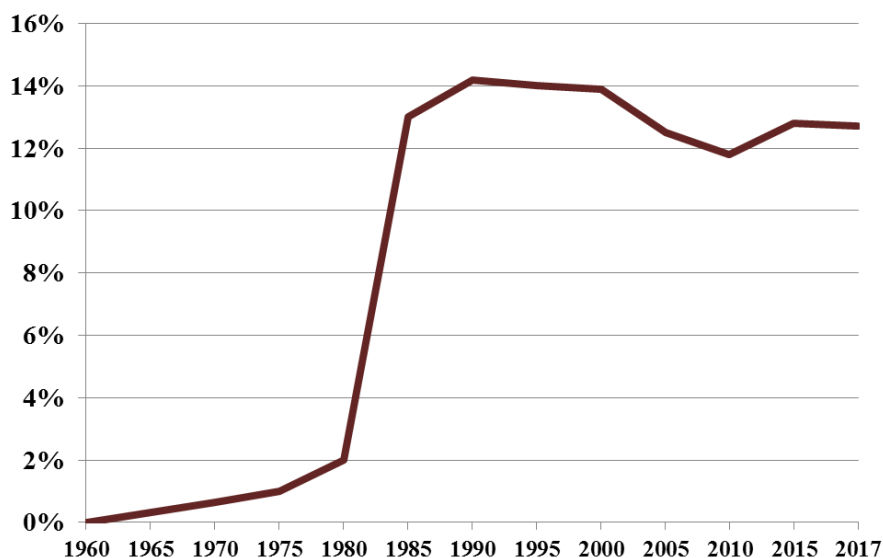


Рисунок 4. Доля сжигания ТКО на МСЗ в США от общего объема производимого мусора, %

Показательна статистика изменения в процентах от общего объема ТКО, сжигаемых с рекуперацией энергии в некоторых странах, информация представлена ниже, на рисунке 5.

¹⁰ Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet. Assessing Trends in Materials Generation and Management in the United States (<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/advancing-sustainable-materials-management>), United States Environmental Protection Agency.

В 2017 году в США было произведено около 268 миллионов тонн ТБО¹¹.

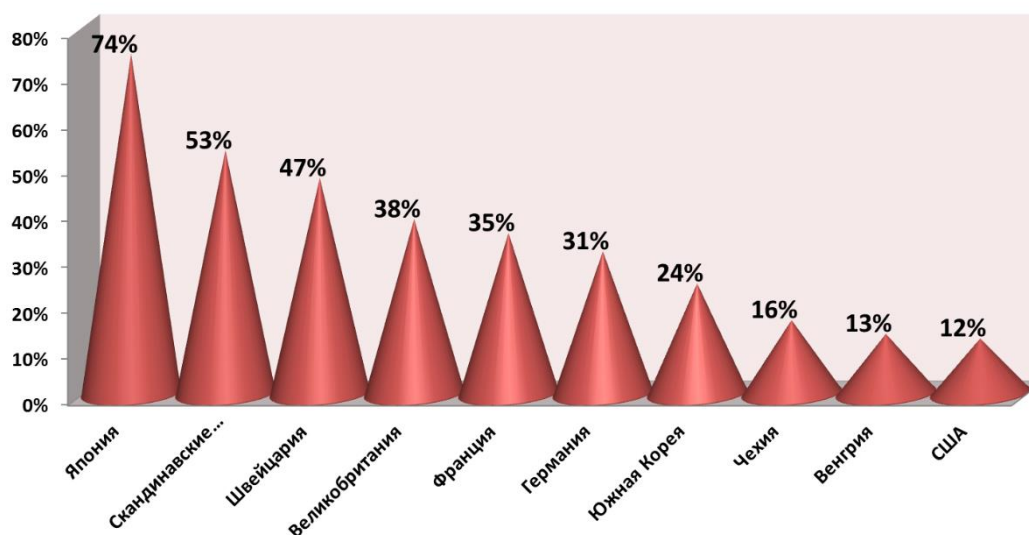


Рисунок 5. Процент от общего объема ТКО, сжигаемых с рекуперацией энергии в некоторых странах, (составлено автором).

Интересна диаграмма по способам утилизации ТКО в США, % от общего объема, представленная на рисунке 6.

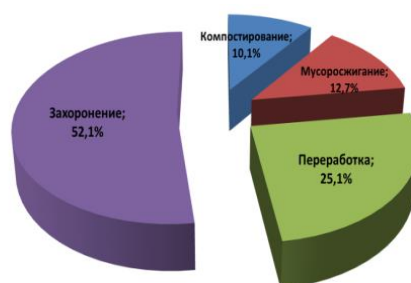


Рисунок 6. Способы утилизации ТКО в США, % от общего объема, (составлено автором)

Как видно из рисунка 6 сжигание составляет относительно небольшую долю по сравнению с другими направлениями обращения с твердыми отходами. В 2015 году примерно половина всех твердых бытовых отходов в США была захоронена на свалках; в то время как переработка и компостирование составляли более 25 % и 8 %, соответственно¹².

При этом выработка электроэнергии в США за счет сжигания ТКО на мусоросжигательных заводах составляет лишь около 0,4 % от общего объема выработки электроэнергии в США¹³: в 2018 году 68 электростанций США выработали около 14

¹¹ Energy from municipal solid waste, (<https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/waste-to-energy.php#tab2>), U.S. Energy Information Administration.

¹² Report: Waste Incineration: A Dirty Secret in How States Define Renewable Energy, (<https://ilsr.org/waste-incineration-renewable-energy/>), The Institute for Local Self-Reliance.

¹³ Waste-to-energy electricity generation concentrated in Florida and Northeast, (<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25732>), U.S. Energy Information Administration.

миллиардов киловатт-часов электроэнергии за счет сжигания 29,5 миллиона тонн горючих ТБО¹⁴.

Анализ ситуации с ТКО в России

Объем вывоза ТКО с территории городских поселений в целом по России, по данным Росстата, в 2018 г. составил 55,1 млн т, или 0,74 % от общего количества образованных отходов (рисунок 7) [2; 6].

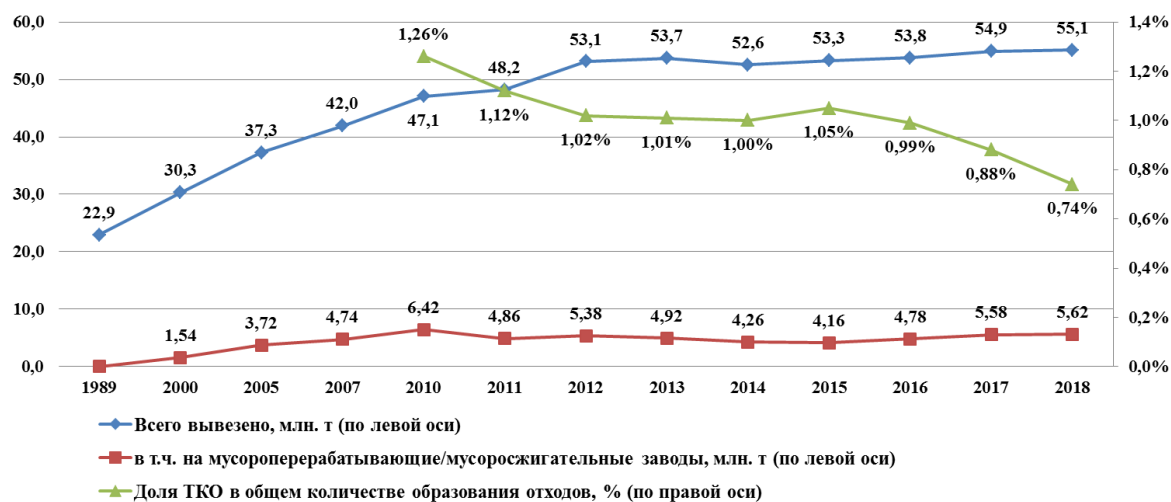


Рисунок 7. Динамика вывоза ТКО в Российской Федерации, (составлено автором)

Как видно из рисунка 7 большая часть (около 95 %) ТКО в нашей стране вывозится на полигоны и свалки.

В вопросе формирования стратегии управления отходами нам все равно придется идти по общеевропейскому маршруту. Для наглядности и сопоставления на рисунке 8 представлена текущая ситуация с образованием и захоронением ТКО на полигонах в странах ЕС и России [2].

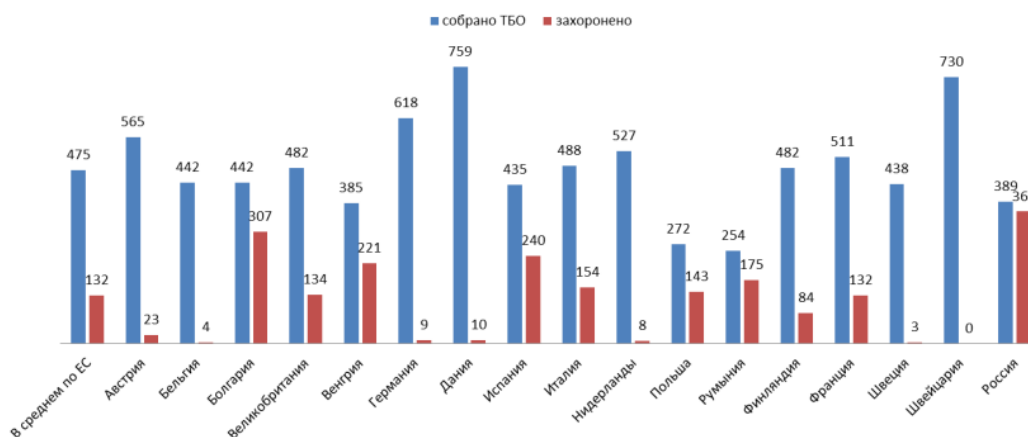


Рисунок 8. Соотношение образования и захоронения на полигонах ТКО в странах ЕС и России, кг на 1 жителя в год, (составлено автором)

¹⁴ Energy from municipal solid waste, (<https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/waste-to-energy.php#tab2>), U.S. Energy Information Administration.

Анализ существующих тенденций показывает, что принимаемые решения о государственном финансировании строительства мусоро-сортирующих, мусоро-перерабатывающих, мусоро-сжигающих объектов или использования их сочетания, являются жизненно необходимыми [2; 6; 8; 11–13].

Москва и Подмоскowie являются одними из самых проблематичных регионов по работе с ТКО [2; 6; 14–16]. По данным министерства экологии Московской области, из 55–60 млн тонн всех ТКО, образующихся в России за год, пятая часть – 11,7 млн т – приходится на столичный регион (3,8 млн т – Подмоскowie, 7,9 млн т – г. Москва). При этом за МКАД из Москвы вывозится 6,6 млн т бытовых отходов. Таким образом, в Подмоскowie ежегодно оседает более 10 млн т мусора. Именно поэтому этот регион был выбран для реализации первых проектов по строительству МСЗ¹⁵.

Мусорная реформа в Подмоскowie выходит на новый этап [8]. На территории мусоросортировочных комплексов начнут строить заводы по переработке пластиковых отходов. Первые два завода появятся уже в 2022 году, строительством занимается компания "РТ-Инвест", на сегодняшний день являющаяся крупнейшим мусорным оператором области. Эта компания, входящая в госкорпорацию "Ростех", построила в Подмоскowie уже три современных комплекса по сортировке коммунальных отходов в Коломне, Кашире и Сергиевом Посаде и готовит к открытию четвертый, в Можайске. Компания "РТ-Инвест" является заказчиком строительства четырех заводов по термической переработке мусора в Воскресенском, Солнечногорском, Наро-Фоминском и Богородском округах области. И вот теперь инвестор решил дополнить инфраструктуру мусорной отрасли региона собственными предприятиями по рециклингу пластика с проектной мощностью переработки до 200 тысяч тонн полимеров в год.

Каждый вновь построенный в Подмоскowie мусоросортировочный комплекс имеет свой небольшой полигон со всеми необходимыми условиями и степенями экологической защиты, куда захоранивают так называемые «хвосты» – остатки мусора, не пригодные к переработке. Предполагается, что эти полигоны будут очищаться после запуска заводов по термической обработке отходов (два из них должны заработать в 2022-м, а еще два – в 2023 году), куда эти «хвосты» будут свозиться на полное уничтожение. Предполагается, что в общей массе коммунальных отходов, производимых жителями области, вообще не останется никакого пластика – его львиная доля пойдет на переработку, а часть, исчерпавшая свой перерабатываемый запас, будет утилизирована через сжигание.

Хочу ещё раз подчеркнуть, что строительство мусоросжигательных заводов достаточно распространено во всем мире, имеет преимущества, связанные с выгодностью для экономики данного бизнеса. Возникает резонный вопрос: почему же в нашей стране на реализацию пилотных проектов строительства МСЗ не нашлось частных инвесторов и этим вынуждена заниматься государственная корпорация? Обратимся к расчётам.

Финансово-экономическая оценка строительства мусоросжигательного завода

Мною была проведена оценка финансово-экономических последствий для населения, потенциального инвестора и/или муниципальных бюджетов при переходе на переработку ТКО путем их сжигания на построенном мусоросжигательном заводе. В качестве объекта для расчетов мною выбран мусоросжигательный завод со следующими параметрами:

1. Мощность переработки ТКО – 700 тыс. т ТКО в год.

¹⁵ <https://rg.ru/2020/10/26/reg-cfo/investory-postroi-at-v-podmoskove-zavody-po-pererabotke-plastika.html>.

2. МСЗ включает в себя теплоэлектростанцию, работающую за счет энергии от сжигания ТКО с электрической мощностью 70 МВт.
3. Стоимость строительства такого МСЗ по различным оценкам около 35 миллиардов рублей.¹⁶
4. Дополнительно предусматриваются расходы в размере 10 % от стоимости строительства для подключения к электрическим сетям.
5. Средняя стоимость вывоза ТКО у региональных операторов Подмосковья – 700 руб. за м³ (без НДС) [17], т. е. около 3,5 тыс. руб. за тонну. В расчетах используется допущение, что МСЗ принимает на утилизацию ТКО по 3 тыс. руб. за тонну.
6. Несмотря на то, что декларируется 100 % сжигание мусора, не все заводы могут это обеспечить, поэтому принято, что остаются шлаки после сжигания ТКО в объеме 20 % от входящего мусора. В расчетах принимается, что шлаки будут захораниваться с затратами 0,5 тыс. руб. за тонну.
7. Сервисное обслуживание составляет 2,5 % от стоимости завода в год. Стоимость реагентов на дымоочистку принимается в размере 30 % от стоимости годового сервисного обслуживания.
8. Расходы производимой электро- и тепло- энергии на собственные нужды при производственной деятельности завода принимаются в размере 5 % от общей выработки. Потребность предприятия в приобретении газа (для розжига мусора), водопотребление и водоотведение холодной воды при производственной деятельности незначительны и принимаются в размере 10 млн руб. в год.
9. Количество работников на предприятии 50 человек. Средняя заработная плата 50 тыс. руб. в месяц.
10. Расходы на страхование имущества – 0,3 % от остаточной стоимости. Ставка налога на имущество по кадастровой стоимости – 2,2 %. Годовая амортизация – 6,7 % (1/15).
11. Технические характеристики производства: при сжигании 1 т мусора вырабатывается 500 кВт*ч электрической энергии и 1,5 Гкал тепловой энергии.
12. Финансирование строительства за счет средств стороннего инвестора под гарантии возврата средств в течение 15 лет с доходностью 12 % годовых.

Естественно, что первым шагом инвестора будет определение основных параметров проекта: соотношение собственного и заемного капитала для финансирования, источники доходов, основные направления расходов, гарантированный доход, потенциальная прибыль и т. п. Для определенности предлагается следующий вариант финансирования строительства и дальнейшей эксплуатации объекта:

1. Инвестор кроме собственных средств (20 %) привлекает заемные (80 %) в виде банковского кредита со сроком погашения 15 лет с момента ввода МСЗ в эксплуатацию. Процентная ставка по кредиту – 12 %.
2. Инвестору должен быть обеспечен возврат инвестиционного капитала в течение 15 лет с доходностью 12 % годовых. Платежи являются аннуитетными, т. е. ежегодно равными суммами.

¹⁶ <https://wteinternational.com/cost-of-incineration-plant/>

3. Расходная часть проекта состоит из текущих затрат предприятия (персонал, сервисное обслуживание, налоги, страхование и т. п.), включая утилизацию несгоревшей части ТКО.
4. Доход по проекту складывается из получения платы за утилизацию ТКО, а также продажу электро- и, в случае наличия потребителя, тепло- энергии по текущим оптовым ценам.
5. В случае если выручка от текущей деятельности МСЗ не обеспечивает требуемую доходность для инвестора, бюджет за счет субсидий «доплачивает» инвестору до согласованного уровня дохода.
6. Строительство МСЗ завершается через два года.

На основании вышеприведенных исходных данных и основных параметров финансирования строительства и эксплуатации МСЗ была построена финансово-экономическая модель проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Ключевые итоговые результаты расчетов
из финансово-экономической модели строительства МСЗ**

Доходность инвестора и субсидирование, млн руб.										
Год	Всего	2020	2021	2022	2023	2024		2033	2034	2035
Инвестированный капитал					38 500					
Аннуитетный платеж	77 694				5 180	5 180		5 180	5 180	5 180
Налог на прибыль при аннуитете					0	0		707	707	707
Операционные затраты (без амортизации)					2 044	2 066		2 283	2 303	2 325
НВВ (необходимая валовая выручка) инвестора					7 223	7 246	⋮	8 169	8 190	8 211
Реальная выручка без субсидий					3 364	3 476		4 436	4 511	4 588
Необходимые субсидии	55 077				3 860	3 770		3 734	3 679	3 623
Субсидия в пересчете на стоимость утилизации ТКО, руб./т					5 514	5 386		5 334	5 256	5 176
ЕБИТДА проекта					1 320	1 409		2 153	2 208	2 263

Анализ результатов расчётов

Прежде всего, следует отметить, что по результатам расчётов ЕБИТДА положительная, т. е. операционная деятельность завода без учета расходов на обслуживание и погашение привлеченного инвестиционного капитала является прибыльной. Однако, без привлечения значительных средств для строительства и ввода в эксплуатацию реализация проекта невозможна, поэтому в расчетах учтена необходимость возврата затрат на строительство.

При существующих уровнях цен на тепло- и электроэнергию, и на утилизацию мусора, даже с учетом их многократного повышения в 2019 году, строительство нового мусоросжигательного завода с экономической точки зрения не эффективно. Без значительных субсидий подобный проект не окупится. Фактически в качестве субсидий бюджет за первые 15 лет эксплуатации должен выплатить инвестору больше, чем стоимость самого завода. Для повышения рентабельности проекта необходимо уменьшить расходы по проекту и/или повысить доходную часть. Поскольку найти способы снижения операционных расходов при текущей деятельности МСЗ без риска использования менее качественных материалов при строительстве и эксплуатации завода не представляется возможным, основным направлением снижения расходной части является изыскание возможности по самостоятельному финансированию бюджетом данного проекта, в том числе без привлечения заёмного капитала.

Это бы позволило более чем в два раза уменьшить общую сумму инвестиционных расходов. Однако, средства в размере около 40 млрд рублей необходимо обеспечить в течение двух-трех лет на первом этапе строительства. Повышение доходной части проекта возможно путем увеличения выручки от реализации за счет роста тарифов. Расчеты показывают, что для обеспечения безубыточности проекта необходимо увеличить тарифы по каждому источнику дохода (прием ТКО, продажа электроэнергии, продажа теплоэнергии) от 3 до 7 раз. В текущей ситуации столь резкий скачок тарифов в нашей стране чреват огромными негативными последствиями. При этом в развитых странах строительство МСЗ реализуется за счет высокой платы для населения за утилизацию мусора. Например, в США в среднем плата составляет с домовладения 250 долларов в год, в европейских странах в среднем – 300 евро в год, в Канаде – около 100 долларов США [2]. Кроме того, надо иметь в виду, что речь идет только о бытовом, мелком мусоре. Вывоз крупногабаритного мусора оплачивается отдельно, а штраф за оставленный у бака старый шкаф или холодильник может составить несколько тысяч евро.

Обсуждение

Для наиболее полного использования потенциала необходимо преодолеть существующие барьеры, например, ценовую конкуренцию со стороны альтернативных нетронутых ресурсов, инфраструктурные возможности и сложность некоторых отходов, в том числе и пластика. Наиболее сильным препятствием для увеличения рециркуляции этих потоков отходов является низкая рыночная цена природных ресурсов / первичного сырья. Далее идет смешанный и сложный состав некоторых отходов, что затрудняет извлечение и повторное использование материалов из отходов [18]. Правила, требующие более частого и более качественного раздельного сбора отходов, расширенные схемы ответственности производителей и расширение практики сортировки отходов помогут эффективно использовать потенциал для дальнейшего увеличения рециркуляции. Такие инициативы должны сопровождаться мерами по повышению экономической эффективности рециркуляции, удалению опасных веществ из продуктов и применению концептуальных моделей проектирования технологий для производства нового продукта.

Технические, экономические и социальные проблемы часто препятствуют достижению более высоких уровней переработки отходов, выходящих за рамки установленных целевых показателей [10; 11; 15; 16]:

- наличие технически не перерабатываемых материалов и продуктов в потоках отходов;
- увеличение стоимости раздельного сбора по мере сбора большего количества материалов;
- не готовность потребителей разделять выбрасываемые отходы по увеличивающемуся количеству категорий отходов в сложных продуктах.

По всей вероятности, это приведет к увеличению объемов сжигания и захоронения отходов в краткосрочной перспективе из-за отсутствия в настоящее время возможностей для увеличения объема рециркуляции и повторного использования.

Выводы

Государство обязано изыскать ресурсы для финансирования строительства современных мусороутилизирующих комплексов: мусоро-сортирующих, мусоро-перерабатывающих, мусоро-сжигающих объектов или использовать их сочетание.

Мусоросжигательные заводы могут занять значительную долю столь необходимого процесса по сокращению открытых полигонов ТКО. Необходимо не только разработать комплексную программу по управлению отходами, но и жестко контролировать ее исполнение, чтобы смогли в ускоренном порядке пройти путь, по которому двигались другие страны. Для этого необходимо постоянно анализировать передовой международный опыт в этой области, что позволит избежать многих ошибок и значительно сократит время и затраты для достижения заданных целей. Должна быть четкая стратегия, на основании которой борьба с мусором начнется не только с воспитания конечного потребителя – населения, но и с производителей, чтобы они уже на этапе проектирования своей продукции разрабатывали концепцию ее утилизации по окончании эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rob Williams, Irati Artola, Andreea Beznea, Graeme Nicholls, «Emerging Challenges of Waste Management in Europe», Rotterdam, 6th March 2020.
2. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №1, <https://resources.today/PDF/05ECOR120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/05ECOR120.
3. Фаюстов А.А. Возрастание актуальности утилизации электронных отходов в эпоху глобальной цифровой экономики / А.А. Фаюстов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 50 (288). – С. 237–243. – URL: <https://moluch.ru/archive/288/65076/>.
4. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов / Е.В. Потапова // Известия Байкальского государственного университета. – 2018. – Т. 28, №4 – С. 535–544 – DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(4).535-544.
5. Ершова Мария Скажи "НЕТ" пластику. 101 способ использовать меньше пластика и спасти мир. Издательство: Бомбора, 2019. – 128 с.
6. Полтораднева Н.Л., Латыпова М.В. Особенности финансирования системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы // Научный журнал Финансы и кредит, 2018.
7. Владимиров Д.Г., Воротников А.М., Ипатова Н.С., Тарасов Б.А. Управление отходами «Умного города» с помощью технологических интеллектуальных систем // Журнал: Журнал исследований по управлению, Том 4 № 9, 2018.
8. Аракелова Г.А. Исследование проблем, влияющих на темпы реализации «мусорной реформы» в Российской Федерации Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling 2019, №1, Том 6 2019, No 1, Vol 6 ISSN 2500-0659 <https://resources.today>.
9. Латыпова М.В. Анализ развития системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы с учетом европейского опыта // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 4. – С. 741 – 758. <https://doi.Org/10.24891/ni.14.4.741>
10. Мамин Р.Г. Инновационные механизмы управления отходами / Р.Г. Мамин. – М.: МГСУ, 2018. – 530 с.

11. Серeda Т.Г., Костарев С.Н. Системный подход к проектированию и строительству инженерных сооружений полигонов твердых отходов. Издательство: Инфра-Инженерия 2019. – 324 с.
12. Другов Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: моногр. – М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2019. – 472 с.
13. Левин Е.А. Комплексная переработка твердых бытовых отходов – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 512 с.
14. Пономарев М.В. Комментарий к Федеральному закону "Об отходах производства и потребления": моногр. / М.В. Пономарев, Н.В. Кичигин, Н.А. Енисейская. – М.: Деловой двор, 2019. – 232 с.
15. Фаюстов А.А. Утилизация промышленных отходов и ресурсосбережение. Основы, концепции, методы. Издательство: Инфра-Инженерия, 2019 г. – 272 с.
16. Соколов Л.И., Фламме Сабине, Кубардина С.М. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов. Монография. 2019 <https://www.labyrinth.ru/books/569040/>.
17. <http://kts.mosreg.ru/> Комитет по ценам и тарифам Московской области.
18. Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Международная научно-техническая конференция, 19–21 октября 2016 г.: материалы конференции / [редкол.: И.В. Войтов (гл. ред.), О.Б. Дормешкин, В.Н. Марцуль]. – Минск: БГТУ, 2016. – 322 с.

Shilkina Svetlana Vyacheslavovna

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia
E-mail: Shilkina@bk.ru

Choosing a solid municipal waste management strategy to address the challenges of recycling

Abstract. Global environmental problems all over the world are extremely acute, they are associated with the constantly growing man-made impact of man on the environment. Extraction and processing of resources affect production processes, the natural environment, and public health. This is especially true of waste generated in the production and consumption process, which cannot be used for further use due to technical or economic reasons. Despite the fact that municipal solid waste (MSW) constitutes less than 1 % of the total amount of industrial and domestic waste generated, it is the most annoying factor for the population, especially in large cities and adjacent areas. The basis of the strategy is the separate collection of waste by the population, the “sorting depth” depends on the current policy in this area: from 4–5 types of MSW in a number of European countries, to 40 in some regions of Japan. The subject of the research is the solid waste management system. The purpose of the article is to study the waste management system in the world and in Russia, analyze the current situation and choose a management strategy to solve the problem of waste disposal. Research methodology: financial and economic analysis. The article presents analytical data on the formation and disposal of electronic and plastic MSW, which have a clear tendency to significant growth, leading to an increase in incineration and disposal. Global problems are also relevant for Russia, where the level of MSW processing is not high and so far there are about ten incineration plants (WIPs) with low productivity. For comparison, the number of incinerators: in Switzerland – 29, in Japan – 1900, in Sweden – 21, in Denmark – 32, the total number of inhabitants in these countries is less than the population of Russia. New factories are expensive both during construction and operation. The article provides an assessment of the economic consequences of switching to MSW processing by incineration at an incineration plant, provides a financial and economic model of the project. Analysis of foreign experience made it possible to understand the causes of the problems and develop recommendations. This article is part of the author's research in the field of choosing optimal strategies for managing the disposal of solid municipal waste, based on the collected material, it is planned to publish a monograph.

Keywords: solid municipal waste disposal; quality of life and public health; environmental safety; composition of municipal waste; electronic waste; plastic waste; housing and communal complex; Economics and management; waste management strategies; project; financial and economic model; environmental policy