

УДК 502/504:628.04.08

**И.А. СОЛОМИН, В.И. АФАНАСЬЕВА**

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

**СОСТАВ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ**

*Информация и данные о составе и свойствах твердых коммунальных отходов (ТКО) имеют важное значение при выборе метода сбора, транспортирования, эксплуатации оборудования и сооружений, при оценке целесообразности получения ресурсов и энергии из отходов при проектировании. Выбору технологии обращения с ТКО должно предшествовать исследование морфологического состава отходов, которое позволяет определить целесообразность применения того или иного метода утилизации и оценить процент извлечения вторичного сырья. Современные концепции обращения с отходами, как правило, базируются на максимальном использовании ресурсного потенциала компонентов, входящих в состав ТКО.*

*Объективным пределом эффективности отдельного сбора отходов, характеризуемой процентом отбора вторичного сырья, является фактическое содержание полезных компонентов в отходах. По удельной теплоте сгорания ТКО можно судить о целесообразности переработки их сжиганием. При выборе метода переработки ТКО методом аэробного компостирования необходимо предварительно оценить прогнозируемые агрохимические показатели получаемого компоста. Свойства отходов (отношение пропорций количество содержания в отходах разлагаемых и неразлагаемых компонентов, содержание влаги, вид биоразлагаемых компонентов), размещенных на полигоне ТКО, будут влиять на образование биогаза и фильтрата. Состав отходов будет определять как объемы образования биогаза, так и состав его компонентов. При проектировании установок для прессования отходов или послойного их уплотнения на полигонах необходимо знать степень их уплотняемости в зависимости от создаваемого давления. В статье проанализированы состав и свойства ТКО различных стран, также приведены технические методы обращения с отходами с учетом международного опыта.*

*Твердые коммунальные отходы, отдельный сбор отходов, переработка вторичного сырья, термические способы обезвреживания ТКО, методы аэробного компостирования ТКО, полигон ТКО.*

**Введение.** В соответствии с международными нормами иерархия в области экологически безопасного и ресурсосберегающего обращения с отходами устанавливает приоритет того, что в экологическом аспекте рассматривается вариант, наилучший с правовой и политической точек зрения применительно к обращению с отходами на этапах их технологического цикла. Иерархический порядок обращения с отходами строится следующим образом[1]:

- предотвращение образования отходов;
- повторное использование отходов;
- переработка отходов в качестве вторичных материальных ресурсов;
  - компостирование;
  - другие методы утилизации и обезвреживания отходов – например, сжигание в энергетических целях,

- размещение не утилизируемых отходов на полигонах;

- сжигание без получения энергии.

Иерархический порядок ранжирует способы обращения с отходами в соответствии с вариантами их приемлемости для защиты окружающей среды и здоровья людей. Построение систем обращения с отходами не может быть основано на управлении потоком образования отходов только на стадии переработки. Таким образом, система управления отходами в целом движется к более интегрированным подходам решения вопроса.

При разработке технических методов управления отходами все этапы жизненного цикла отходов должны быть увязаны между собой: от методов сбора до методов утилизации. Одной из первоочередных задач становится создание комплексных

систем управления отходами. Основа концепции комплексного управления отходами заключается в том, что отходы состоят из различных компонентов, которые в идеале не должны смешиваться и должны утилизироваться отдельно друг от друга наиболее экономичными и экологическими способами.

Выбор процессов обращения с ТКО в период от его появления и до окончания его существования, включая стадии сбора, сортировки, транспортирования, утилизации, захоронения, во многом зависит от характеристик и свойств ТКО. Так, выбор системы сбора транспортирования ТКО зависит от целого ряда факторов: информации о количестве и составе, сезонной и пиковой неравномерности образования отходов, изменения свойств (периодические) в зависимости от климата, роста или снижения потребления отдельных видов продуктов. Эти данные необходимы не только для централизованного сбора и транспортировки отходов, но и для обеспечения их максимального объема экологически безопасной переработки и обезвреживания, что обеспечивается на начальных стадиях по обращению с отходами: селективный сбор, предварительная подготовка отходов для последующей переработки.

Таким образом, при разработке технических методов в системе управления отходами нужно получить следующие данные, необходимые как в начале организации системы управления отходами, так и для дальнейшей её реализации:

1. Отходы какого вида и в каком количестве будут образовываться.
2. Темп ежегодного изменения объема ТКО.
3. Материалы какого вида и в каком количестве можно будет утилизировать.
4. Какими будут свойства обрабатываемых отходов.
5. Как эти свойства будут меняться во времени.
6. Как эти свойства повлияют на процессы обработки отходов.
7. Какие свойства отходов определяют их экономическую стоимость.

Результаты и обсуждение. Свойства и характеристика ТКО, включая плотность, влагосодержание, воспламеняемость, способность к переработке, и наличие опасных отходов в составе муници-

пальных твердых отходах тесно связаны с городскими особенностями (характеристиками) – такими, как количество, плотность населения и развитие городской инфраструктуры.

Информация о составе ТКО необходима для выбора способа хранения; способа сбора; частоты вывоза; материального и энергетического потенциала отходов для целей переработки, повторного использования и утилизации; выбора метода утилизации

Условия образования отходов определяют количество ТКО, их морфологический состав. Ввиду того, что свойства и характеристики ТКО со временем претерпевают изменения, принятие решений в области систем управления твердыми коммунальными отходами во многом зависит от прогнозируемых объемов образования и состава ТКО.

Одним из наиболее сложно устанавливаемых показателей роста накопления является темп ежегодного изменения объема ТКО. Скорость образования объемов ТКО зависит от увеличения численности населения и его жизненного уровня – нормы накопления ТКО [2] (рис. 1). Нормы накопления ТКО постоянно изменяются, отражая состояние снабжения населения товарами, и в то же время они в значительной мере зависят от местных условий. Для сравнения приведем такие данные: США производит около 770 кг/год на душу населения (самый высокий показатель в мире); Индия, представитель развивающихся стран, – 150-200 кг/год (данные 2003 г.).

До недавнего времени нормы накопления ТКО изменялись в большую сторону, и при расчете объема образования отходов учитывалась тенденция ежегодного роста на 1-3% нормы накопления [3]. Практически во всех странах в период с 1995 по 2003 гг. наблюдался рост образования ТКО как в общих объемах, так и на душу населения (норма накопления).

На рисунке 2 представлена эта тенденция для ЕС 25 с постоянным увеличением (1995-2003 гг.).

В настоящее время ситуация стабилизировалась, и даже наблюдается снижение как объемов образования ТКО, так и норм накопления [4] (рис. 3).

Такую же тенденцию можно наблюдать с ТКО в США [5] (рис. 4).

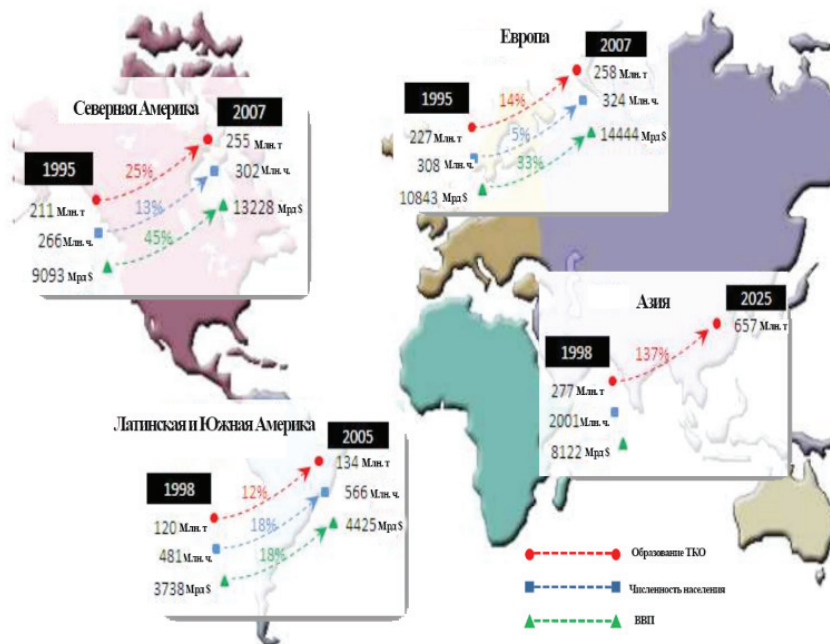


Рис. 1. Корреляция между объемами образования ТКО, численностью населения и внутреннем валовым продуктом (ВВП)

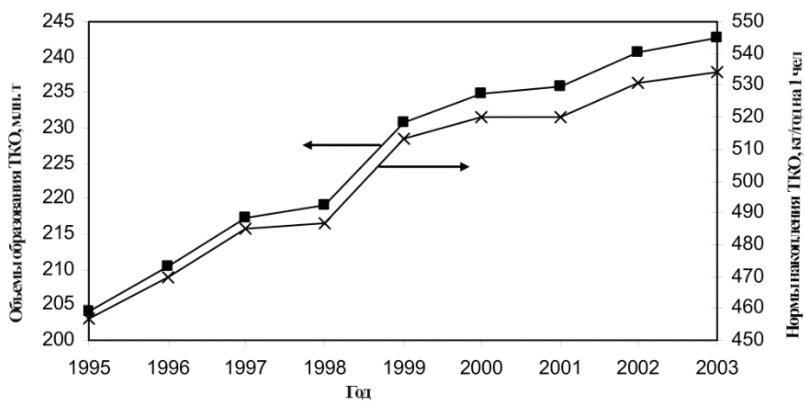


Рис. 2. Образование ТКО в странах ЕС 27 (Источник: Eurostat 2006)

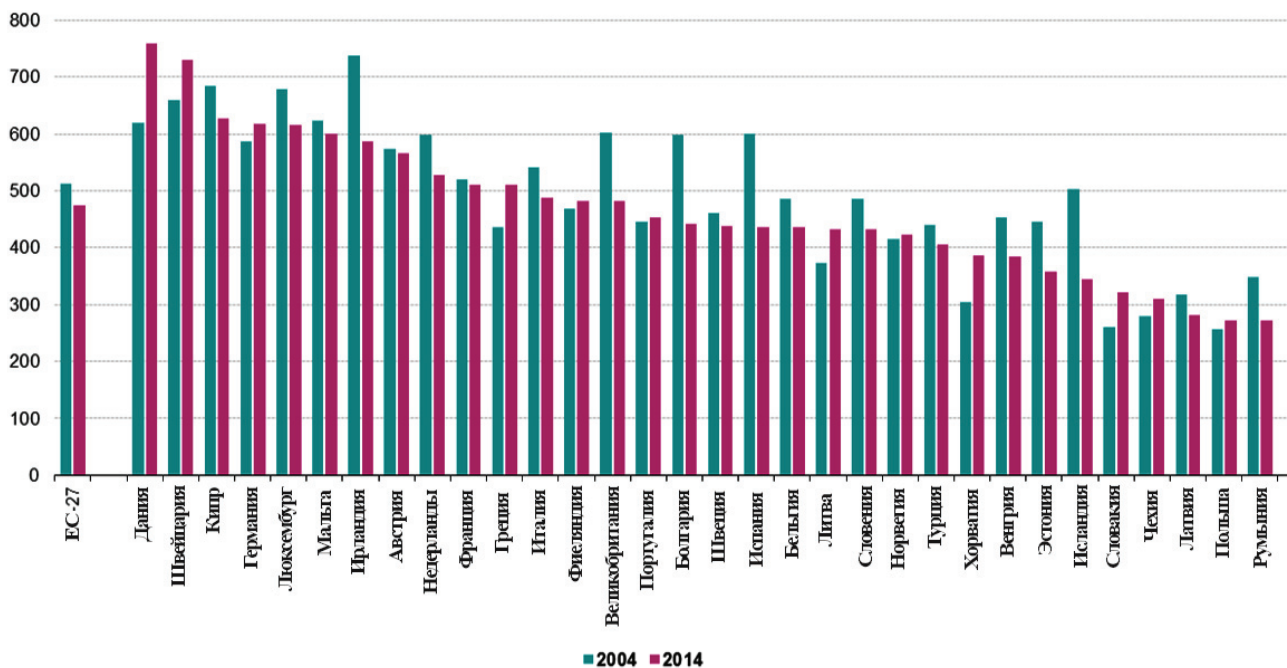


Рис. 3. Нормы накопления ТКО по странам ЕС в 2004 и 2014 гг.

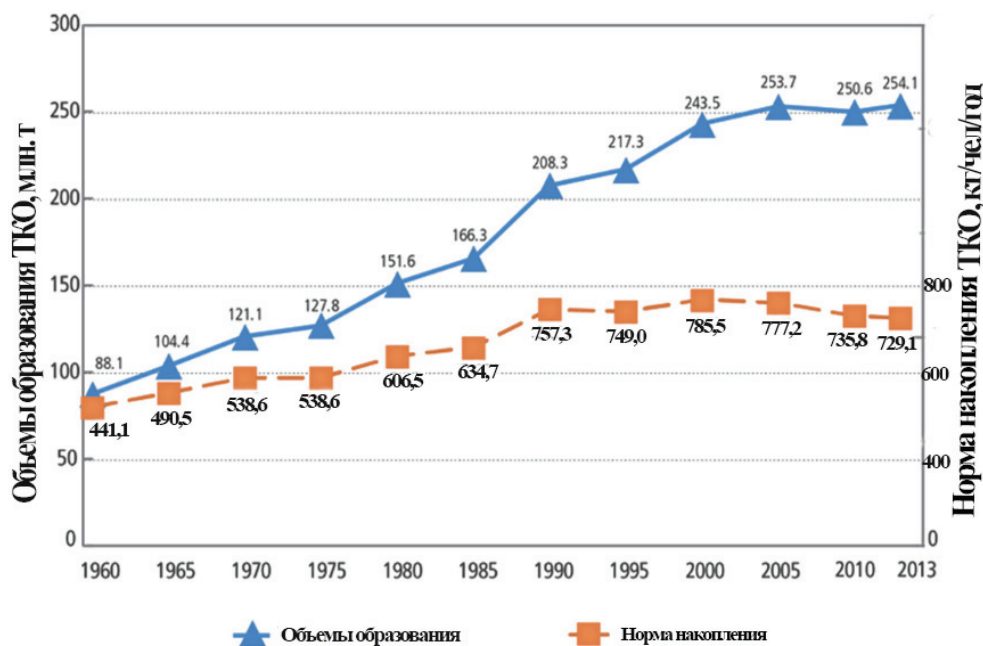


Рис. 4. Образование ТКО в США (1960-2013 гг.)

При исследовании состава и свойств ТКО обследуемого региона определяют их состав, плотность, влажность, зольность, содержание органических веществ и элементный состав, для чего пробы ТКО отбирают непосредственно на полигоне из массы привозимых в день отбора отходов.

Данные о составе ТКО необходимы для выработки стратегии управления коммунальными отходами (организации сбора, идентификации отходов для последующей рециркуляции и исключения опасных отходов, сортировки, транспортировки, предварительной подготовки отходов к утилизации, уменьшения или изоляции определенных фракций). Выбору технологии обращения с ТКО должно предшествовать исследование морфологического состава отходов, которое позволяет определить целесообразность при-

менения того или иного метода утилизации и оценить процент извлечения вторичного сырья. Объективным пределом эффективности отдельного сбора отходов, характеризуемой процентом отбора вторичного сырья, является фактическое содержание полезных компонентов в отходах: даже самая эффективная система отдельного сбора отходов не позволит извлечь вторичного сырья больше, чем его реально образуется [6].

Состав коммунальных отходов может различаться в зависимости от государства или населенного места и экономических аспектов региона (табл. 1). Например, будет отличаться состав отходов в деревне и в городе по потребительскому характеру, по средним доходам населения, в зависимости от того, частный это дом или многоквартирный.

Таблица 1

**Изменение структуры отходов в зависимости от уровня благосостояния населения [7]**

	Страны с низким доходом (< \$876 ВНД/чел.)	Страны со средне-низким доходом (\$876-3465 ВНД/чел.)	Страны со средне-высоким доходом включая Россию (\$3466-10725 ВНД/чел.)	Страны с высоким доходом (> \$10725 ВНД/чел.)
Образование ТКО, т/чел/год	0,22	0,29	0,42	0,78
Органические отходы, %	64	59	54	28
Бумага и картон, %	5	9	14	31
Пластик, %	8	12	11	11
Металл, %	3	2	3	6
Стекло, %	3	3	5	7



При обогащении ТКО возникает техническая задача селективного разделения компонентов, входящих в узкий класс крупности:  $-200(-150) + 0$  мм, а также отделения крупнокусковых компонентов. Для ручной сортировки ТБО наиболее пригодна фракция  $+80$  мм. Фракционный состав ТКО зависит от морфологического состава. Поэтому с изменением морфологического состава необходимо проводить и исследования по изменению фракционного состава ТКО.

Плотность отходов и степень уплотнения обуславливают размеры и вид мусороуборочных машин, срок эксплуатации полигонов ТКО. Чтобы уменьшить затраты транспорта, техника сбора и перегрузки отходов оборудуется специальными прессами. Для увеличения срока эксплуатации полигонов применяется специальная техника, позволяющая значительно уплотнять отходы. Плотность ТКО изменяется в зависимости от их состояния (табл. 2) [8].

Таблица 2

Средние значения плотности ТКО при различных состояниях

Состояние	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Неуплотнённые ТКО в контейнере	90-150
В мусоровозе (уплотненные)	355-530
ТКО, уплотненные в тюках	710-825
ТКО в уплотненном состоянии в теле полигона, полигон захоронения (без покрытия)	440-740

При проектировании установок для прессования отходов или послойного их уплотнения на полигонах необходимо знать

степень их уплотняемости в зависимости от создаваемого давления и исходной плотности ТКО [9] (рис. 5).

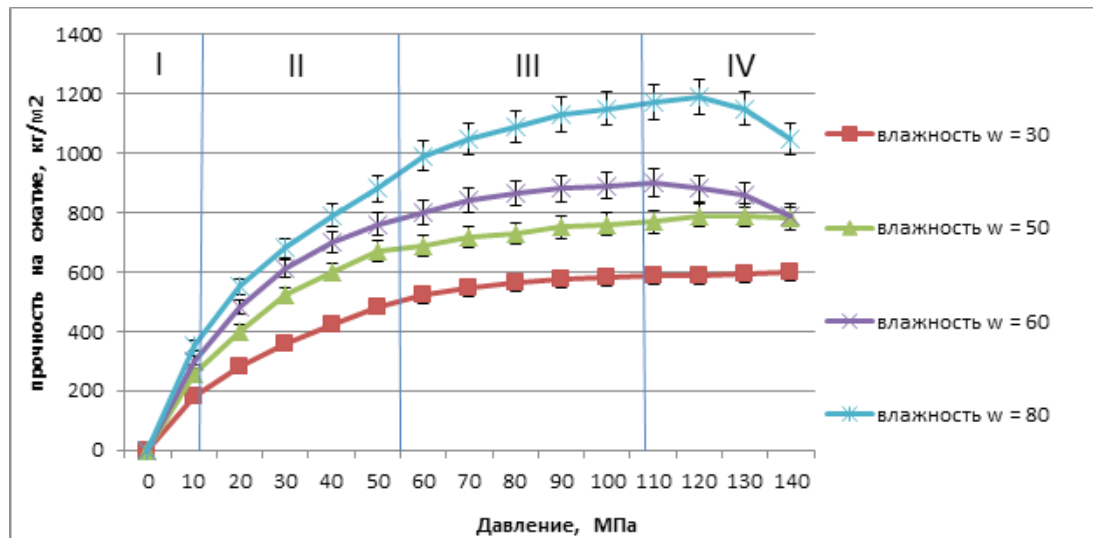


Рис. 5. Зависимость плотности прессовки от давления прессования брикетов ТБО разных влажностей на гидравлическом прессе ППГ-12:

- 1 – линейная деформация; 2 – стадия пластической необратимой деформации;  
3 – стадия упругой деформации; 4 – стадия текучести (расползания)

Главной проблемой переработки ТКО являются их несортированность, высокая влажность, низкая теплотворность и, как следствие, невозможность соблюдения экологически безопасной технологии складирования на полигонах, компостирования, сжигания мусора (поскольку технологии его сжигания рассчитаны на стандарты западного мусора). Целесообразность внедре-

ния тех или иных технологий определяется на основе выбора наилучших с точки зрения экологии из экономически целесообразных технологий с учетом как экономических, так и социальных аспектов, что определяется прежде всего свойствами и характеристиками образующихся отходов [10].

На выбор термического способа обезвреживания оказывают определяющее

влияние морфологический состав отходов, их влажность и зольность, содержание органического вещества и их элементный состав, что в конечном итоге определяет количество образующегося тепла, золы и шлака, загрязняющих веществ, выбрасываемых с отходящими газами. Целесообразность использования термических методов утилизации ТКО напрямую зависит от теплоты сгорания отходов, а теплота сгорания отходов, в свою очередь, тем выше, чем больше содержание макулатуры и полимеров в составе ТБО. Устойчивое самостоятельное горение ТКО возможно при теплоте сгорания более 7-8 МДж/кг. При более низкой теплоте сгорания (что характерно для влажных отходов, отходов с высоким содержанием пищевых остатков и т.п.) термическое обезвреживание отхо-

дов возможно только при использовании дополнительного топлива.

Проведенные исследования показали, что для среднего состава ТКО при учете органической и неорганической части первоначальная влажность ТКО должна составлять не более 5% в установках термической переработки ТКО без привлечения энергии извне. В установках термической переработки ТКО, где используется предварительная подготовка по выделению из ТКО негорючей части, первоначальная влажность топлива может быть повышена до 40%. По удельной теплоте сгорания ТКО можно судить о целесообразности переработки их сжиганием. Элементный состав и выход летучих продуктов отдельных составляющих ТКО на рабочую и горючую массу приведены в таблице 3 [11].

Таблица 3

**Элементный состав, выход летучих продуктов и удельная теплота сгорания отдельных компонентов коммунальных отходов**

Компонент	Состав, %							Выход летучих %	Низшая удельная теплота сгорания кДж/кг
	Углерод	Водород	Кислород	Азот	Сера	Зола	Влажность		
Бумага	27,7	3,7	26,3	0,16	0,14	15	25	79	9,5
Пищевые отходы	12,6	1,8	8	0,95	0,15	4,5	72	65,2	3,4
Текстиль	40,4	4,9	23,2	3,4	0,1	8	20	74,3	15,7
Древесина	40,5	4,8	33,8	0,1	-	0,8	20	67,9	14,5
Отсев	13,9	1,9	14,1	-	0,1	50	20	44	4,6
Пластмасса	55,1	7,6	17,5	0,9	0,3	10,6	8	79	24,4
Зола, шлак	25,2	0,45	0,7	-	0,45	63,2	10	2,7	8,7
Кожа, резина	65	5	12,6	0,2	0,6	11,6	5	49	25,8
Прочее	47	5,3	27,7	0,1	0,2	11,7	8	60,2	18,1
Стекло, металл, камни	-	-	-	-	-	100	-	-	-

Зная морфологический состав ТКО и влажность его компонентов, можно прогнозировать агрохимические показатели получаемого компоста, которые будут определять целесообразность применения метода *аэробного компостирования ТКО*. Использование биотехнологий целесообразно для ТКО с высоким содержанием пищевых и растительных отходов, когда извлечение вторичного сырья или энергетическая утилизация отходов неэффективны. Эти выводы подтверждаются и при использовании в переработке технологий анаэробного сбраживания [12]. Установлено, что 80% органического компонента в составе

ТКО является благоприятным фактором при производстве обогащенного метаном биогаза (рис. 6).

Физико-химический состав ТКО различен и зависит от источников и видов твердых отходов. Свойства отходов (отношение пропорций количества содержания в отходах разлагаемых и неразлагаемых компонентов, содержание влаги, вид био-разлагаемых компонентов), *размещенных на полигоне ТКО*, будут влиять на образование биогаза и фильтрата. Состав отходов будет определять как объемы образования биогаза, так и состав его компонентов.

Величина полевой влагоемкости (ПВ) имеет большое значение при определении объема образования фильтрата на полигонах захоронения ТКО. От проницаемости

(гидравлической проводимости) уплотненных твердых отходов зависят процессы движения жидкостей и газов на полигонах захоронения ТКО.

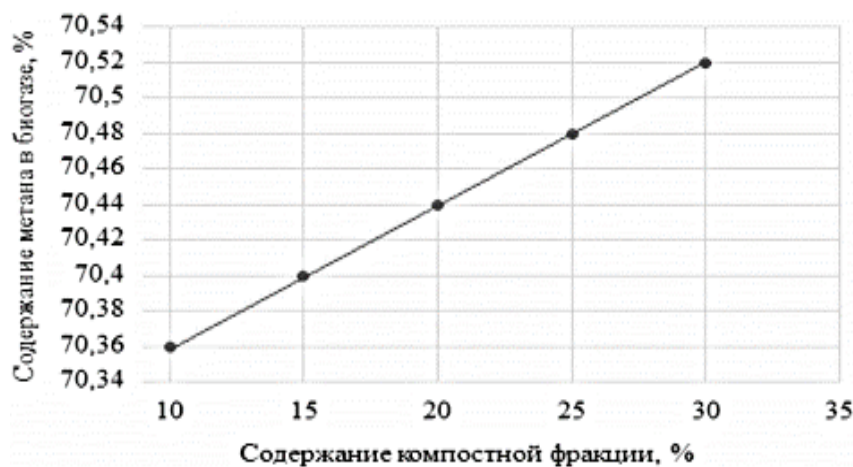


Рис. 6. Зависимость содержания метана в биогазе от содержания компостной фракции

### Выводы

1. Данные о составе ТКО необходимы для выработки стратегии управления коммунальными отходами (организации сбора, идентификации отходов для последующей рециркуляции и исключения опасных отходов, сортировки, транспортировки, предварительной подготовки отходов к утилизации, уменьшения или изоляции определенных фракций).

2. Информация и данные о физическом составе твердых коммунальных отходов имеют важное значение при выборе и эксплуатации оборудования и сооружений, при оценке целесообразности восстановления ресурсов и энергии из отходов при проектировании объектов переработки и термического обезвреживания.

3. Состав отходов, содержание влаги, размер частиц, плотность отходов, температура и pH имеют важное значение, поскольку они влияют на степень и скорость деградации отходов при выборе технологий аэробного и анаэробного сбраживания.

4. При выборе метода и технологии обезвреживания ТКО необходимо иметь полную информацию о морфологическом составе, физико-механических и теплотехнических свойствах, химических и микробиологических характеристиках ТКО.

### Библиографический список

1. <http://alfaeko.ru/wpcontent/uploads/books/book01.pdf/> Европейская практика об-

ращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. Санкт-Петербург, 2005.

2. Modak P. (2011). Synergizing Resource Efficiency with Informal Sector towards Sustainable Waste Management, Building Partnerships for Moving Towards Zero Waste, A Side Event for CSD19 held on 12 May 2011, Tokyo.

3. Правила разработки схем санитарной очистки городов РСФСР. Отдел научно-технической информации АКХ. Москва, 1986. [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/549003/pravila\\_razrabotki\\_skhem\\_sanitarnoi\\_ochistki\\_gorodov\\_rsfsr.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/549003/pravila_razrabotki_skhem_sanitarnoi_ochistki_gorodov_rsfsr.pdf)

4. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-plained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-plained/index.php/Municipal_waste_statistics).

5. <https://archive.epa.gov/epawaste/non-haz/municipal/web/html/index.html>.

6. Ильиных Г.В. Использование результатов определения морфологического состава твердых бытовых отходов для обоснования системы обращения с отходами // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. № 1(5) С. 8.

7. Всемирный банк. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. – 2012. Доступно по ссылке: [http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf). // <http://mimoza.marmara.edu.tr/~baris.calli/Enve330/Chapter4.pdf>.

8. Гонопольский А.М., Ермакова Л.С., Патрикеев И.А. Влияние влажности на процесс прессования ТБО со связующим веществом //

Естественные и математические науки в современном мире: Сборник статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции 4 июня 2014 г. 2014. № 19. С. 82-84.

9. Соломин И.А., Башкин В.Н. Выбор оптимальной технологии переработки ТБО // Экология и промышленность России. ЭЖиП. 2005. № 9. С. 42-45.

10. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов // <http://www.gosthelp.ru/text/MethodicheskieukazaniyaMet20.html>

11. Джамалова Г.А. Интенсификация анаэробного разложения модельных об-

разцов твердых бытовых отходов в биореакторах // Известия СПбГТИ (ТУ). 2014. № 23 (49). С. 84-86.

Материал поступил в редакцию 22.03.2017 г.

#### Сведения об авторах

**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

**Афанасьева Виктория Игоревна**, магистр, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44.

**I.A. SOLOMIN, V.I. AFANASEVA**

Federal state budget educational institution of higher education Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev, Moscow

## COMPOSITION AND PROPERTIES OF MUNICIPAL SOLID WASTE CONSIDERED WHEN CHOOSING TECHNICAL METHODS OF WATER TREATMENT

*Information and data on the composition and properties of municipal solid waste (MSW) are important in choosing a method for collection, transportation, operation of equipment and facilities when evaluating the feasibility of resources and energy receiving from waste when designing. The choice of a MSW treatment technology should be preceded by a study of the morphological composition of the waste which allows to define the feasibility of application of the recycling method and to assess the percentage of extraction of the secondary raw materials. Modern concepts of waste treatment, as a rule, are based on the maximum use of the resource components potential included in the MSW. The objective limit of the efficiency of separate waste collection characterized by the percentage of selection of secondary raw materials is the actual content of useful components in the waste. According to the specific heat of MSW combustion it is possible to judge the treatment appropriateness by their combustion. When choosing a MSW recycling method by an aerobic composting method, you should first evaluate the predicted agrochemical parameters of the resulting compost. The properties of the waste (the ratio of proportions of the amount of degradable and non-degradable components in the waste, moisture content, type of biodegradable components) placed in the MSW landfill will affect the formation of biogas and filtrate. The waste composition will determine both volumes of biogas formation and composition of its components. When designing waste compressing plants or their layer-by-layer compaction on landfills it is necessary to know the degree of their compression rate depending on the generated pressure. The article analyzes the composition and properties of MSW in different countries as well as there are given technical methods of waste treatment taking into account the international experience.*

*Municipal solid waste, separate collection of waste, recycling of secondary raw materials, thermal methods of neutralization of MSW, methods of MSW aerobic composting, MSW landfill.*

#### References

1. <http://alfaeko.ru/wpcontent/uploads/books/book01.pdf>/ Evropejskaya praktika obrashcheniya s othodami: problem, resheniya, perspektivy. Sankt-Peterburg, 2005.

2. Modak P. (2011). Synergizing Resource Efficiency with Informal Sector towards Sustainable Waste Management, Building Partnerships for Moving Towards Zero Waste, A Side Event for CSD19 held on 12 May 2011, Tokyo.



3. Pravila razrabotki skhem sanitarnoj ochistki gorodov RSFSR. Otdel nauchno-technicheskoy informatsii AKH. Moskva, 1986. [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/549003/pravila\\_razrabotki\\_skhem\\_sanitarnoi\\_ochistki\\_gorodov\\_rsfsr.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/549003/pravila_razrabotki_skhem_sanitarnoi_ochistki_gorodov_rsfsr.pdf)

4. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-plained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-plained/index.php/Municipal_waste_statistics).

5. <https://archive.epa.gov/epawaste/non-haz/municipal/web/html/index.html>.

6. Iljinyh G.V. Ispolzovanie rezul'tatov opredeleniya morfologicheskogo sostava tverdyh bytovykh othodov dlya obosnovaniya sistemy obrashcheniya s othodami // Vestnik PNIPIU. Urbanistika. 2012. № 1(5) S. 8.

7. Vsemirny bank. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. – 2012. Dostupno po ssylke: [http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf). // <http://mimoza.marmara.edu.tr/~baris.calli/Enve330/Chapter4.pdf>.

8. Gonopoljsky A. M., Ermakova L. S., Patrikeev I.A. Vliyanie vlazhnosti na protsess pressovaniya TBO so svyazuyushchim veshchestvom // Estestvennye I matematicheskie nauki v sovremennom mire: Sbornik statej po materialam XIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii 4 iyunya 2014 g. 2014. № 19. S. 82-84.

9. Solomin I. A., Bashkin V.N. Vybor optimalnoj tehnologii pererabotki TBO // Ecologiya I promyshlennostj Rossii. EKIP. 2005. № 9. S. 42-45.

10. Metodicheskie ukazaniya po raschetu vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferu ot musoroszhigayushchih I musoropererabatyvayushchih zavodov // <http://www.gosthelp.ru/text/MetodicheskieukazaniyaMet20.html>

11. Jamalova G.A. Intensifikatsiya anaerobnogo razlozheniya modelnykh obraztsov tverdyh bytovykh otkhodov v bioreaktorah // Izvestiya (TU). 2014. № 23 (49). S. 84-86.

The material was received at the editorial office  
22.03.2017

#### Information about the authors

**Solomin Igor Alexandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Organization and technologies of construction of environmental engineering objects», FS-GEI HE RGAU-MAA, 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, d. 44; e-mail: [garik13solomin@yandex.ru](mailto:garik13solomin@yandex.ru)

**Afanasjeva Victoria Igorevna**, master, FS-GEI HE RGAU-MAA, 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, d. 44.