

**И.А. СОЛОМИН**

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

**ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ**

*В РФ за последние 16 лет наблюдается почти 2-х кратное увеличение объёма образования твердых коммунальных отходов (ТКО) от 151,5 млн м<sup>3</sup> в 2000 г. до 268,8 млн м<sup>3</sup> в 2016 г. Объём же переработки ТКО составляет весьма незначительную часть от общего объёма образования, и 93% отходов вывозится на свалки и полигоны, что, естественно, сопровождается как экологическим ухудшением окружающей среды, так и существенными экономическими потерями от упущенных возможностей переработки вторичных материальных ресурсов, извлекаемых из отходов. Исправить такое положение в области обращения с муниципальными отходами позволяет рациональная система по их управлению, которая является важным звеном городского хозяйства. В эту сферу управления входят решения экологических, социальных, технических и экономических задач по сбору, накоплению и утилизации отходов. В последние годы в большинстве развитых стран, особое внимание уделяется утилизации органической фракции городских отходов. Пищевые отходы составляют значительную долю органического материала (около 40%), содержащегося в муниципальных отходах. Они образуются за счет жилого и других секторов обслуживания населения. При промышленной утилизации пищевых и городских древесно-растительных отходов широко применяется сочетание трех основных технологий: компостирование в буртах (пассивное или активное), компостирование в закрытых реакторах и анаэробная переработка. При разработке системы управления муниципальными органическими отходами из множества сочетаемых технических методов в статье рассматриваются пять основных вариантов сочетания технологий утилизации, наиболее отвечающим экологическим и экономическим требованиям для городских условий. Рассматриваемые варианты варьируют от наиболее простейшей формы компостирования древесно-растительных отходов до интегрированной системы утилизации органических отходов, предназначенной для крупных мегаполисов, учитывающей экологические требования, в том числе и требования по сокращению выброса парниковых газов.*

*Муниципальные отходы, твердые коммунальные отходы, вторичные материальные ресурсы, древесно-растительные отходы, утилизация, компостирование, ферментация.*

**Введение.** По прогнозным оценкам население мира к 2050 году увеличится с нынешнего числа 6 миллиардов до 9 миллиардов, что повлечет за собой и резкое увеличение объемов образования отходов городского хозяйства [1]. Развитие социальной и производственной деятельности населения также способствует неуклонному количественному их росту, что подтверждается и прогнозными оценками [2]. И если в настоящее время ежегодный объем образования твердых коммунальных отходов (ТКО) составляет 1,3 млрд тонн, то к 2025 году ожидается его рост до 2,2 млрд тонн, что будет сопровождаться и значительным увеличением нормы образования отходов с 1,2 до 1,42 кг на человека в день.

В РФ за последние 16 лет также наблюдается почти 2-х кратное увеличение объёма образования ТКО от 151,5 млн м<sup>3</sup> в 2000 г.

до 268,8 млн м<sup>3</sup> в 2016 г. [3]. Объём же переработки ТКО составляет весьма незначительную часть от общего объёма образования, и 93% отходов вывозится на свалки и полигоны, что, естественно, сопровождается как экологическим ухудшением окружающей среды, так и существенными экономическими потерями от упущенных возможностей переработки вторичных материальных ресурсов, извлекаемых из отходов. Исправить такое положение в области обращения с муниципальными отходами позволяет рациональная система по их управлению, которая является важным звеном городского хозяйства. В эту сферу управления входят решения экологических, социальных, технических и экономических задач по сбору, накоплению и утилизации отходов.

**Материал и методы.** В последние годы в большинстве развитых стран особое

внимание уделяется утилизации органической фракции городских отходов. Пищевые отходы составляют значительную долю органического материала (около 40%), содержащегося в муниципальных отходах. Они образуются за счет жилого и других секторов (объекты общепита, торговли, больницы, учебные и дошкольные заведения и т.п.).

При промышленной утилизации пищевых и городских древесно-растительных отходов (ДРО) широко применяется сочетание трех основных технологий: компостирование в буртах (пассивное или активное), компостирование в закрытых реакторах и анаэробная переработка [4]. Определяющими факторами при выборе методов сбора, подготовки и технологии утилизации органических отходов в разрабатываемой системе их управления являются такие факторы, как целевые показатели по объемам биоразлагаемой органики в общем объеме муниципальных отходов, необходимый уровень доступности рассматриваемых методов для участников системы, места расположения и размеры необходимых земельных участков для обработки сбора и обработки, и утилизации отходов, экологические и экономические показатели. Анализ этих факторов помогает определить, какие технологии наиболее приемлемы (система компостирования, система анаэробного сбраживания или их комбинация), при этом также оценивается возможная степень влияния

рассматриваемых технологий на существующие системы обращения с отходами на местном и региональных уровнях. После выбора методов и технологий сбора, обработки и утилизации отходов рассматриваются вопросы их интеграции в существующую систему обращения с отходами, в частности, вопросы менеджмента (кадровое обеспечение и возможности перераспределения персонала), экономики (капитальные, эксплуатационные и приведенные расходы с учетом реализации полученной продукции), источники финансирования.

**Результаты и обсуждение.** При разработке системы управления муниципальными органическими отходами из множества сочетаемых технических методов (сбор, обработка и утилизация) рассмотрим пять основных вариантов сочетания технологий утилизации, наиболее отвечающих экологическим и экономическим требованиям для городских условий [5]. Рассматриваемые варианты варьируют от наиболее простейшей формы компостирования древесно-растительных отходов до интегрированной системы утилизации органических отходов, предназначенной для крупных мегаполисов, учитывающей экологические требования, в том числе и требования по сокращению выбросов парниковых газов. В таблице 1 представлены основные технические параметры рассматриваемых технологических схем.

Таблица 1

**Характеристика технологий по комбинированной утилизации органических муниципальных отходов**

Вариант схемы	Сырье		Технология утилизации		Получаемый продукт
	ДРО	Пищевые отходы	Аэробная	Анаэробная	
1	+	-	Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации	Нет переработки	Компост
2	+	+	Совместное компостирование ДРО и пищевых отходов с использованием технологий активной аэрации: аэрируемые ряды с синтетическим накрытием в закрытых реакторах -биобарабанах	Нет переработки	Компост
3	+	+	Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и отдельное компостирование пищевых отходов в закрытых реакторах -биобарабанах	Нет переработки	Компост
4	+	+	Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации	Утилизация пищевых отходов с применением анаэробной технологии	Компост и энергия
5	+	+	Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации	Утилизация пищевых отходов совместно с осадком сточных вод на городских очистных сооружениях с применением анаэробной технологии	Компост и энергия

**Вариант 1:** Сбор и компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации.

Вариантом предусмотрена утилизация ДРО, образованных при плановом уходе за «зеленым» хозяйством населенного пункта (низкий уровень утилизации) [6]. Величина объемов образования варьирует в зависимости от сезонов года. Этот вариант не охватывает пищевые отходы. Оптимальными населенными объектами для внедрения варианта 1 являются небольшие населенные пункты с ограниченным бюджетом и наиболее охваченные обслуживанием муниципальных систем сбора отходов.

**Вариант 2:** Совместное компостирование ДРО и пищевых отходов в закрытых реакторах – биобарабанах.

Следующим логическим шагом в усовершенствовании в системе утилизации является добавление в процесс утилизации пищевых отходов, образующихся в жилых помещениях и в системе городской инфраструктуры [7]. Пищевые и ДРО собираются совместно и доставляются на объекты утилизации, где они подвергаются совместному компостированию с использованием активных аэробных технологий.

**Вариант 3:** Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и отдельное компостирование пищевых отходов в закрытых реакторах – биобарабанах.

В этой схеме применяются отдельные системы сбора пищевых и ДРО, что сказывается на увеличении общих затрат на сбор. Однако отдельный сбор этих видов отходов снижает затраты на их утилизацию.

Пищевые отходы образуются круглогодично с довольно постоянным объемом. Система их сбора и утилизации функционирует бесперебойно в течение всего года и с максимальной производительностью. Состав и объем образования ДРО зависят от сезонности. При их сборе совместно с пищевыми отходами состав и объемы утилизируемого материала будут резко изменяться в течение года, что приведет к неполной загрузке производства в течение нескольких месяцев в году, а также увеличит эксплуатационные расходы. Технологии по компостированию ДРО просты в эксплуатации и нашли широкое применение в производстве. Применение

этих технологий подразумевают относительно низкие капитальные и эксплуатационные расходы, что обуславливает принятие решения по разделению потоков этих материалов. Выделенный объем только пищевых отходов может быть утилизирован на более компактном и менее дорогостоящем оборудовании в течение всего года.

**Вариант 4:** Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и утилизация пищевых отходов с применением анаэробной технологии.

В этом варианте сочетания технологий основной акцент делается на выработке энергии и сокращении выбросов парниковых газов. Пищевые отходы, которые наиболее пригодны для утилизации с применением анаэробных технологий, собираются отдельно, как и в варианте 3, но вместо активного аэробного компостирования их утилизируют с применением анаэробных технологий и получением биогаза, используемого для замещения исходного топлива. Углеродный осадок из анаэробной системы необходимо подвергнуть последующему компостированию с целью дальнейшего применения в качестве удобрения. ДРО утилизируются отдельно.

**Вариант 5:** Компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и утилизация пищевых отходов совместно с осадком сточных вод на городских очистных сооружениях с применением анаэробной технологии.

При этом варианте используются технологические и технические возможности существующей инфраструктуры анаэробного компостирования городской станции очистки сточных вод, которая обычно используется для утилизации осадка сточных вод и производства биогаза. При утилизации пищевых отходов в существующих установках потребуются незначительные изменения с минимальными капитальными затратами. При отсутствии потребности в строительстве отдельного производства этот вариант становится экономически наиболее выгодным. В этой варианте ДРО будут собираться и утилизироваться отдельно от пищевых.

Основные характеристики и условия, регламентирующие применение рассмотренных вариантов управления муниципальными органическими отходами, приведены в таблице 2.

**Основные характеристики и условия, регламентирующие применение вариантов управления муниципальными органическими отходами**

№ варианта	Комбинация технологий	Количество отходов т/год	Уровень утилизации отходов	Уровень удобства для участников	Уровень качества компоста	Уровень реализации компоста	Уровень энергетический потенциал	Уровень сокращения выбросов парниковых газов	Уровень приведенных затрат
1	Сбор и компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации	от 500 до 30000	низкий	от низкого до среднего	высокий	высокий	-	низкий	низкий
2	Сбор и совместное компостирование ДРО и пищевых отходов в закрытых реакторах – биобарабанах	от 1000 до 150000	высокий	высокий	высокий	средний	-	от среднего до высокого	средний
3	Сбор и компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и отдельное компостирование пищевых отходов в закрытых реакторах – биобарабанах	от 5000 до 150000	высокий	средний	высокий	от среднего до высокого	-	от среднего до высокого	средний
4	Сбор и компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и утилизация пищевых отходов с применением анаэробной технологии	от 20000 до 150000 +	высокий	средний	высокий	от среднего до высокого	от среднего до высокого	высокий	высокий
5	Сбор и компостирование ДРО в буртах без принудительной аэрации и утилизация пищевых отходов совместно с осадком сточных вод на городских очистных сооружениях с применением анаэробной технологии	от 20000 до 150000 +	высокий	средний	от среднего до высокого	от среднего до высокого	от среднего до высокого	высокий	от среднего до высокого

**Выводы**

Приведённые варианты сбора и утилизации муниципальных органических отходов наиболее востребованы, но их внедрение в общую городскую систему управления отходами предусматривает определенные условия.

Выбор оптимального варианта в большой степени будет зависеть от конкретных социальных, климатических, экономических условий региона сложившейся существующей инфраструктуры управления отходами (парк транспортных средств, типы мусоросборников и т.п.) и поэтому приведенные варианты управления отходами на начальных этапах следует рассматривать на качественной основе. Существует множество методов для проведения данной оценки. Наиболее простым методом является метод трехуровневых рейтинговых систем (высокого, среднего и низкого уровня). При выборе оптимального варианта

утилизации органических отходов необходимо рассмотреть и проанализировать критерии, приведенные в таблице 2.

На последующих этапах при принятии окончательного решения о внедрения того или иного варианта необходимо провести количественный анализ представленных вариантов с использованием интегрального показателя, отражающего экономические, экологические, климатические и социальные критерии [8, 9].

Все рассматриваемые варианты нашли широкое применение в индустриально развитых странах в зависимости от региональных условий. Во всех схемах (кроме 1-го варианта) присутствует начальный этап выделения пищевых отходов от их основной части ТКО с последующей утилизацией на промышленных объектах. Оставшаяся часть отходов поступает на участки сортировки и подготовки вторичных материалов к реализации на рынке отходов.

К сожалению, в сложившихся условиях обращения с отходами в РФ, внедрение рассмотренных схем требует изменений в законодательной и нормативной базах на региональных уровнях.

В соответствии с новой редакцией Федерального закона от 24.06.1998 N89-ФЗ [10] и «Правилами обращения с твердыми коммунальными отходами» [11] потребители обязаны осуществлять разделение твердых коммунальных отходов по видам отходов и складирование сортированных твердых коммунальных отходов в отдельных контейнерах для соответствующих видов твердых коммунальных отходов. Если эти нововведения, которые пока еще прописаны только на бумаге, воплотятся в реальность, то с 2019 года в ряде областей России заработает система раздельного сбора мусора. И в первую очередь она должна будет предусмотреть совершенно новый подход к утилизации органических муниципальных отходов.

#### Библиографический список

1. <http://ec.europa.eu/eurostat/about/policies/copyright>
2. [https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf).
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 760 с.
4. <https://organicycle.wordpress.com/2016/01/19>
5. Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/municipal-solid-environment/organics-processing-technical-document-summary.html>
6. Соломин И.А., Соломина О.И. Использование древесно-растительных отходов в городском хозяйстве. / Проблемы

содержания зеленых насаждений в условиях Москвы: альманах «Экология большого города». Вып. № 6. – М.: Прима-М, 2002. – С. 170-175.

7. Соломин И.А., Соломина О.И., Брылев С.Н. Нормы и объемы накопления отходов от коммерческих предприятий и организаций г. Москвы. / Проблемы управления качеством окружающей среды: сб. докладов VIII международной конференции. – М.: Прима-Пресс, 2003. – С. 91-98.

8. Соломин И.А. Разработка городской системы управления твердыми коммунальными отходами с учетом региональных условий: учебно-метод. пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 84 с.

9. Соломин И.А. Управление отходами производства и потребления. Учебно-метод. пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 114 с.

10. Федеральный закон от 24.06.1998 N89-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об отходах производства и потребления» <http://legalacts.ru/doc/FZ-ob-othodah-proizvodstva-i-potreblenija/>

11. Постановление Правительства РФ от 12.11.2016 N1156 (ред. от 15.09.2018) «Об обращении с твердыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. N641» (вместе с «Правилами обращения с твердыми коммунальными отходами»). <https://sled35.ru/docs/doc/1156.pdf>

Материал поступил в редакцию 24.12.2018 г.

#### Сведения об авторе

**Соломин Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры организации и технологии строительства объектов природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; e-mail: [garik13solomin@yandex.ru](mailto:garik13solomin@yandex.ru)

#### I.A. SOLOMIN

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

## ORGANIZATION OF THE MANAGEMENT SYSTEM OF MUNICIPAL ORGANIC WASTE

*Russia for the past 16 years there has been an almost double increase in the volume of solid municipal waste (MSW) formation from 151.5 million m<sup>3</sup> in 2000 to 268.8 million m<sup>3</sup> in 2016. The volume of MSW processing is a very small part of the total formed volume and 93% of the waste is taken to dumps and landfills which is naturally accompanied*

by both environmental worsening and significant economic losses from the lost opportunities of treatment of secondary material resources recovered from the waste. The rational system of the management of municipal waste which is an important part of the urban economy allows improving this situation. This sphere of management includes solutions of environmental, social, technical and economic tasks related to collection, accumulation and utilization of waste. In recent years, in most developed countries special attention has been paid to the utilization of the organic fraction of urban waste. Food waste is a significant portion of the organic material (about 40%) contained in household waste. They are formed due to residential and other sectors of public services. In industrial utilization of food and urban wood and plant waste a combination of three main technologies is widely used: composting in clamps (passive or active), composting in closed reactors and anaerobic treatment. When developing a system of municipal organic waste management from a variety of combined technical methods the article considers five main variants of combination of utilization technologies that best meet environmental and economic requirements for urban conditions. The considered variants vary from the simplest form of composting of wood and plant waste to the integrated system of organic waste utilization purposed for large Megalopolises taking into account environmental requirements including the requirements for reducing greenhouse gas emissions.

*Municipal waste, solid municipal waste, secondary material resources, wood and plant waste, utilization, composting, fermentation.*

### References

1. <http://ec.europa.eu/eurostat/about/policies/copyright>
2. [https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf).
3. Gosudarstvenny doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federatsii v 2016 godu». – M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda. – 2017. – 760 s.
4. <https://organicycle.wordpress.com/2016/01/19>
5. Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/municipal-solid/environment/organics-processing-technical-document-summary.html>
6. **Solomin I.A., Solomin O.I.** Ispolzovanie drevesno-rastitel'nyh othodov v gorodskom hozyajstve. / Problemy sodержaniya zelenyh nasazhdenij v usloviyah Moskvy: almanah «Ekologiya bolshogo goroda». Vyp. № 6. – M.: Prima-M, 2002. – S. 170-175.
7. **Solomin I.A., Solomina O.I., Brylev S.N.** Normy i objemy nakopleniya othodov ot kommercheskih predpriyatij i organizatsij g. Moskvy. / Problemy upravleniya kachestvom okruzhayushchej sredy: sb. Dokladov VIII mezgdunarodnoj konferentsii. – M.: Prima-Press, 2003. – S. 91-98.
8. **Solomin I.A.** Razrabotka gorodskoj sistemy upravleniya tverdymi kommunalnymi othodami s uchetom regionalnyh uslovij: uchebno-metod. posobie. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2016. – 84 s.
9. **Solomin I.A.** Upravlenie othodami proizvodstva i potrebleniya». Uchebno-metod. posobie. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2017. – 114 s.
10. Federalny zakon ot 24.06.1998 N89-FZ (red. ot 29.07.2018) «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya» <http://legalacts.ru/doc/FZ-ob-othodah-proizvodstva-i-potrebleniya/>
11. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 12.11.2016 N1156 (red. ot 15.09.2018) «Ob obrashchenii s tverdymi kommunalnymi othodami i vnesenii izmeneniya v postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federatsii ot 25 avgusta 2008 g. N641» (vmeste s «Pravilami obrashcheniya s tverdymi kommunalnymi othodami». <https://sled35.ru/docs/doc/1156.pdf>

The material was received at the editorial office  
24.12.2018 g.

### Information about the author

**Solomin Igor Aleksandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of organization and technology of building objects of environmental engineering., FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 125550, Moscow, B. Academicheskaya, 44; e-mail: garik13solomin@yandex.ru