

УДК 658.567.1

**Н.И. Абрамкин, Е.В. Кочетов, Р.А. Захарова,  
Р.А. Степанов**

## **ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Наряду с энергетическими проблемами обостряются экологические проблемы, обусловленные ускоряющимися темпами роста потоков твёрдых бытовых отходов (ТБО) в городах, а эти проблемы можно и нужно решать по-новому используя геотехнологические подходы.*

*Ключевые слова: утилизация, отходы потребления, сжигание, пиролиз.*

**Семинар № 10**

---

**О**дной из важнейших экологических проблем городов, в которых в СНГ проживает около 70% населения, является проблема утилизации всех видов муниципальных и промышленных отходов. Отходы представляют эпидемическую опасность, нарушают эстетический облик городов и прилегающих территорий. В то же время в отходах содержатся и ценные компоненты, которые могут использоваться в качестве вторичного сырья. Городские отходы разнообразны по своему составу. Источником образования отходов являются жилые, общественные, административные и другие учреждения, промышленные предприятия, территории общего пользования. Классификация городских отходов приведена в табл. 1.

Основную массу твердых отходов составляют бытовые отходы, морфологический состав которых представлен в табл. 2. На технологию сбора и удаления отходов влияет фракционный состав твердых бытовых отходов (ТБО), под которым понимают содержание частей разного размера,

выраженное в % к общей массе. До 70% массы отходов имеют размер менее 100 мм. Средняя плотность ТБО зависит в основном от степени благоустройства домовладений и в различных городах составляет 0,19 - 0,23 т/м<sup>3</sup>. Влажность ТБО зависит от соотношения содержащихся в них основных компонентов бумаги и пищевых отходов и их исходной влажности, а также от условий кратковременного хранения на местах сбора.

Влажность бытовых отходов колеблется в пределах 30 – 58%, достигая максимума осенью. Идеальная теплоемкость ТБО непосредственно связана с их влажностью. Основные компоненты ТБО имеют удельную теплоемкость в пределах от 2000 до 2500 Дж/(кг·°C).

ТБО обладают рядом специфических свойств. Сюда следует отнести их слеживаемость, т.е. способность уплотняться и выделять фильтрат без дополнительного внешнего воздействия только при длительной неподвижности. Продолжительный контакт ТБО с металлами вызывает их коррозию,

Таблица 1

**Классификация городских твердых отходов**

По месту образования	По натуральному составу
Бытовые отходы жилых зданий	Пищевые отходы, смет, стекло, кожа, резина, бумага, металл, тряпье, пластмасса, зола, шлак, дерево, отходы текущего и капитального ремонта.
Бытовые отходы учреждений административного и административно-общественного назначения	Бумага, стекло, текстиль, дерево, смет, люминесцентные лампы и др.
Отходы предприятий общественного питания, рынков	Пищевые отходы, кости, бумага, стекло, смет, древесина и др.
Отходы территорий общественного пользования	Уличный смет, брошенные предметы, бумага, стекло, древесина, опавшие листья и др.
Отходы лечебных и санитарно-эпидемиологических учреждений	Текстиль, бумага, стекло, пластмасса и др.
Промышленные отходы	Металл, пластмасса, растительные масла, древесина и др.

Таблица 2

**Морфологический состав ТБО (% по массе)**

Компоненты	Зоны		
	средняя	южная	Северная
Бумага, картон	30-38	20-30	21-24
Пищевые отходы	30-39	35-40	30-38
Дерево	1-2,5	1-2	2-4
Металл	2-3	1-3	3-5
Текстиль	3,5-4,5	5-7	5-7
Кости	0,5-2	1-2	2-4
Кожа, резина	1-5	1-3	3-7
Камни	1-3	1-2	1-2
Пластмасса	1,5-2	1,5-2	1,5-2
Прочее	0,5-1	1-2	2-2
Отсев (менее 15 мм)	7-14	10-18	7-10

Таблица 3

**Данные о соотношении различных методов обезвреживания ТБО в наиболее развитых странах**

Метод	Бывш. СССР	Дания	ФРГ	Франция	Япония	Швеция	Швейцария
Захоронение на полигонах и свалках	95	17	60	40	25	35	0
Сжигание	4	80	34	42	72	55	100
Компостирование	1	3	0	9	0	10	0
Другие методы	0	0	6	9	3	0	0

обусловленную высокой влажностью ТБО и присутствием в фильтрате растворов различных солей.

Ресурсы ТБО практически неисчерпаемы. Годовое количество ТБО на одного жителя составляет: в США – 520-

690 кг; Канаде – 380 кг; Германии – 350–400 кг; Японии – 350–400 кг; Франции – 290–360 кг; Великобритании – 250–360 кг. В среднем годовое количество бытового мусора, приходящееся на одного европейского жителя в городах, принято 400, а в сельской местности – 170 кг. Средние дифференцированные годовые нормы накопления ТБО на 1 человека в бывшем СССР составляли 160 – 195 кг в зависимости от количества населения в городе.

Промышленные отходы (ПО) можно разделить на отходы производства и отходы потребления. Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции, полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико-химической или механической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса. В процессе производства образуются сточные воды и их осадки, дымовые газы и т.п.

Отходами промышленного потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам непригодны для дальнейшего использования (металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и т.п.). Классификация ПО основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности и т.д. Каждая отрасль промышленности имеет классификацию собственных отходов.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» все ПО делятся на четыре класса опасности: первый – чрезвычайно опасные, второй – высоко опасные, третий – умеренно опасные и четвертый – мало опасные. В

настоящее время как в СНГ, так и за рубежом нет единой классификации отходов крупного промышленного города или региона, в которой с максимальной полнотой рассматривались бы количественный и качественный состав отходов, применяемые и предполагаемые методы обработки, санитарно-гигиенические и градостроительные аспекты.

Определенный интерес представляет классификация ПО, предложенная институтом Генплана Москвы. По этой классификации ПО столицы по формам и видам делятся на 12 групп:

I – гальваношлаки и осадки, отходы реагентов и химреактивов, содержащие Cr, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, кислые и щелочные отходы химических производств, вещества неорганического характера;

II – осадки сточных вод, включающие в себя канализационные, водопроводные и нефтесодержащие промышленные осадки, образующиеся на локальных и очистных сооружениях производственных зон;

III – нефтеотходы и нефтешламы, легковоспламеняющиеся жидкости, смазочные охлаждающие жидкости, кубовые остатки, отходы лакокрасочной промышленности;

IV – отходы пластмасс, полимеров, синтетических волокон, нетканых материалов и композиций на их основе;

V – отходы резинотехнических изделий, вулканизаторов и т.д.;

VI – древесные отходы;

VII – отходы бумаги;

VIII – отходы черных и цветных металлов, легированных сплавов, шлаки, зола, пыль (кроме металлической);

X – отходы пищевой, мясомолочной и других отраслей промышленности;

XI – отходы легкой промышленности;

XII – отходы стройиндустрии.

По данным «Экотехпрома» в Москве за 1992 год образовалось 5,6 млн. т отходов, из них ТБО – 2,5 млн. т, ПО –

3,1 млн. т. Рост ПО будет увеличиваться пропорционально развитию производства. Конечным этапом обезвреживания большинства не утилизируемых городских ПО, исключая особо токсичные, а также инертный строительный мусор и т.п., в настоящее время является сжигание, что подтверждается опытом Дании, Финляндии, Германии, Швеции и др. стран. Ликвидация и обезвреживание отходов является сложной санитарной, технической и экологической проблемой. По способу использования отходов методы их обезвреживания подразделяют на утилизационные и ликвидационные технологии. Утилизационные методы позволяют решить задачи экономии топливно-энергетических ресурсов, ликвидационные направлены в основном на удовлетворение санитарно-гигиенических требований.

Классификация методов обезвреживания по технологическому принципу позволяет выделить биотермические, механические, комбинированные, термические и химические способы. Чаще всего в городах применяются ликвидационные способы: механический путем обезвреживания отходов на полигонах и термический, при котором отходы сжигаются. Распространен также утилизационный биологический способ, предусматривающий компостирование отходов. 75-80% всех твердых отходов складироваться на свалках и полигонах. Складирование отходов в виде насыпных холмов или в карьерах и оврагах приводит к загрязнению грунтовых вод фильтратом, а окружающей территории – легкими фракциями отходов.

Усовершенствованные свалки (полигоны) должны обеспечивать полную санитарно-эпидемиологическую безопасность населения, защиту от загрязнений почвы, подземных вод и атмосферы. Раньше считалось, что на свалках и полигонах разложение отходов происходит в почве. Однако, в почве разлагаются

только органические вещества, в то время как в составе отходов все большую долю занимают стекло, пластмассы и др. компоненты. Поступление отходов в землю превышает допустимые пределы: на современных свалках: на слой отходов в 1,5-2,0 м приходится слой почвы 20-25 см, который иногда заменяется другими изолирующими материалами. В связи с этим следует говорить не об обезвреживании отходов в почве, а об складировании на почве с расчетом на последующую минерализацию.

На полигонах и свалках происходит длительный процесс разложения отходов. В верхнем слое он заканчивается на глубине до 3 м через 15-20 лет, в более глубоких слоях – через 50-100 лет. Разложение отходов сопровождается выделением газов, фильтрата и небольшого количества тепла. Температура складированной массы при влажности 40-50% не превышает 30-40°C. Выделение метана, водорода, сероводорода и др. газов происходит в течении 5-10 лет и более с момента закладки полигона. Усадка отходов на 30-50% и выделение ядовитых и взрывоопасных газов не позволяет вести на территориях бывших свалок и полигонов капитальное строительство. Даже под высотные полигоны требуются весьма значительные площади, что вызывает уже сейчас большие затруднения с отводом территорий под новые полигоны.

Отходы складировать на водонепроницаемое основание послойно с высотой рабочего слоя 2 м. Складировать отходы бульдозерами методами надвига или сталкивания. Складированные отходы систематически разравнивают слоями толщиной до 0,5 м и уплотняют двух-, четырехкратными проходами бульдозера или катка-уплотнителя. На каждый уплотненный слой бульдозером (катком) надвигается следующий слой и вновь уплотняется. Операции продолжаются

до достижения общей высоты рабочего слоя 2 м. Каждый рабочий слой отходов покрывают промежуточным изолирующим слоем высотой 0,25 м. В качестве изолирующего материала используются супесчаные и суглинистые грунты, строительный мусор, зола, шлаки, нетоксичные ПО и др. Капитальные затраты (без дороги) на 1 га полигона при естественном основании (на ценах 1991 г.) – 20-30 тыс. руб., при искусственном – 40-70 тыс. руб.; удельные затраты на 1 т складываемых отходов за весь период эксплуатации – 0,05-0,15 руб. Стоимость складирования отходов на полигонах с учетом мойки контейнеров и мусоровозов не должна превышать 0,1-0,2 руб./т.

Основой биотермических утилизационных методов переработки ТБО являются биологические процессы разложения содержащихся в отходах органических веществ, происходящие в аэробных условиях в результате деятельности микроорганизмов при  $t^{\circ}=40-70^{\circ}\text{C}$  с выделением теплоты в среднем 1300 кДж/кг отходов. В результате биотермической переработки получается компост, используемый в качестве органического удобрения и биотоплива. Биотермические методы подразделяют на полевое компостирование на открытых площадках без предварительной подготовки и с подготовкой, переработку в специальных установках без предварительной подготовки отходов (биотермические камеры, теплицы, парники) и промышленное биотермическое обезвреживание и переработку отходов.

Для сокращения количества бытовых отходов, подлежащих обезвреживанию и извлечению из них вторсырья, применяют механизированную сортировку ТБО на специальных мусоросортировочных заводах. Как правило, из ТБО извлекают черные и цветные металлы, стекло, бумагу, пластмассы, органические вещества, используемые в даль-

нейшем в производстве ряде ценных продуктов. Определенная технология сортировки и обработки ТБО обеспечивает получение из отходов высококачественного топлива в виде грунта и брикетов.

Методы сортировки отходов и восстановления из них материальных ресурсов разделяют по способу предварительной подготовки отходов (с дроблением и без него) и по характеру разделения (механическая, воздушная, гидравлическая, магнитная сепарация). Наиболее распространены магнитная и воздушная сепарации. В качестве примера можно привести установку фирмы «Флэкт» (Швеция) с предварительной подготовкой сырья и воздушной многоступенчатой сепарацией, позволяющую выделить до 60% вторичных материалов без учета цветных металлов и стекла.

Основными термическими методами обезвреживания ТБО являются их сжигание и пиролиз. Достоинства термических методов:

- Полное обеззараживание отходов в кратчайшие сроки;
- Возможность использования образующейся при сжигании отходов теплоты для производства тепла или электроэнергии;
- Получение жидкого топлива и горючих газов (при пиролизе);
- Минимальные размеры земельного отвода по сравнению со всеми остальными методами обезвреживания отходов;
- Возможность сооружения установок в черте города.

Условия целесообразности применения мусоросжигательных установок (заводов):

- Содержание в ТБО менее 30% органического вещества и высокая теплота их сгорания;
- Отсутствие гарантированных потребителей компоста и биотоплива;

- Повышенные санитарные требования к обезвреживанию отходов курортов, больниц и т.п.;

- Необходимость ликвидации некомпостируемых остатков.

Мусоросжигательные установки (МСУ) по производительности (в кг сжигаемых отходов в час) делятся на четыре группы: 1 - до 30 (самые малые); 2 - 30-500 (малые); 3 - 800-3000 (средние); 4 - свыше 3000 (крупные). Установки 1 и 2 групп без утилизации теплоты рекомендуются для уничтожения специфических отходов учреждений, трупов животных. Установки 3 группы чаще всего применяют в городах или районах с населением более 200 тыс. чел. Данные табл. 3 свидетельствуют о большом отставании России и других стран СНГ во внедрении наиболее прогрессивного способа обезвреживания ТБО.

В последнее время получает распространение новый метод термической переработки отходов – пиролиз сущность метода заключается в том, что в результате нагрева в бескислородной или бедной кислородом среде происходит химическое разложение содержащегося в ТБО органического вещества с образованием пара, жидкой фракции(слоя масел) и газа с выделением твердого остатка(углерода). При пиролизе происходят сушка, сухая перегон-

ка(собственного пиролиза), газификация и горение коксового остатка, взаимодействие образовавшихся газообразных продуктов.

Выбор метода обезвреживания ТБО зависит от местных условий и определяется технико-экономическими показателями при обязательном учете санитарно-эпидемиологической обстановки, климатических условий, численности населения города, возможности отвода земельного участка. Что касается ПО, то до середины 70-х годов в СССР ввиду отсутствия эффективных средств обработки и утилизации большого числа ПО были широко распространены методы их складирования на городских свалках вместе с ТБО или на примитивных специализированных свалках ПО. В настоящее время такой метод складирования ПО запрещен. При определении допустимых методов складирования и обезвреживания ПО решающее значение имеет их состав.

При складировании ПО совместно с ТБО на полигонах предельное количество токсичных ПО нормируется. Основное условие приема ПО на полигоны ТБО – соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране атмосферного воздуха, почвы, грунтовых и поверхностных вод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яношевская Д. А., Мельников Ю. Ф., Корсаков И. Н. Санитарная техника городов. – М. – Стройиздат. – 1990. – 321 с.

2. Совершенствование сбора, удаления, обезвреживания и утилизации твердых

бытовых отходов. – Киев. – УкрНИИНТИ. – 1990.

3. ГОСТ 12.1.007.76. «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». **ИДAS**

### Коротко об авторах

Абрамкин Н.И. - доктор технических наук, профессор.

Кочетов Е.В. - кандидат социологических наук, доцент.

Степанов Р.А. - аспирант.

Захарова Р.А. - аспирант.

Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, [ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru)