

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ИХ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Э.Ю. Булычев, Л.В. Миронов, С.М. Сухорукова

Анализируются недостатки используемых в нашей стране способов захоронения, компостирования, сжигания, пиролиза твердых бытовых отходов. С целью экологической оптимизации этих способов предлагается концепция универсального биокомплекса.

В биосферу Земли ежегодно поступают промышленные и бытовые отходы, которые, не включаясь в естественный кругооборот, создают биохимическую среду, не отвечающую генетической заданности человека. Изменение состава воды, воздуха, почвы становится причиной растущих экогенных заболеваний среди населения. Это – глобальная проблема, и не даром индустриальную цивилизацию называют «цивилизацией отходов». Добыча ресурсов на планете продолжает наращивать свои темпы, но при этом только 2-5 % добываемого сырья используется на производство конечной продукции. Результаты такого подхода налицо: объем отходов при росте производства промышленной продукции удваивается каждые 10-12 лет. Одновременно растут и отходы потребления этой продукции. В результате сегодня проблема отходов становится одной из острейших экологических проблем. Во всех странах растут в связи с этим социо-эколого-экономические издержки на очистку воды, содержание инвалидов и т.д. Растут они и в России, поскольку наше общество еще не вышло на организацию замкнутых (аналогично природным) хозяйственных кругооборотов вещества, изъятого из природных систем. Это, в первую очередь, связано с недостаточным вниманием к внедрению ресурсосберегающих и малоотходных технологий на уровне макроэкономической стратегии. Что касается уровня микро-экономики, то отсутствие внимания к экологическим проблемам можно объяснить заинтересованностью новых субъектов хозяйствования лишь в получении сиюминутной выгоды и непониманием того, что загрязнение среды устанавливает естественный предел рентабельности их хозяйственной деятельности. Рыночная

экономика продолжает стимулировать экстенсивное природопользование, и мы наблюдаем прогрессирующую деэкологизацию нашей экономической политики. В результате в России ежегодно образуется 5-7 млрд. тонн отходов производства и потребления. Всего к настоящему времени накоплено более 70 млрд. тонн отходов [1].

В данной статье остановимся на проблеме твердых бытовых отходов (ТБО).

Особенно остро в нашей стране проблема ТБО стоит для крупных городских агломераций. В частности, для Москвы и Московской области. По среднестатистическим оценкам считается, что Москва «производит» около 5 млн. тонн отходов в год. В ближайшие пять лет по тем же оценкам масса отходов удвоится [2]. И возрастет не только проблема их ликвидации, утилизации, но и сбора, транспортировки. В связи с проблемой «пробок» выбор маршрутов мусоросборочных машин все более усложняется. Частота сбора, погодные условия, численность бригады, тип оборудования и его мощность также влияют на организацию и экономические расходы по вывозу мусора.

Проанализируем существующие способы решения этой проблемы в России [3-6].

Во-первых, самый распространенный способ решения проблемы с твердыми бытовыми отходами (ТБО) – это складирование их на мусорных свалках и мусорных полигонах. Причем основными по численности являются несанкционированные свалки, стихийно образующиеся без учета каких либо санитарных норм. Существует достаточно много и санкционированных полигонов, но построенных без учета соответствующих нормативов, поэтому и они наносят серьезный вред окружающей среде. И

совсем уж мало полигонов, построенных по специальным технологиям и отвечающим международным требованиям и экологическим нормам в области утилизации ТБО.

Если говорить о «продовольственной» составляющей ТБО, то один из перспективных методов переработки пищевой части ТБО – компостирование. Оно позволяет получить широкий спектр полезных продуктов: технического компоста, биогумуса, плодородного грунта, гуминовых кислот, а также побочного продукта – биогаза. Все эти продукты, если они надлежащего качества, могут быть использованы для различных целей в сельском хозяйстве, на приусадебных участках, для садово-огородных хозяйств, для целей озеленения и создания цветников в городской черте. Но в существующих условиях требуемое качество компоста не может быть достигнуто. Главная причина – загрязнённость компоста посторонними и опасными включениями. Для преодоления этой проблемы необходимо внедрить сортировку на местах образования отходов (т.е. организуемую самими жителями). Это требует серьезной воспитательной работы среди населения с целью повышения их экологической культуры.

К недостаткам компостирования относится и то, что традиционные технологии компоста предполагают выдержку его на открытом воздухе в течение длительного промежутка времени (от нескольких месяцев до нескольких лет). Это требует больших производственных площадей, затрат на их содержание и т.д.

Суммируя экологический негатив методов по складированию отходов, можно его свести к следующему:

- просачивание инфильтрата;
- вымывание опасных веществ и соединений;
- выбросы в атмосферу парниковых газов (метан);
- пожароопасность.

Прямыми экологическими следствиями этих проблем является: загрязнение поверхностных и грунтовых вод, а также почв опасными веществами и соединениями, загрязнение воздушного океана продуктами окисления и горения мусора, увеличение парникового эффекта. При этом происходит сокращение пахотных и плодородных земель, пригодных для сельского хозяйства, что можно отнести уже к социо-экономическому негативу данного метода. К нему еще можно

добавить и то, что свалки привлекают полчища крыс и увеличивают риск инфекционных заболеваний.

Во-вторых. В нашей стране широко применяется и такой способ, как сжигание ТБО на мусоросжигательных заводах. Но при этом образуются диоксины, которые по праву можно считать наиболее веществами для здоровья людей. Кроме того, накапливаются тонны токсичной золы и шлака, для которых требуются свои полигоны.

Сложность состоит и в том, что технология сжигания ТБО должна учитывать морфологический состав бытовых отходов, т.к. он непостоянен и для каждого региона страны имеет свои особенности. Что касается пищевых отходов, то сжигание предварительно отсортированной органической части твердых отходов на мусоросжигательных заводах (МСЗ) является довольно распространенным методом переработки ТБО, техника и технология которого непрерывно совершенствуется.

Суммируя экологические преимущества этого метода, можно указать на:

- уменьшение объема отходов примерно в 10 раз,
- снижение риска загрязнения почвы и воды,
- возможность рекуперации тепла, образующегося при сжигании.

Суммируя экологические недостатки этого метода, можно указать на:

- опасность загрязнения атмосферы (диоксины),
- высокий выход золы и шлаков (до 30%).

В-третьих. При решении проблем ТБО в нашей стране используется низко- и высокотемпературный пиролиз.

В процессе низкотемпературного пиролиза органическая часть отходов подвергается термическому разложению (при температуре до 900 °C) без доступа воздуха. При этом получается высококалорийный газ, жидкие (смола, мазут) и твердые (сажа, полукокс) продукты. Повышение температуры приводит к увеличению выхода газа и к уменьшению выхода жидких и твердых продуктов.

Экологические преимущества пиролиза по сравнению с мусоросжиганием сводятся к следующему:

- облегчение хранения и транспортировки продуктов пиролиза,
- сокращение объема продуктов пиролиза, подлежащих утилизации и хранению,
- возможность переработки отходов, трудноподдающихся утилизации (автопок-

рышки, отработанные масла, пластмасса и т.п.).

В условиях высокотемпературного пиролиза происходит газификация органической части отходов при 900-1500 °С, в результате чего образуется газ, содержащий CO, H₂, CO₂, H₂O, N₂. Также при этом получается смесь жидких углеводородов, которые могут использоваться в качестве компонентов моторного топлива и твердый остаток (кокс, шлак, зола). К преимуществам этого процесса относятся высокая эффективность и скорость превращения. Недостатками являются сложность оборудования, которое должно работать в условиях больших температур и повышенного давления, а также возможность переработки сырья только с низким содержанием влаги.

В-четвертых. В настоящее время разработаны микробиологические методы переработки ТБО. Они описаны в литературе и всё чаще применяются на практике для переработки ТБО. При этом, как правило, используют термофильные процессы брожения органической массы бытовых отходов в метантенках ($t=50$ °С, $pH=6.7-7.6$, $\tau=3-10$ суток). Так как процесс ведется не до полного разложения реакционной массы, то продуктами ферментации являются биогаз и биомасса. Биогаз – это смесь метана (55-75%), углекислого газа (25-45%) и незначительных примесей азота, кислорода, сероводорода,

водорода, оксида углерода и других газов. Образовавшаяся биомасса, в зависимости от глубины переработки, может использоваться в качестве компоста – очень ценного удобрения. Основным недостатком такой переработки ТБО является большая длительность процесса, которая может составлять несколько месяцев, и чувствительность биомассы к загрязнениям (особенно, к тяжелым металлам). Поэтому, можно считать это направление переработки ТБО перспективным, но оно нуждается в оптимизации.

Анализ рассмотренных выше четырех основных методов решения проблемы твердых бытовых отходов показал, что ни один из них не позволяет говорить о серьезном сокращении экологически негативного воздействия ТБО на окружающую среду (почву, воздух и водоемы). Любой из названных методов сопряжен с отчуждением больших земельных массивов, вызывает их деградацию. Становится очевидным, что необходим принципиально новый концептуальный подход к решению этой проблемы. По нашему мнению, таким принципиально новым подходом является создание Универсального Биоконцентра (УБК) по переработке ТБО и полный отказ от захоронения отходов на свалках или полигонах.

Схема такого комплекса представлена на рис.1.

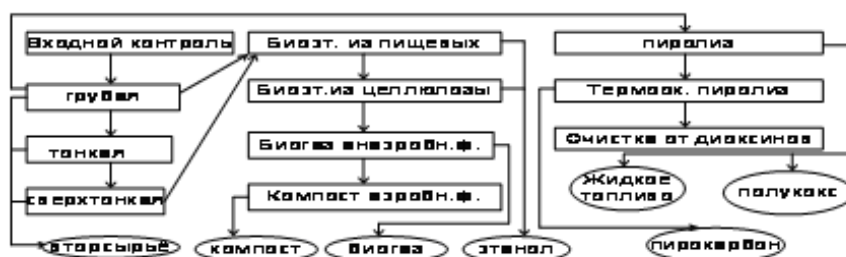


Рис. 1. Схема основных стадий переработки ТБО на Универсальном Биоконцентре (УБК) по переработке твердых бытовых отходов (ТБО).

Как видно из этой схемы, исходное сырье (несортированные твердые бытовые отходы) с помощью специальных мусоровозов (на 5 или 10 т) поступает в приемное отделение УБК, проходит входной контроль (радиологический и на содержание ртути) и затем поступает на переработку.

Весь процесс состоит из шести основных стадий:

1. Предобработка. Сырье проходит грубую, тонкую и сверхтонкую сортировки. В связи с большим количеством отходов все операции на этой стадии механизированы,

автоматизированы и роботизированы. Аналитический контроль также осуществляется в автоматическом режиме с использованием самых современных методов анализа и контроля. В результате на этом этапе из потока ТБО отбирается ценное вторсырье (бумага, картон, дерево, стекло, пластмассы, черные и цветные металлы и др.), оставшаяся органично-минеральная масса поступает на дальнейшую переработку.

2. Переработка пищевых отходов. Пищевые отходы (а это, в основном, крахмалсодержащие продукты) подвергаются

ферментативному процессу брожения по обычной традиционной технологии с использованием современного оборудования. При этом получается биоэтанол и спиртовая барда. Последнюю отжимают на центрифугах отстойного типа и водную фазу (фугат) возвращают в процесс на брожение исходного крахмалсодержащего сырья, содержащегося в ТБО, а влажный твердый остаток (жмых, биомасса) направляют на стадию получения биогаза.

3. Переработка целлюлозосодержащих отходов. Измельченное сырье (бумага, картон, древесина и т.п.) подвергается предварительной обработке (кислотной или ферментативной) с целью гидролиза полисахаридов целлюлозы до моносахаридов, которые уже затем сбраживают по обычной традиционной технологии получения гидролизного спирта. В этой части процесс схож с предыдущим. Целевыми продуктами являются биоэтанол, водный фугат и отработанная твердая фаза (жмых, биомасса). Жидкие и твердые отходы перерабатываются аналогично предыдущему этапу. Используемым отходом на этапах 2 и 3 является также газ брожения, который представляет собой диоксид углерода высокой чистоты и может быть использован для получения твердой углекислоты.

4. Получение биогаза. Исходным сырьем для этой стадии служит отработанная биомасса, полученная на этапах 2 и 3. Переработка включает в себя две операции:

а) анаэробный, термофильный процесс брожения органической части отходов в метантенках при 50°C в течение трех суток,

б) биodeградация остатка в аэробных условиях в специальном вращающемся барабане с регулируемой подачей воздуха при 30-35°C в течение трех суток.

Целевыми продуктами являются биогаз (с содержанием метана до 75%) и компост, который представляет собой ценнейшее органическое удобрение.

5. Термический пиролиз Исходным сырьем для этой стадии служат продукты органической природы (резина, автопокрышки, пластмассы, кожа, кости, органоминеральные вещества и т.п.), трудноподдающиеся утилизации. Это сырье получается в результате грубой, тонкой и сверхтонкой сортировок твердых бытовых отходов, поступающих на универсальный биокомплекс. Термический пиролиз осуществляется в специальной установке шахтного типа с движущимся теплоносителем без доступа воздуха при температуре до

900°C. Исходное сырье измельчается в дробилке, подсушивается и смешивается с циркулирующим теплоносителем, в качестве которого используется раскаленная зола со стадии термоокислительного пиролиза. Целевыми продуктами являются: пирогаз, содержащий метан, этан, этилен, водород и др., пиротопливо (смола, мазут) и полукокс. Пирогаз и пиротопливо используются для получения тепловой энергии в ТЭЦ, а полукокс направляется на термоокислительный пиролиз с целью получения энергии для собственных нужд (для термического пиролиза).

6. Термоокислительный пиролиз. Установка термоокислительного пиролиза тесно связана с агрегатом термического пиролиза по контуру циркулирующего теплоносителя, в качестве которого используются раскаленные частички золы и кокса. Работа установки основана на двухстадийной схеме. На первой стадии полукокс из рабочей камеры аппарата пиролиза подается в технологическую топку, где за счет частичного сжигания в сверхadiaбатическом режиме пылегазовый поток нагревается до температуры 1300°C. В топку подается воздух, обогащенный кислородом, и водяной пар. Затем в циклоне отделяются раскаленные твердые частицы золы и кокса, которые направляются в качестве движущегося теплоносителя в камеру термического пиролиза. Пылегазовый поток из циклона направляется на вторую стадию термоокислительного пиролиза, где полностью сгорает в топке котла за счет подачи дополнительного количества воздуха. Получаемая при этом тепловая энергия используется для технологических нужд и это является одним из главных целевых продуктов на этой стадии. Зола, получаемая при сжигании коксовой пыли в топке аппарата, отделяется в циклоне и после охлаждения поступает в шаровую мельницу, где перерабатывается в пирокарбон, который может использоваться при строительстве дорог и в химической промышленности. Отработанный газ для очистки от диоксинов и других токсичных веществ проходит трехступенчатую очистку:

– каталитическое окисление примесей над молибденовым катализатором,

– адсорбция примесей активированным углем,

– очистка газов в биоскруббере, орошаемым циркулирующим раствором, содержащим специальные микроорганизмы.

В результате обнаруживаемое содержание диоксинов в дымовых газах не превышает $2 \cdot 10^{-10}$ г/м³, что ниже ПДК.

Таким образом, на основании вышесказанного можно сделать вывод, что предлагаемая нами концептуальная модель переработки ТБО дает позитивный эффект: не содержит газовых, жидких, твердых отходов, опасных для окружающей среды и снимает

необходимость размещения их на полигонах или на несанкционированных свалках. Однако, при этом имеется и ряд негативных моментов. Сложность и разнонаправленность социальных, экологических и экономических результатов внедрения предложенной концепции, а также взаимосвязанность этих результатов можно выразить схематически следующим образом:

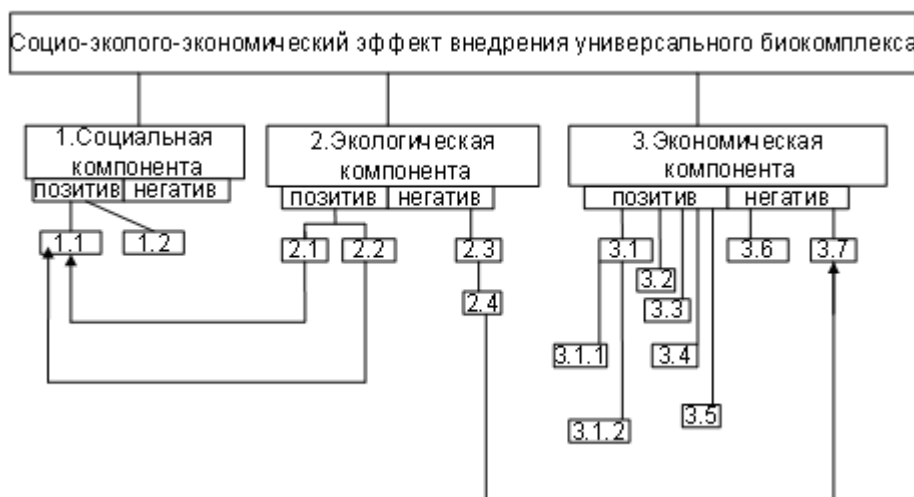


Рис. 2. Социо-эколого-экономический эффект внедрения Универсального Биоконплекса.

1.1-сокращение риска эпидемий среди населения в районах, прилегающих к полигонам; 1.2-улучшение показателей по видеоэкологии и повышение психологической комфортности проживания в регионах бывшего расположения полигонов;

2.1-сохранение поверхностных и подземных вод от загрязнения; 2.2-сохранение почвенного покрова от загрязнения; 2.3-увеличение потребности в электроэнергии для решения проблем ТБО; 2.4-появление дополнительных выбросов продуктов неполного сгорания при использовании дополнительной электроэнергии;

3.1-сокращение эколого-экономических издержек вследствие отсутствия необходимости строительства и ввода в эксплуатацию новых полигонов; 3.1.1-экономия средств, благодаря отсутствию необходимости капитальных затрат на строительство и выделение земель под новые полигоны; 3.1.2-экономия средств, благодаря отсутствию необходимости эксплуатационных расходов по содержанию нового полигона (оплата рабочей силы, платежи за аренду земли, за обслуживание техники (бульдозеры, автомашины, уплотнители, дождевальные машины и т.д.); 3.2-появление дохода от реализации вторсырья; 3.3-появление дохода от использования вторичных энергоресурсов (биогаз, биотопливо, биоэтанол); 3.4-сокращение расходов на борьбу с инфекционными эпидемиями; 3.5-увеличение рыночной стоимости жилья в регионах рекультивации земель при уничтожении ранее существовавших полигонов; 3.6-увеличение удельных капитальных затрат на создание и внедрение наукоёмкого оборудования для переработки ТБО; 3.7-появление расходов на дополнительную электроэнергию и платы за выбросы при ее использовании.

В заключение можно сказать следующее. Сбор ТБО, их транспортировка и переработка - это комплекс сложнейших социальных, экологических и экономических проблем, не нашедших до сих пор

оптимального решения. Сегодня интенсивно идет поиск в этом направлении, в частности, и посредством использования передовых химических технологий для переработки ТБО. Но этот процесс еще далек от завершения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кушхов, Х. Х. Управление отходами вчера и сегодня / Х. Х. Кушхов, В. Н. Лебедев // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 10. – С. 13–15.
2. Хасанов, М. Свалочный ресурс / М. Хасанов // Деловой экологический журнал. – 2005. – № 1 (10). – С. 23–26.
3. Кадыров, Д. Э. Методы переработки органических отходов / Д. Э. Кадыров // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 10 – С. 24–26.

4. Сапожникова, Г. П. Раздельный сбор мусора: проблемы и решения / Г. П. Сапожникова. – Пушкино. : Изд-во ISC, 2003. – 74 с.
5. Переработка твердых бытовых отходов. Т. 1 / Под ред. Д. Вилсона. – М. : Стройиздат, 1982, – 348 с.
6. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Калуга : Изд. Н. Ф. Бочкарёвой, 2007. – 800 с.