

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Ю. Б. Матвеев, с. н. с., к. ф.-м. н.,  
Институт технической теплофизики НАН Украины,  
заместитель директора научно-технического центра «Биомасса»

Несмотря на то, что захоронение на полигонах все еще остается преимущественной практикой, улучшение практики обращения с отходами в развитых странах нацелено на создание интегрированной системы управления отходами. При этом основное внимание уделяется минимизации захоронения, увеличению доли повторного использования материалов и рециклинга, увеличению доли производства энергии из ТБО с помощью биологических и термических методов.

**Д**ля крупнейших развивающихся стран характерна тенденция увеличения уровня потребления, которая сопровождается ростом образования отходов. Если за ближайшие 15 лет в развивающихся странах и странах с переходной экономикой количество отходов на душу населения сравняется с показателями

развитых стран, то общее количество ТБО в мире в 2025 г. окажется равным 7 млрд т [1]. В результате сложная проблема организации системы управления отходами в будущем грозит перерасти в проблему неразрешимую.

Однако уже сегодня существуют страны, в которых проблема ТБО решается успешно. Например, в Германии уже в 2007 г. доля полезной утилизации отходов составляла 66 %, доля термической переработки с производством энергии – 32 %, оставшиеся 2 % «хвостов» вывозились на полигоны. Были близки к этим показателям и северные соседи Германии – Нидерланды, Бельгия, Швеция, Дания [2].

В соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза от 19 ноября 2008 г.

2008/98/ЕС «Об отходах и отмене определенных директив» страны – члены ЕС должны сочетать производство энергии из отходов с мероприятиями по предупреждению их образования и вторичным использованием полезных материалов. Поэтому сжигание отходов с получением энергии является не самоцелью, а звеном в цепочке преобразования отходов перед неизбежным захоронением той части отходов, переработка которых невозможна или нерациональна на данный момент.

В 2008 г. в ЕС было выработано 31,0 ТВт·ч электроэнергии и 162,5 ТДж тепловой энергии из ТБО (см. табл.). Лидерами производства электроэнергии были Германия, Франция и Италия, а производства тепловой энергии – Германия, Швеция и Дания [3].



Венский мусоросжигательный завод, реконструированный в 1988–1992 гг. по проекту австрийского архитектора Фриденсрайха Хундертвассера

## Производство электрической и тепловой энергии из ТБО в 2008 г.

Страна	Электроэнергия, ТВт·ч		Тепло, ТДж	
	Возобновляемая	Не возобновляемая	Возобновляемое	Не возобновляемое
Германия	4 506	4 506	21 876	21 876
Франция	1 888	1 888	10 668	10 668
Дания	1 097	769	14 891	10 434
Нидерланды	1 432	1 490	4 133	4 301
Италия	1 556	1 556	3 090	3 090
Швеция	1 269	846	17 787	11 858
Великобритания	1 226	736	0	0
Испания	782	782	0	0
Европейский Союз	16 157	14 840	87 681	74 791
США	9 513	7 474	6 372	5 006

Специфика ТБО – их сложный морфологический состав, включающий неорганические и органические компоненты. Последние делятся на фракции, состоящие преимущественно из возобновляемого сырья (бумаги, древесины, пищевых отходов) и сырья, получаемого с использованием ископаемых видов топлива (пластмассы, полиэтилена и других синтетических материалов). Таким образом, только часть энергии, получаемой из отходов, может считаться возобновляемой. Доля возобновляемой энергии различна для разных стран. Например, в Великобритании она составляет 62,5 %, в Дании – 58,8 %, в США – 56 %, Нидерландах – 49 %. В случае недостатка информации Международное Энергетическое Агентство рекомендует считать, что доля возобновляемой энергии составляет 50 %. Этот показатель используется, к примеру, при подготовке статистических данных в Германии и Франции.

В 2008 г. в ЕС было выработано 6,8 млн т нефтяного эквивалента первичной энергии из возобновляемой части ТБО. При этом Дания и другие страны Северной Европы оставались лидерами по производству энергии на душу населения: в Дании – 175 т н.э. (тонн нефтяного эквивалента) на 1 тыс. жителей, в Швеции – 69,2 т. Для сравнения: в Германии этот показатель равен 18,2 т н.э., во Франции – 15 т н.э. Всего в Евросоюзе в 2008 г. было произведено 16,2 ТВт·ч возобновляемой электроэнергии, что на 460 ГВт·ч больше, чем в 2007 г., причем 45,3 % электроэнергии получено на когенерационных станциях. Особенно широко когенерационные технологии используются в Дании, где тепло подается в сети централизованного тепло- и водоснабжения.

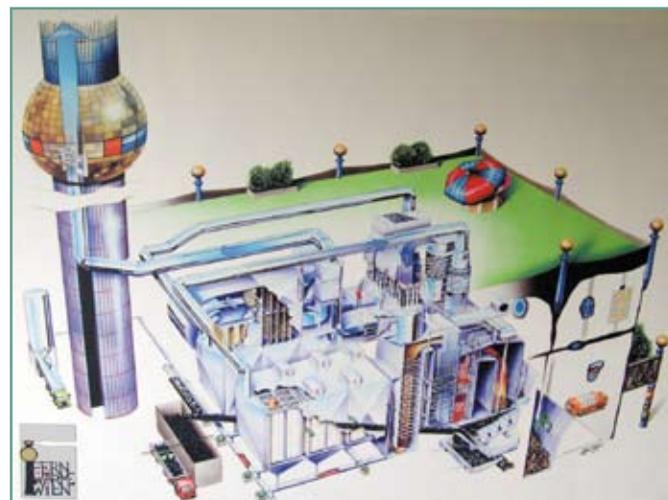
Стоит отметить, что в Дании утилизируется 66 % отходов и только 5 % попадает на полигоны, при этом сжигается 3,6 млн т ТБО в год или 26 % их общего количества. Полученной электрической и тепловой энергии достаточно для обеспечения 450 тыс. чел., составляющих 8 % населения страны. В одной из самых больших в мире сетей централизованного теплоснабжения в Копенгагене 30 % тепла получается при сжигании отходов [4].

В 2006 г. в Европе (ЕС 27 (объединение 27 европейских государств, подписавших Маастрихтский договор) + Швейцария + Норвегия) насчитывалось 420 мусоросжигательных заводов. Большинство стран – членов ЕС стимулирует энергетическое использование отходов законодательными средствами с одной стороны, с помощью введения фиксированных повышенных тарифов на электроэнергию, с другой стороны, повышением налогов на захоронение отходов и запретом на захоронение биогенных отходов. В результате в ЕС ожидается строительство нескольких десятков новых МСЗ, совокупная мощность которых по прогнозам составит 13 млн т ТБО в год.

В Японии работает около 1 900 установок термической переработки ТБО, с помощью которых утилизируется 75 % ТБО страны. В такой активно генерирующей отходы стране, как США, в 2007 г. 12,5 % ТБО было подвержено термической переработке с производством 48 ТВт·ч полезной энергии. Оставшиеся 33,4 % ТБО повторно использовались или компостировались, а 54 % – вывозились на полигоны. При этом общее количество ТБО в стране составляло 250 млн т [5].

Одним из наиболее динамичных рынков производства энергии из ТБО является Китай. За 8 лет с 2001 по 2007 г. страна увеличила долю термической переработки отходов с 2 до 14 млн т в год. В результате Китай оказался на 4 месте в мире по количеству сжигаемых отходов после ЕС, Японии и США. В 2007 г. в стране работали 66 МСЗ. Ожидается, что это количество вырастет к 2012 г. до 100. Термическая переработка широко развивается в таких развитых азиатских странах, как Корея, Япония, Тайвань и Сингапур. Даже развивающиеся экономики Таиланда, Вьетнама, Малайзии, Индонезии и Индии серьезно задумываются о развитии данного рынка.

В настоящее время в мире работает более 2 500 МСЗ, утилизирующих около 200 млн т ТБО в год и вырабатывающих 130 ТВт·ч электроэнергии. Мусоросжигательные заводы уже давно перестали быть только предприятиями по переработке отходов, основное их назначение – производ-



Художественное изображение макета венского мусоросжигательного завода

ство электрической и тепловой энергии, в том числе и возобновляемой.

По оценкам экспертов, совокупная прибыль термической переработки отходов в мире будет быстро расти. В 2010 г. она составила около 3,7 млрд долл., в 2016 г. достигнет 13,6 млрд долл.

## ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТБО

Несмотря на то, что захоронение на полигонах все еще остается преимущественной практикой во многих странах ЕС, США, в Китае, улучшение практики обращения с отходами в развитых странах нацелено на создание интегрированной системы управления отходами. При этом основное внимание уделяется минимизации захоронения, увеличению доли повторного использования материалов и рециклинга, увеличению доли производства энергии из органической части ТБО с помощью биологических и термических методов, которое в Европе сопровождается запретом на захоронение биоразлагаемых материалов.

Таким образом, в иерархии принципов управления отходами наивысший приоритет принадлежит предупреждению их образования, далее идут повторное использование и рециклинг отходов, биологические методы переработки – компостирование или сбраживание, сжигание или другие методы термической переработки ТБО, сопровождаемые производством энергии. Захоронение на поли-



Рис. 1. Иерархия принципов интегрированной системы управления отходами

гонах является необходимым, но последним звеном данной цепочки (рис. 1). Отметим, что захоронение ТБО на полигонах также может сопровождаться производством энергии с помощью строительства систем сбора и энергетического использова-

ния биогаза, образующегося в процессе произвольного или организованного распада биогенных отходов.

Наиболее рациональное и экологическое решение для переработки ТБО – комбинация сбраживания биоразлагаемой части ТБО для производства биогаза и производство твердого топлива (RDF – Refuse Derived Fuel) для последующего сжигания и производства энергии из той части органических отходов, которая непригодна для сбраживания. При этом общая схема переработки ТБО может быть достаточно сложной, как показано на рис. 2.

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТБО

Существуют два основных способа получения энергии из отходов: термохимический (сжигание, газификация, пиролиз) и биохимический (анаэробное сбраживание). Производство энергии из твердых материалов, таких, как бумага, древесина или пластик, целесообразно осуществлять с помощью термохимических методов. Материалы, обладающие большей влажностью, например, пищевые или растительные отходы, сжигать нерационально. Для них больше подходят

биохимические методы – сбраживание в специальных реакторах или непосредственно на полигонах ТБО.

Наиболее традиционная технология сжигания – использование различных версий подвижных колосниковых решеток. К примеру, в Китае на большинстве МЗС (2/3 от общего количества) используются решетки импортного или местного производства. Однако в последнее время там получили распространение и технологии сжигания в циркулирующем кипящем слое (ЦКС).

Сжигание ТБО остается основной технологией термической переработки. Но получает определенное распространение и такой метод, как газификация, в том числе плазменная.

Производство энергии из биоразлагаемых материалов также может быть эффективным средством уменьшения объема отходов, вывозимых на полигоны. Оценка потенциала производства биогаза в ЕС показывает, что около 2/3 биогаза произведено из органической фракции ТБО по сравнению с 1/3 свалочного газа из отходов сельского хозяйства.

Для сбраживания органической части ТБО – кухонных остатков, отходов пищевой промышленности и садово-парковых отходов – могут использоваться различные методы. Наиболее распространен «влажный» метод, при котором применяются традиционные сельскохозяйственные биогазовые установки. В данном случае ТБО могут сбраживаться отдельно или же в качестве дополнительного субстрата. Определенное распространение получили методы «сухого» сбраживания ТБО в колоннах или контейнерах.

Сбраживание кухонных остатков, отходов пищевой промышленности и садово-парковых отходов – развитая коммерческая технология, особенно в Европе. В 2006 г. в Европе работало 124 биогазовых завода мощностью более 3 000 т/год, на которых более 10 % сырья поступало за счет ТБО. Общее количество перерабатываемых в течение года ТБО составляло 4,3 млн т. При этом не учитывались тысячи биогазовых установок, использующих совместное сбраживание небольших количеств ТБО с навозом и энергетическими растительными культурами, например, силосом кукурузы. По от-

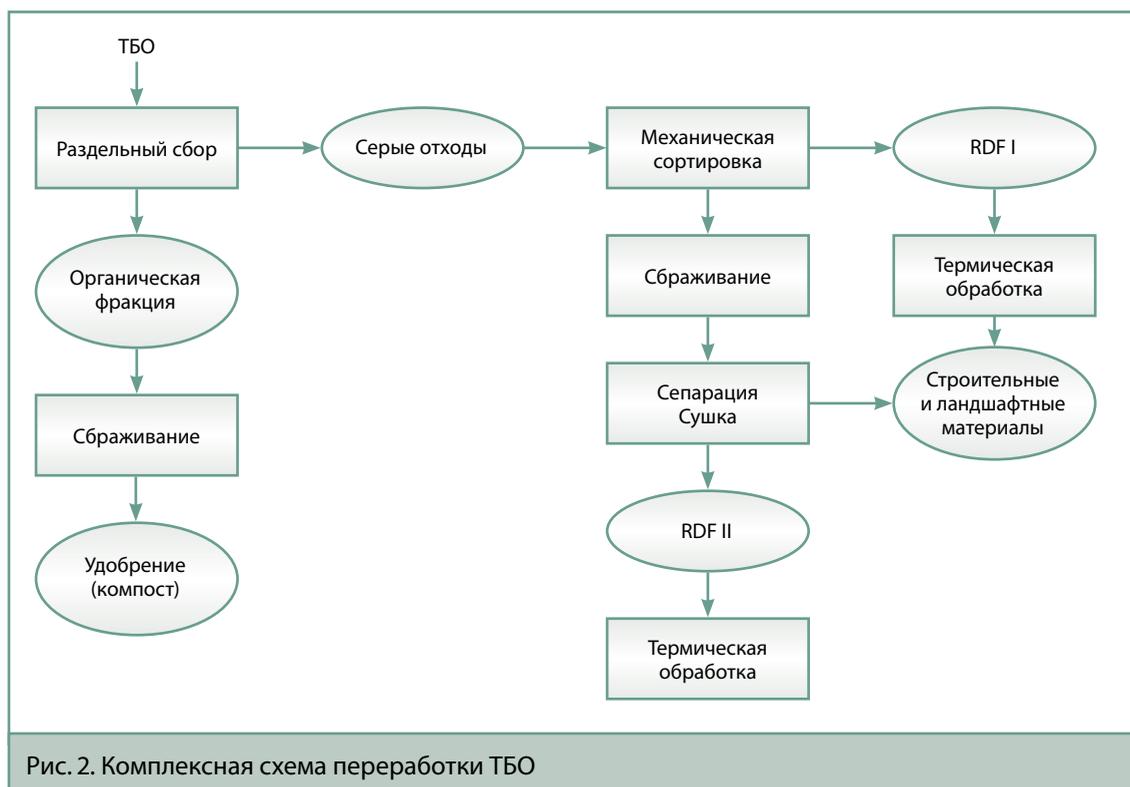


Рис. 2. Комплексная схема переработки ТБО

ношению к 2000 г. количество биогазовых заводов, перерабатывающих ТБО, в Европе выросло в два раза, а их мощность – в четыре. Только одна Испания переработала с помощью анаэробного сбраживания более миллиона тонн ТБО, что составило более 50 % органических отходов страны.

В 2008 г. в ЕС получено 7,5 млн т н.э. биогаза, из них 2, 9 млн т н.э. на полигонах. Лидерами были Германия – 3,7 и 0,3 млн т н.э. соответственно, а также Великобритания – 1,6 и 1,4 млн т н.э [6].

### СИТУАЦИЯ В ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

В целом управление отходами на постсоветском пространстве неэффективно и нуждается в реформировании. Например, в Украине ежегодно собирается около 12 млн т отходов, при этом 96,5 % собранных отходов попадает на официальные и неофициальные свалки, примерно 2 % сжигается на двух МСЗ и менее 1 % отбирается для повторного использования на действующих сортировочных линиях. По данным статистики, общее количество свалок составляет около 4 500 ед. Стоит отметить, что лишь 70 % населения Украины, в основном городское, охвачено системой сбора и вывоза ТБО, что ведет к образованию в сельской местности большого количества несанкционированных мелких свалок.

Низкие тарифы на утилизацию ТБО приводят к тому, что основная часть средств, аккумулированных за счет оплаты населением услуг по вывозу и утилизации ТБО, тратится на сбор и транспортирование ТБО на свалки. Таким образом, сложная процедура утилизации ТБО подменяется простым удалением ТБО из зоны их образования. Эксплуатация собственно свалок осуществляется с минимальным уровнем затрат. Существенное их количество не является инженерными сооружениями и не удовлетворяет требованиям украинских экологических стандартов по защите подземных вод и воздушного бассейна. В результате широко распространено загрязнение подземных водоносных горизонтов так называемым фильтратом – жидкостью, образующейся в результате разложения отходов и попадания

атмосферных осадков в тело свалки. На свалках обычно отсутствуют нижние и верхние защитные покрытия, системы сбора и очистки фильтрата, контроль газовых эмиссий.

В период с 1984 по 1992 г. в Украине были построены 4 МСЗ. Во всех случаях использовалась аналогичная технология сжигания на валковой решетке чешской компании «Дукла». Суммарная мощность переработки ТБО четырех МСЗ должна была составить 1,2 млн т ТБО в год.

В настоящее время работают только два завода – в Киеве и Днепропетровске, при этом электроэнергия не производится, получаемое в результате сжигания тепло частично используется для снабжения мелких потребителей в непосредственной близости от предприятий. Заявлены планы реконструкции обоих предприятий. В Киеве планируется установить два турбогенератора суммарной мощностью 10 МВт, с подключением к электрическим сетям, а также к сети централизованного теплоснабжения. Кроме того, планируется установка системы многоступенчатой системы очистки дымовых газов. Аналогичный проект установки турбогенераторов мощностью 9,4 МВт, планируется и в Днепропетровске. Возможность реализации этих планов будет определяться условиями финансирования и экономической целесообразностью, зависящей в основном от действующих тарифов на переработку ТБО и продажу электроэнергии.

Несколько лучше ситуация в России, где в результате бюджетной поддержки в течение последних 10 лет построено несколько МСЗ в Москве и завод механико-биологической переработки ТБО в Санкт-Петербурге. Однако за пределами двух упомянутых мегаполисов ситуация вполне аналогична ситуации, существующей в Украине.

### СБОР БИОГАЗА НА СВАЛКАХ

Реальная возможность сбора биогаза на свалках в восточноевропейских странах появилась в связи с ратификацией Киотского протокола в 2005 г., которым предусматривается возможность инвестирования проектов совместного осуществления. Например, в Украине в течение нескольких последних лет запущен ряд проектов в



Пульт управления венского мусоросжигательного завода



Доставка ТБО для сжигания в центре Вены

таких городах, как Ялта, Алушта, Львов, Мариуполь, Краматорск, еще несколько находятся на разных стадиях проектирования и строительства. Подобные проекты могут быть экономически привлекательными, однако их реализация ассоциируется с высокими рисками, связанными с нередким неудовлетворительным состоянием свалок и сложностью прогнозирования количества биогаза.

В большинстве реализованных проектов биогаз сжигается на факеле. Наиболее эффективным способом энергетического использования биогаза на свалках может быть производство электроэнергии с последующей продажей его в сеть. При этом стимулирующим фактором могло бы быть использование повышенного «зеленого тарифа». Такой тариф позволил бы не только существенно улуч-

шить финансовые показатели проекта, но и реализовать его с учетом всех требований законодательства по закрытию и рекультивации свалок. В Украине законодательство предусматривает использование зеленого тарифа при производстве электроэнергии из твердой биомассы с повышающим коэффициентом 2.3, однако эта возможность пока не распространяется на биогаз любого происхождения.

### ИЗВЕЧНЫЙ ВОПРОС «ЧТО ДЕЛАТЬ?»

Очевидно, что необходимость улучшения системы захоронения отходов в восточноевропейских странах давно назрела. С технической точки зрения нужно реализовать программу строительства региональных инженерных полигонов с одновременным закрытием и рекультивацией существующих свалок. Важно, чтобы эксплуатация новых полигонов осуществлялась в соответствии с современными нормами, среди которых можно упомянуть складирование на ограниченной площади в соответствии с проектным планом, уплотнение ТБО с помощью специализированной тяжелой техники, регулярное укрытие отходов, сбор и очистку фильтрата, сбор и утилизацию биогаза.

Одновременно с этим необходимо организовать отдельный сбор отходов в местах их образования, после которого станет возможным увеличить долю повторного использования отходов и продлить срок эксплуатации инженерных полигонов.

После того, как будут существенно улучшены условия захоронения отходов, а также система сбора пригодных

для сжигания и сбраживания отходов, необходимо увеличивать долю производства энергии из ТБО. Очевидно, что решение этого комплекса проблем лежит больше не в технической, а законодательной и финансовой плоскости.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Экономические показатели сжигания ТБО с последующим производством электроэнергии в основном зависят от двух факторов – тарифа на переработку ТБО и стоимости продажи электроэнергии. При существующих в восточноевропейских странах тарифах на переработку ТБО и продажу электроэнергии сжигание ТБО заведомо убыточно. По этой причине строительство новых мусоросжигательных заводов за счет собственных средств коммерческих проектов невозможно или, по крайней мере, нерентабельно.

Для того, чтобы выйти на приемлемый срок окупаемости при существующих тарифах на электроэнергию, необходимо повысить существующие тарифы на переработку на порядок. Очевидно, что это невозможно, по крайней мере, в краткосрочной перспективе. В свою очередь, использование «зеленого тарифа» на электроэнергию из ТБО с повышением в 2–3 раза позволило бы выйти на окупаемость около 10 лет при существующих тарифах на переработку ТБО. Очевидно, что такой срок окупаемости также непривлекателен для реализации инвестиционных проектов.

Решение экологической проблемы управления отходами является зада-

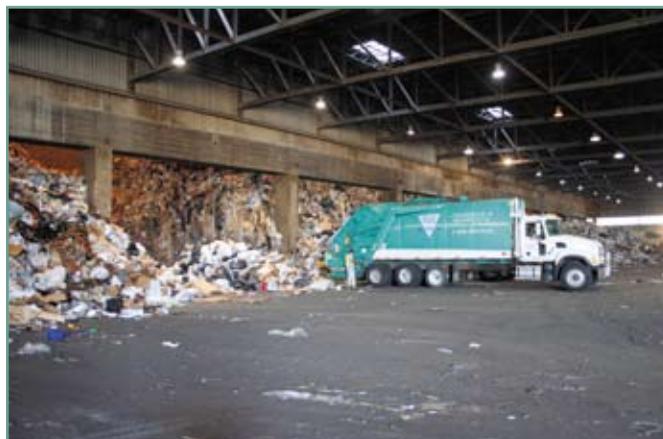
чей государственного масштаба. По этой причине нельзя сводить возможность реализации подобных проектов только к экономической целесообразности. Учитывая их большую социальную и экологическую значимость, такие проекты могли бы частично финансироваться государственным или местным бюджетами, как показывает успешный опыт Москвы.

Из всего сказанного выше можно сделать некоторые **выводы**:

- производство энергии из отходов на фоне быстрого подорожания природного газа и других энергоносителей не только решает экологическую проблему, но и обеспечивает население энергией из местных видов топлива, в значительной части возобновляемой;
- невысокие тарифы на переработку отходов и низкие цены на электроэнергию затрудняют развитие этих достаточно дорогих, но перспективных технологий. Введение «зеленых тарифов» на электроэнергию, полученную из возобновляемых источников энергии, с последующим расширением их действия на все виды биогаза и сжигание ТБО может быть первым шагом для привлечения инвестиций в отрасль;
- получение энергии из ТБО является не самоцелью, а звеном в цепочке преобразования отходов перед неизбежным захоронением на полигонах. Поэтому производство энергии из отходов должно сопровождаться мероприятиями по предупреждению их обра-



Приемный бункер ТБО на МСЗ «Кованта»



Приемный Площадка выгрузки ТБО на МСЗ «Кованта»



МСЗ «Кованта» (Covanta) в округе Фейерфакс (Fairfax), США. Построен в 1990 г., электрическая мощность 2 × 62 МВт, четыре линии производительностью 275 тыс. т/год каждая



На заднем плане – МСЗ «Кованта». На переднем плане – газосборная скважина на полигоне ТБО I-95 (в 2006 г. было захоронено 22 млн т ТБО)

зования и вторичным использованием полезных материалов;

- увеличение доли энергетического использования ТБО должно сопровождаться или предваряться улучшением ситуации на старых полигонах и реализацией стратегии строительства инженерных региональных полигонов. ♻️

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Solid Waste Management in the World's Cities. Forthcoming UN-HABITAT Report., 2009.*
2. *The brochure of CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants.*
3. *Renewables Information. International Energy Statistic 2010.*

4. *Staying Ahead of the Game. Waste Management World, Nov-Dec 2010, p.38–41.*

5. *Municipal Solid Waste Factsheet. Center for Sustainable Systems, University of Michigan. 2009, Pub. No. CSS04–15.*

6. *The State of Renewable Energies in Europe. 9<sup>th</sup> EurObserv'ER Report, 2009.*

## ОПТОВАЯ И РОЗНИЧНАЯ ПРОДАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ МУСОРА



– производство пластиковых контейнеров «P.Henkel» (Германия). Всегда на складе широкая гамма евроконтейнеров от 120 до 1100 л



– производство мусоровозов с задней загрузкой от 4 до 50 м<sup>3</sup> на различных шасси автомобилей



– производство мусоровозов и подметальных машин (Германия)



– производство мусоровозов, мультилифтов и пресс-компакторов

ООО «Механический завод «Спец-Транс»



**ЭКОМАШ**

141009, МО, г. Мытищи,  
Олимпийский проспект, д. 10, ТЦ «Альта»  
Тел.: +7(495) 998-63-34, 998-63-54  
www.td-ecomash.ru info@td-ecomash.ru

#### Точки продаж:

Сочи - тел. +7-988-237-77-90 Геленджик - тел. +7-918-144-47-80  
Тверь - тел. +7-4822-50-10-92 Екатеринбург - тел. +7-343-278-59-56  
Пермь - тел. +7-342-259-07-81 Санкт-Петербург - тел. +7-812-388-12-95  
Белгород - тел. +7-4722-32-42-69 Нижний Новгород - тел. +7-920-012-02-44