

1. Рекуперация повышает энергетическую эффективность дорог [Текст] / В. Котельников, А. Я. Коган и др. // Локомотив. 2008. – № 4. – С. 20 – 22.
2. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник [Текст] / А. А. Белов, Б. А. Баллод и др. – М.: Феникс, 2008. – 318 с.
3. Вильгельм, А. С. Баланс электроэнергии в режимах тяги и рекуперации [Текст] // А. С. Вильгельм, А. Н. Ларин, А. И. Давыдов // Локомотив. 2011. – № 5. С 36 – 38.

УДК 658.567.1

М. С. Шерстобитов, В. М. Лебедев

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Статья посвящена рассмотрению проблемы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в городах с большой плотностью населения и анализу существующих путей решения данной проблемы. К основным способам утилизации ТБО относятся складирование отходов на полигонах, комплексная сортировка с переработкой выделенных компонентов, биотермическое компостирование, мусоросжигание. Из перечисленных вариантов обезвреживания ТБО особое внимание уделено сжиганию отходов на колосниковой решетке с наклонно-переталкивающим механизмом.

Твердые бытовые отходы – это бытовой мусор, который за ненадобностью выбрасывается населением городов и поселков городского типа из жилых и общественных зданий. Сюда же можно отнести мусор сооружений непромышленного назначения, а также смет улиц и отходы садово-парковых хозяйств (листья, трава, ветки деревьев и т. п.).

На городских свалках даже среднего города ежегодно скапливаются сотни тысяч тонн бытовых отходов. Разлагаясь, они отравляют воздух, почву, подземные воды и превращаются, таким образом, в серьезную опасность для окружающей среды и человека.

Во всем мире переработка и утилизация бытовых отходов становятся все более актуальной проблемой. Известно, что ежегодно в нашей стране скапливается порядка 190 млн м³ твердых бытовых отходов. Это количество ТБО с каждым годом увеличивается, и их ликвидация и обезвреживание в настоящее время становятся сложной экологической, технической и экономической проблемой городского коммунального хозяйства. Особенно остро стоит эта проблема в городах с большой плотностью населения [4].

В периодической печати появилось достаточно много статей в части утилизации ТБО, однако единой определяющей точки зрения в использовании ТБО до сих пор нет, что в значительной степени продолжает наносить вред окружающей среде.

В настоящее время известны следующие способы утилизации ТБО:

- 1) складирование отходов на полигонах;
- 2) комплексная сортировка с утилизацией выделенных компонентов;
- 3) биотермическое компостирование;
- 4) мусоросжигание.

Цель всех этих способов едина – обезвредить твердые бытовые отходы, максимально утилизировать продукты обезвреживания, ликвидировать существующие и не допускать образование новых свалок бытовых отходов, не допускать, чтобы вторичные продукты обезвреживания отходов наносили какой-либо вред окружающей среде.

Рассмотрим известные способы утилизации ТБО.

Складирование отходов на полигонах. Складирование предполагает следующие основные условия:

наличие участка с основанием на водоупорных грунтах;

расположение уровня грунтовых вод ниже трех метров от поверхности земли (при этом участки с выходами ключей исключаются);

обеспечение грунтом или инертными отходами для изоляции бытовых отходов (путем их перемешивания);

наличие механизированных устройств для выполнения работ на полигоне.

Однако перечисленные условия, как правило, отсутствуют, поэтому полигон превращается в обычную городскую свалку бытового мусора, которая не является по указанным выше условиям способом обезвреживания отходов. Кроме того, полигон имеет такую отрицательную сторону: в городах с миллионным населением, например в Омске, на свалки в течение года поступает более 400 тыс. т твердых бытовых отходов. Если принять среднюю высоту складирования мусора в 10 м, то ежегодная потребная территория под свалки составит порядка 20 га [3].

За рубежом свалкам и полигонам не придают серьезного значения, так как рассматривают их как временные мероприятия до строительства промпредприятия по их переработке. Так, например, в Японии свалки и полигоны ликвидированы. Весь бытовой мусор обезвреживается и утилизируется на специализированных предприятиях. В России твердый бытовой мусор преимущественно складировается на загородных свалках.

Комплексная сортировка. Основная цель комплексной сортировки – извлечение из всей массы собранных ТБО утильных компонентов – металла (черного и цветного), бумаги, пластмассы, стекла, пищевых и горючих отходов, текстиля. После извлечения указанных компонентов предполагается их использование в различных отраслях хозяйства в качестве вторичного сырья.

В отличие от бытовых промышленные отходы могут сравнительно легко подвергаться сортировке на различные компоненты, так как каждый из их видов имеет довольно однородную структуру (например, отходы механической обработки, типографские отходы, обрезки кожи и меха в легкой промышленности, крупнофракционные отходы в деревообрабатывающей промышленности и т. д.). Кроме того, они не загрязнены, влажность их небольшая, что позволяет применить соответствующую механизированную линию сортировки. Поэтому целесообразность устройства сортировки промышленных отходов очевидна.

С бытовыми отходами дело обстоит иначе. Как известно, состав бытовых отходов весьма разнороден. В нем, например, находятся различные мелкофракционные и загрязненные тяжелые и цветные металлы, кости, которые, с одной стороны, представляют интерес как вторсырье, а с другой стороны, извлечь их какими-либо механическими устройствами чрезвычайно сложно, так как они находятся рассеянно в общей массе мусора. Не полностью открытые консервные банки, бумага, текстиль, мелкая пластмасса, которые погребены в толще грязного и весьма влажного мусора, не могут быть полностью извлечены.

Так как ценные компоненты бытового мусора могут быть использованы на предприятиях разных отраслей промышленности как вторичные сырьевые ресурсы, имеется мнение, что их можно получить двумя путями:

1) сортировать мусор в месте сбора, т. е. в каждой квартире, и складировать его в разных емкостях (контейнерах), в этом случае должен быть исключен для использования общий (единый) мусоропровод в домах, где он имеется;

2) сортировать всю массу бытового мусора, перемешанного в мусоропроводах или в общих контейнерах, централизованно на специальных предприятиях, предназначенных для какой-либо переработки мусора, с помощью различных механизированных линий и устройств.

Сторонниками сортировки ТБО в местах сбора, т. е. по первому пути, утверждается, что если каждый житель будет предварительно сортировать все свои бытовые отходы по их компонентам, то количество вторично используемых отходов может составить примерно 35 %.

Даже в ФРГ, где данной проблемой занимаются десятилетиями, этот показатель не достигнут – остальные 65 % должны вывозиться на свалку.

Анализ состава бытовых отходов и опыт, накопленный за рубежом, показывает, что подобный метод не может разрешить проблему обработки всего бытового мусора в городах с целью извлечения различных компонентов для вторичного использования. Такая сортировка может охватить только 5 – 10 % (максимально) от общего количества бытовых отходов.

Что касается механизированной сортировки бытового мусора (по указанному выше второму пути), то в Москве на заводе «Полимер» (в Нагатино) была сооружена такая экспериментальная установка, которая из-за своей ненадежности в условиях повышенной влажности отходов, из-за низкой эффективности извлечения компонентов и существенных трудностей в эксплуатации после длительных экспериментов была демонтирована.

Биотермическое компостирование. Конечным продуктом биотермической мусоропереработки является компост (органическое удобрение). Компостированию подлежит 67 % общей массы бытовых отходов. Некомпостируемая часть (33 %) должна вывозиться на свалку (что и осуществляется до настоящего времени), или для нее должен применяться один из других способов обезвреживания (что в целом делает компостирование весьма дорогим мероприятием).

Процесс компостирования происходит, как правило, в биотермическом барабане, при котором в качестве энергетического материала используются аэробные микроорганизмы, способствующие окислению и разложению органической массы бытовых отходов.

В зависимости от состава отходов в результате технологического процесса выделяются следующие вредные вещества: пыль органического и минерального происхождения, окись углерода, толуол, ксилол, углеводороды, бензол, ацетон и др. Кроме того, исследования Института минералогии, геохимии и кристаллографии редких элементов (ИМГРЭ) показали, что компост, приготовленный из бытового мусора, значительно превосходит почвы по содержанию таких токсичных элементов, как сурьма, ртуть, кадмий, висмут, медь, свинец, серебро, олово, вольфрам, молибден, хром. Применение такого компоста приводит к существенному накоплению этих элементов в почве и сельхозпродуктах.

Институт питания Академии медицинских наук выполнил многочисленные анализы проб растительной продукции на содержание тяжелых металлов, выращенной на полях трех подмосковных совхозов: «Сергиевский» (Коломенский район), имени Моссовета (Люберецкий), «Серп и Молот» (Балашихинский). Результаты анализов привели к следующему заключению института питания: «По результатам испытания можно констатировать следующие превышения нормативных уровней ПДК: содержание кадмия в моркови совхоза им. Моссовета и совхоза «Серп и Молот» превышает ПДК в 3 – 6 раз, а в свекле, выращенной в этих совхозах, – в 10 – 14 раз. В тех же образцах свеклы в 2 – 3 раза превышена предельно допустимая концентрация цинка».

Реакция санэпидемстанции на указанные результаты исследования была однозначной: такие продукты в пищу употреблять нельзя. По этой и другим причинам, связанным с трудностями реализации своей продукции, московский мусороперерабатывающий завод был закрыт и перепрофилирован.

Мусороперерабатывающий завод не решает основную экологическую проблему – защиту окружающей среды от загрязнений, содержащихся в мусоре. Практически мусор со всеми содержащимися в нем примесями тяжелых металлов, радиоактивных веществ и других возможных вредных веществ превращается в форму, удобную для внесения на поля в качестве удобрения или в теплицы в качестве биотоплива.

Вредные примеси переходят в состав растительной пищи со всеми вытекающими последствиями, попадают в грунтовые воды и, соответственно, в питьевую воду.

И все же необходимо сказать о том, что биотермическое компостирование могло бы найти применение для сельской местности, где имеется значительное количество сельскохозяйственных отходов, не содержащих тяжелые металлы и другие вредные, в том числе радиоактивные, компоненты, а продукцию такого компостирования можно использовать для выра-

щивания цветов. Использовать городские твердые бытовые отходы для компостирования и внесения в почву такого удобрения для производства растительной пищевой продукции противопоказано.

Мусоросжигание. Цель мусоросжигания – полностью обезвредить твердые бытовые отходы, а следовательно, ликвидировать имеющиеся городские свалки и не допустить образование новых. Поэтому предприятия, на которых производится такое обезвреживание (такие предприятия называются заводами по термической переработке твердых бытовых отходов), являются природоохранными.

Сжигание бытового мусора производится в топочных устройствах специальных котлоагрегатов, конструкция которых учитывает специфические свойства мусора – высокую влажность (до 65 %), широкое разнообразие компонентов, включая черные, цветные и тяжелые металлы, строительный материал, битое стекло, пластмассу, вязкие и гниющие вещества и др. В случае необходимости указанные топочные устройства допускают совместное сжигание твердых бытовых отходов и твердых горючих остатков сточных вод после очистки сооружений или твердых горючих нетоксичных промышленных отходов.

Учитывая переменное качество бытовых отходов по сезонам года (так, влажность достигает 60 – 65 %, а зольность – до 21 – 23 %), из-за чего теплота сгорания колеблется от 800 до 1700 ккал/кг, для стабилизации процесса и создания необходимых температурных условий, при которых содержание вредных веществ в отходящих дымовых газах минимально, совместно с бытовыми отходами в одном и том же топочном устройстве сжигают природный газ или мазут. Годовой расход дополнительного (ископаемого) топлива составляет 4 – 6 % от годового количества сжигаемого бытового мусора.

Образуемое от сжигания отходов тепло расходуется частично на собственные нужды завода, а остальное – на внешнее потребление (при необходимости) либо в виде пара (насыщенного или перегретого) с давлением до 1,4 МПа, либо в виде горячей воды с температурой до 150°C или на выработку электроэнергии в паротурбинной установке, потребляемой на собственные нужды завода. При необходимости возможна выработка электроэнергии не только для собственных нужд, но и для внешних потребителей при соответствующем расходе дополнительного (ископаемого) топлива. Однако даже в этом случае себестоимость выработанной электроэнергии будет ниже себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на городских электростанциях при сжигании только ископаемого топлива.

Остающиеся после сжигания бытовых отходов шлаки, зола используются для изготовления по специально разработанному технологическому процессу облицовочной стеклоплитки и гранулированного шлака, идущего затем для приготовления керамзита или для других строительных нужд.

Металлы, находящиеся в составе шлака и золы в количестве 25 кг на одну тонну ТБО и остающиеся на дне шлаковой ванны, выпускаются в жидком состоянии в специальные формы для образования слитков, которые сдаются по определенной цене предприятиям Вторчермета.

Сжигание бытовых отходов происходит при температурных условиях (≥ 850 С), необходимых для минимального образования вредных веществ, концентрация которых в приземном слое значительно меньше предельнодопустимых концентраций.

Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, НИИОГАЗ, Энергоэкология, Укркоммунмонтажнадка, Институт газа АН Российской Федерации своими исследованиями многочисленных проб отходящих газов на действующих мусоросжигательных заводах определили, что фактические максимальные концентрации вредных веществ (летучая зола, окислы азота, серы и углерода, хлористый и фтористый водород) в приземном слое воздуха в десятки раз меньше предельно допустимых концентраций (ПДК). Так, поскольку процесс сжигания отходов проводится при сравнительно низкой температуре (850 – 1000 °С), образование окислов азота происходит в значительно меньших количествах, чем на ТЭЦ или в котельных при сжигании только ископаемого топлива, которое сгорает при температуре 1350 –

1550°C. Низкое содержание серы в ТБО (0,2 – 0,3 %) ведет к образованию незначительного количества SO₂ [5].

Несколько подробнее нужно сказать об особо опасных веществах, таких как диоксин и фуран, которые могут выделяться при сжигании бытовых отходов.

Эти вещества действительно могут образовываться при неполном сгорании топлива, в составе которого содержатся хлор, фтор и органические компоненты. Так, например, доказано присутствие диоксина в сигаретном дыме и пепле.

Установлено, что если после сжигания бытовых отходов дымовые газы будут находиться в течение более двух секунд под воздействием температуры не ниже 850 °С, то диоксины и фураны практически не образуются, так как сложные хлор-, фторсодержащие и углеводородные соединения, служащие их основой, разлагаются на нейтральные вещества [1].

Несколько слов о тяжелых металлах, находящихся в составе бытового мусора. Исследованиями установлено, что из 25 кг металла на тонну твердых бытовых отходов 11,26 кг – тяжелые металлы (мышьяк, свинец, кадмий, хром, медь, марганец, никель, ртуть, цинк, олово и др.), которые являются вредными для человека. В результате сжигания бытовых отходов они в парообразном состоянии переходят в состав дымовых газов, где конденсируются на поверхностях зольных частиц и пыли. После очистки дымовых газов в электрофильтре или рукавном фильтре в них остается не более 2,5 г (в расчете на одну тонну бытовых отходов). Следовательно, в атмосферу будет выброшено только 0,022 % от первоначального количества тяжелых металлов [2].

Таким образом, при мусоросжигании, в котором твердые бытовые отходы не только полностью обезвреживаются, но и являются возобновляемым и неисчерпаемым топливом, получаемые тепло, электроэнергия, металлы, облицовочная плитка, гранулированный шлак являются продуктами утилизации твердых бытовых отходов.

Следовательно, процесс мусоросжигания как способ обезвреживания бытового мусора безотходный и он своими вторичными продуктами не загрязняет окружающую среду, так как выбросы вредных веществ, образуемые при мусоросжигании, ничтожно малы и не причиняют никакого вреда живой природе.

Из всех рассмотренных способов обезвреживания твердых бытовых отходов наиболее рациональным, экологически «чистым» и радикальным с точки зрения достижения основной цели в решении проблемы – обезвреживание, утилизация выработанной продукции, ликвидация свалок, предотвращение загрязнения окружающей среды – является мусоросжигание в топочных устройствах специальных мусоросжигательных котлоагрегатов. Этот способ повсеместно применяется в странах мира.

Для большинства промышленных городов России – Челябинска, Екатеринбурга, Омска и многих других – очень важно, чтобы строительство мусоросжигательного завода было под силу городскому бюджету. Чтобы снизить капитальные затраты, нужно оснастить завод отечественным оборудованием, но не менее важно выбрать рациональную технологическую схему, которая позволила бы совместить работу завода с ТЭЦ или котельной и тем самым повысить экономичность переработки отходов. Специалисты подсчитали, что для городов с населением 500 – 600 тыс. человек оптимальным будет завод производительностью 120 – 150 тыс. т бытовых отходов в год, а наиболее экономичным способом использования энергии – отпуск тепла. С учетом этого во Всероссийском теплотехническом институте сейчас разрабатывается отечественная технология сжигания твердых бытовых отходов, созданная под оборудование российского производства.

Примером может служить строящийся мусоросжигательный завод в Тракторозаводском районе Челябинска, который будет работать в единой системе с городской ТЭЦ-2. Его технологическая схема достаточно проста: вода с ТЭЦ поступает на завод, где в котлоагрегатах вырабатывается пар. Оттуда одна его часть через общий коллектор с ТЭЦ подается потребителям, другая – на технологические нужды мусоросжигательного завода. Себестоимость переработки отходов в этом случае значительно ниже, чем при автономной схеме [6].

Отходы поступают на переработку без какой-либо предварительной подготовки. Подъехавшие мусоровозы проходят через автовесовую и сразу направляются по эстакаде в приемное отделение на разгрузку. Приемный бункер, рассчитанный на трехсуточный запас отходов, обслуживается двумя мостовыми грейферными кранами грузоподъемностью по 10 т. С помощью многочелюстных захватов-грейферов ТБО перемешиваются и из них удаляются крупногабаритные предметы. Затем отходы попадают в топку мусоросжигательного котла. Для его растопки и стабилизации горения влажных отходов используются четыре газовые горелки. Одновременно с отходами в топку подают негашеную известь-пыленку, которая связывает вредные примеси (HCl, HF и SO₂) в дымовых газах. На подвижной решетке начинается процесс подсушивания отходов горячим воздухом и потоком тепла из топки. Продвигаясь дальше, отходы воспламеняются и интенсивно горят. Вращающиеся валки под колосниковой решеткой помогают интенсивной шуровке (ворошению) отходов и одновременно перемещают их из одной температурной зоны в другую, включая зону максимальной температуры (950 – 1000°C). В конце топочной камеры остатки отходов догорают и остывает шлак, который потом сбрасывается в устройство выгрузки. Далее на входе в котел-утилизатор, в так называемой зоне дожигания, поток газов интенсивно перемешивается с воздухом, в результате дожигается токсичный оксид углерода. Процесс горения отходов регулируется и контролируется с центрального диспетчерского пульта, оснащенного компьютером.

В последнее время ряд экологов выступает против строительства мусоросжигательных заводов, не вникая в суть известных технических решений по подавлению вредных выбросов при сжигании ТБО, таких как диоксины и фураны.

Для городов с населением 500 тыс. человек и более представляется необходимым разработать местные городские программы по утилизации ТБО (в частности, более доступное мусоросжигание) с привлечением проектных и научно-исследовательских организаций. И прежде всего в решении этой важной проблемы инициатором должен выступать муниципалитет.

Список литературы

1. Матросов, А. С. Проблемы санитарной очистки города Москвы [Текст] / А. С. Матросов // Известия Академии промышленной экологии. 1997. – № 1. – С.10 – 12.
2. Лебедев, В. М. Теплоэнергетика региона [Текст] / В. М. Лебедев. – Омск, 1998. – 102 с.
3. Пурим, В. Р. Твердые бытовые отходы – топливо для ТЭЦ малой мощности [Текст] / В. Р. Пурим, А. Н. Тугов. – М.: Аква-Терм, 2001. – № 2. – С. 91 – 93.
4. Левин, Б. И. Термические методы обезвреживания и энергетического использования твердых бытовых отходов [Текст]: Учебное пособие / Б. И. Левин, А. С. Матросов. – М.: Университет Российской академии образования, 1999. – 64 с.
5. Левин, Б. И. Использование отходов в качестве топлива путем экологически чистого обезвреживания с выработкой энергии (применительно к городскому хозяйству Москвы) [Текст] / Б. И. Левин, А. А. Бутко. – М.: Прима-Пресс, 2005. – 128 с.
6. Эскин, Н. Б. Разработка и анализ различных технологий сжигания бытовых отходов [Текст] // Н. Б. Эскин, А. Н. Тугов, М. А. Изюмов // Развитие технологий подготовки и сжигания топлива на электростанциях: Сб. науч. ст. / – Всероссийский теплотехнический ин-т. М., 1996. – С.77 – 84.