

Зинченко М.Г. канд. техн. наук, доц.,

Шапорев В.П. д-р. техн. наук, проф.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Технология переработки твёрдых бытовых отходов и осадков сточных вод в органо-минеральные удобрения

zinchenko-mg @ yandex.ua

Проблема мусоропереработки в нашей стране стоит достаточно остро и решается преимущественно за счет сооружения вокруг городов полигонов твердых бытовых отходов. При этом происходит уничтожение большей части содержащихся в них ценных вторичных ресурсов. Для успешного решения задачи утилизации бытовых отходов их следует рассматривать как источник местного сырья, которое может быть использовано в первую очередь для нужд сельского хозяйства. С этой целью были проведены исследования и разработана технология химической обработки твердых бытовых отходов и осадков сточных вод с получением органо-минеральных удобрений пролонгированного действия, которые существенно повышают продуктивность агропромышленного производства и обеспечивают условия экологически чистого хозяйствования в различных регионах.

***Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, осадки сточных вод, химическая обработка, органо-минеральные удобрения.*

Утилизация отходов, образующихся в процессе деятельности человека, является важнейшей экологической и социальной проблемой. Масса твердых бытовых отходов (ТБО), ежегодно поступающих в биосферу, достигла поистине геологического масштаба. В частности, в Украине годовой объем ТБО составляет около 35 млн. м³, в России – более 1333. Накопление твёрдых бытовых отходов на многочисленных полигонах приводит к загрязнению атмосферы парниковыми газами; земли и грунтовых вод – минерализованными формами азота, тяжёлыми металлами, патогенной микрофлорой и создает реальную угрозу окружающей среде [1].

В мировой практике наиболее распространённым методом переработки ТБО является их фракционная сепарация с выделением вторичных сырьевых ресурсов (пластмассы, стекла, металлов). Масса, остающаяся после сепарации, содержит около 50 % органики (клетчатка, целлюлоза, белки), однако она заражена патогенной микрофлорой, имеет примеси тяжёлых металлов, поэтому не утилизируется, а подвергается захоронению или сжиганию, что приводит к вторичному загрязнению биосферы. Те же проблемы возникают при переработке осадков сточных вод (ОСВ). В то

же время органическая масса ТБО и ОСВ содержит биогенные элементы (азот, фосфор, калий), микроэлементы и может служить сырьём для получения органо-минеральных удобрений. Однако ни одна из традиционных технологий переработки ТБО и ОСВ в удобрения (биокомпостирование, вермикомпостирование) не избавляет полученный продукт от тяжёлых металлов и патогенной микрофлоры [2].

В сложившейся ситуации важнейшей эколого-экономической задачей является разработка альтернативных методов переработки отходов, основанных на новых идеях и технологиях. К таким методам можно отнести разработанный в ряде стран (Япония, США, Россия) способ обработки ТБО и ОСВ химическими реагентами [3-5]. Однако он не нашел широкого распространения в связи с высокой энергоёмкостью, узким спектром перерабатываемых отходов, использованием дорогостоящих реагентов (азотной, фосфорной кислот) и оборудования. В то же время простота технологии и возможность получения экологически чистых удобрений делает его привлекательным для дальнейшей разработки.

С целью оптимизации процесса химической обработки отходов и совершенствования применяемого оборудования были проведены исследования, в результате которых подобраны эффективные и недорогие химические реагенты (серная кислота, карбонат кальция), определены параметры температурного и гидродинамического режима. На основании полученных результатов разработаны реакторные схемы переработки ТБО и ОСВ в органо-минеральные удобрения, получена опытная партия удобрений, произведен их анализ и полевые испытания [6-8]. Физико-химические основы химической обработки отходов разработаны научным коллективом под руководством Ю.Е. Малюги [9].

В соответствии с разработанной технологией органическая масса, оставшаяся после выделения сырьевых фракций из ТБО, и осадки сточных вод подвергаются кислотной обработке в два этапа: вначале – концентрированной (70-80%) серной кислотой («мокрое» сжигание») в результате чего происходит деструкция клетчатки с выделением свободной гемицеллюлозы и лигнина. Процесс сопровождается выделением большого количества тепла, вследствие чего в обрабатываемых отходах полностью уничтожаются возбудители различных инфекционных заболеваний и яйца гельминтов. На втором этапе проходит процесс гидролиза гемицеллюлозы разбавленной серной кислотой концентрацией 10-20 %, который сопровождается выделением газообразных сернистых соединений, оксидов азота, паров кислоты. В технологической схеме предусмотрена очистка выбросных газов известковым молоком в турбулентном газопромывателе.

Реакционная смесь, полученная после второго этапа обработки отходов, подвергается разделению путем отстаивания и фильтрования. Твердая фаза (осадок), образовавшаяся после фильтрования, содержит органические компоненты и минеральные соли. Избыток кислоты в ней нейтрализуют соединениями щелочей (известью, отходом производства сахара – дефекатом) с добавлением леса или лессовидного суглинка. Последние кроме карбонатов содержат коллоидно-дисперсные минералы типа монтмориллонита и каолинита, обладающие способностью фиксировать ионы тяжелых металлов в узлах кристаллической решетки и таким образом переводить их в неподвижную форму.

Высушенный до влажности 10-15 % нейтрализованный осадок представляет собой органо-минеральную смесь (ОМС), обладающую свойствами универсального мелиоранта и медленнодействующего удобрения. В состав ОМС в пересчете на сухое вещество входят, % : N_2 – 0,6–1,2; K_2O – 0,8–1,0; P_2O_5 – 0,5–0,9; $CaCO_3$ в пересчете на CaO – до 18-20, H_2O – 10-12; *органика* – 66, в том числе *лигнин* – 30-40.

Жидкая фаза, полученная после отделения осадка, обрабатывается щелочами (NaOH, KOH) с целью осаждения гидроксидов тяжелых металлов. Отфильтрованные соли перерабатываются в дополнительный продукт – ферриты тяжелых металлов – который используется в производстве радиотехнической аппаратуры, бытовой техники.

Реализация разработанной технологии осуществляется по схеме, приведенной на рисунке.

Сепарированные ТБО поступают в шнековую машину 2, где перетираются и сжимаются до давления (P) $0,3 \div 10$ МПа. При P = 0,3 МПа влажные ТБО посредством дозатора 5 подаются в реактор 6. При сжатии до P > 2 МПа обезвоженные ТБО в виде брикетов поступают в бункер-накопитель 3 для хранения и использования по мере надобности в реакторе 6. Внутри реактора 6 установлены два вала, вращающиеся навстречу друг другу со скоростью 150-200 об/мин. При этом создаются условия идеального смешения, достигаются большие срезающие усилия, и ТБО измельчаются. В реактор дозируется концентрированная серная кислота, вследствие чего осуществляется первый этап обработки отходов – «мокрое сжигание». По окончании процесса реакционная смесь самотеком перетекает в реактор 7, куда подается вода на разбавление кислоты до концентрации 10-20%. Конструкции реакторов 6 и 7 идентичны: оба реактора имеют рубашки охлаждения и теплоизолированы. Образующиеся в них газы подаются вентилятором в скруббер 17, куда противотоком поступает известковое молоко из емкости 16. Очищенный от примесей воздух выбрасывается в атмосферу, а суспензия, выходящая из 17, используется в схеме (поз. 4, поз. 13).

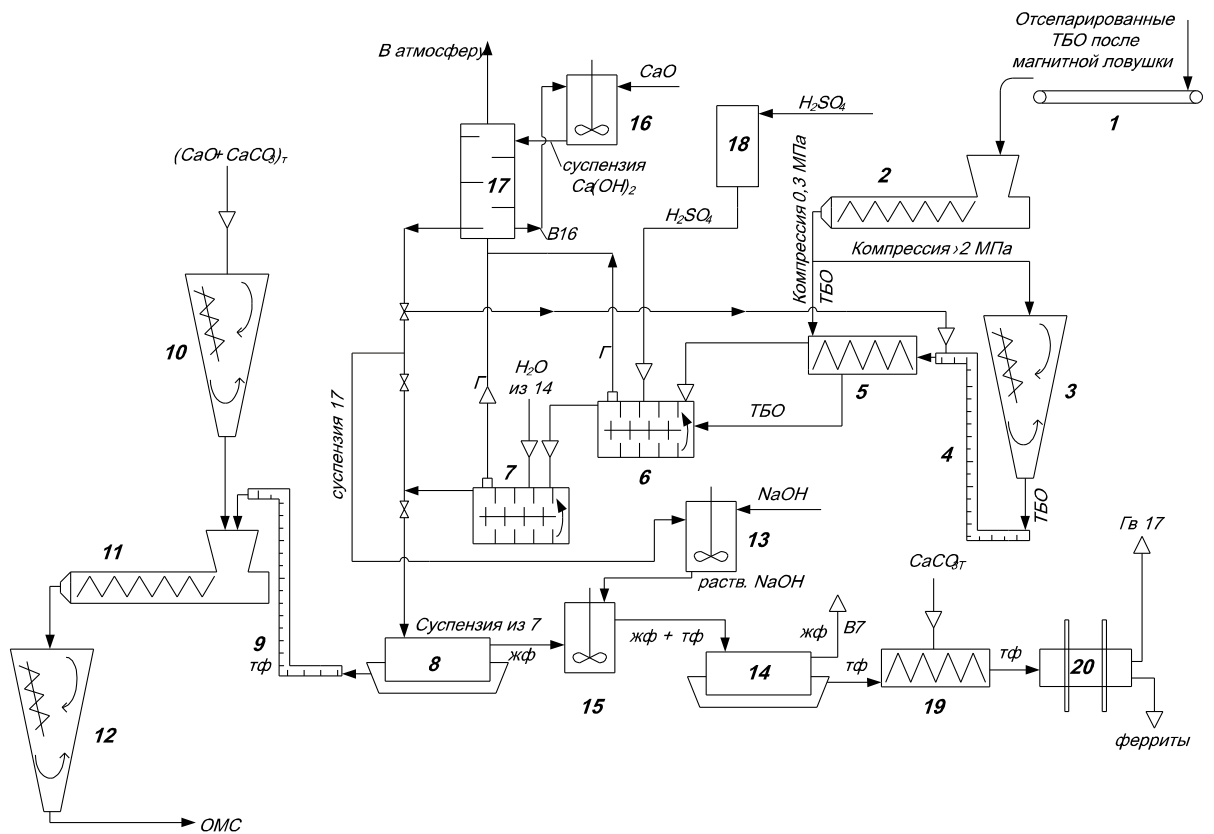


Рис. Принципиальная реакторная схема переработки сепарированных ТБО на ОМС
 1 – транспортер-дозатор; 2 – шнековая машина; 3, 10, 12 – бункеры с ворошителями; 4, 9 – редлеры; 5 – шнек-дозатор; 6, 7 – реакторы идеального смешения; 8, 14 – система отстойник-ленточный фильтр-пресс; 11, 19 – шнековый смеситель; 13 – реактор для приготовления раствора NaOH; 15 – реактор для осаждения гидроксидов тяжелых металлов; 16 – емкость для приготовления суспензии $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 17 – скруббер для очистки газов; 18 – емкость для H_2SO_4 ; 20 – вращающаяся печь

После реактора 7 реакционная масса подается в систему отстойник - ленточный фильтр-пресс 8. Твердая фаза после фильтр-пресса подается в шнековый смеситель 11, куда также подается смесь CaO и CaCO_3 с добавлением леса или лесовидного суглинка. Здесь происходит нейтрализация избытка H_2SO_4 с одновременной подсушкой смеси за счет взаимодействия свободной влаги с CaO . Выходящая из 11 органо-минеральная смесь (ОМС) имеет влажность 10-12% и практически стерильна. Ее направляют в бункер 12 для дозревания в течение 12 часов, а далее на упаковку. Фильтрат после фильтр-пресса 8 поступает в реактор 15, куда из 13 подается раствор NaOH для образования гидроксидов тяжелых металлов. Из 15 суспензия подается в систему отстойник - ленточный фильтр-пресс 14. После 14 осадок (гидроксиды тяжелых металлов) подается в смеситель 19, а затем во вращающуюся печь 20, где он обжигается при температуре

1200 °С с получением ферритов тяжелых металлов. Газы, образующие при обжиге, поглощаются в скруббере 17.

В схеме использовано стандартное оборудование, выпускаемое машиностроительными заводами Украины и стран СНГ.

По этой технологии могут быть переработаны и другие виды органических отходов, такие как неостребованные побочные продукты сельскохозяйственного производства (солома зерновых культур, стебли подсолнечника, ботва овощей и пр.), опавшие листья, ветхие денежные знаки.

Результаты испытания ОМС, полученного по разработанной технологии, приведены в табл. 1 и 2. В таблице 1 приведены сравнительные данные о количестве тяжелых металлов в ОМС и исходных ТБО.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в продуктах переработки твердых бытовых отходов

Металлы	Содержание тяжелых металлов в пробах (мг / 1 кг сухого вещества)	
	Исходные ТБО	ОМС
Цинк	700	5
Кадмий	10	Следы
Никель	250	10
Кобальт	Не обнаружено	Не обнаружено
Железо	20000	500
Марганец	1200	30
Свинец	200	2
Медь	600	40
Хром	700	210

Как было установлено, оставшиеся в ОМС тяжелые металлы хемосорбированы и надежно связаны лигнином; они не диффундируют в почву, но при необходимости могут использоваться растениями в качестве микроэлементов.

Опытная партия ОМС (около 10 тонн) испытывалась как удобрение в полевых условиях на слабосолончаковом черноземе при выращивании озимой пшеницы и кормовой свеклы (табл. 2). Сравнение проводилось с удобрениями на основе карбамида. Испытания показали, что по эффективности эти удобрения не уступают стандартным минеральным удобрениям. При этом внесение ОМС осуществляют один раз в два - три года, а минеральные удобрения – каждый год.

Реакторная схема комплексной переработки ТБО и ОСВ аналогична схеме переработки ТБО с той разницей, что после позиции 7 устанавливается дополнительный реактор, в который вводится ОСВ.

Результаты испытаний ОМС в полевых условиях

Вариант исследования	Урожай озимой пшеницы			Урожай кормовой свеклы		
	ц/га	% к контролю	% к гипсу	ц/га	% к контролю	% к гипсу
Чистый контроль	34,5	100	89,66	702	100	89,5
Гипс, 4т/га	38,5	111,6	100	784	111,7	100
ОМС, 4т/га	48,9	141,7	127,0	988	140,7	126,0
МУ на основе карбамида NK50+гипс, 4 т/га	39,7	115,1	103,1	827	117,8	105,5

Таким образом, разработанная технология позволяет создать безотходное производство по переработке ТБО и ОСВ в полезные целевые продукты и резко снизить антропогенную нагрузку на окружающую природную среду.

По предварительной оценке инвестиции на освоение этого производства для города с населением 500 тыс. человек составят 50-60 млн. долл. США. Срок окупаемости установки производительностью 100 тыс. тонн ТБО в год составит 2,5-3,5 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринин, А.С. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. М.: Изд. ФАИР – ПРЕСС, 2002. 336 с.
2. Форстер К., Вейз В. Экологическая биотехнология. М.: Изд. Химия, 1990. 384 с.
3. Патент US 5378257 (A)/03.01.1995 Higashida Shouji. Способ изготовления удобрений // US 19930047404 19.04.93. ИСМ 1996, № 2, вып.37.
4. Патент WO 9529884(A1)/09.11.1995 Connell Larry V., Способ обработки органического материала // US 19940234228 28.04.94. ИСМ 1996, №10, вып.37.
5. Патент РФ № 4946683/26, 21.06.91 Петров В.Г., Махнев Е.С., Семакин В.П. Способ получения органо-минерального удобрения Патент России № 2039726. 1995. Бюл. № 20
6. Рециклинг твердых бытовых отходов в органо-минеральное удобрение - мелиорант / Ю.Е. Малюга., И.И. Смолянинов., А.А.Мастепанюк, В.П. Шапорев, М.Г.Зинченко // Науковий вісник Національного аграрного університету. № 73, ч. I. 2004. С. 62-65.
7. Деклараційний патент України на винахід № 50419А. Малюга Ю.Е., Корінько І.В., Торосов А.С., Мастепанюк А.А., Зинченко М.Г. Спосіб одержання органо-мінерального добрива на основі побутових відходів (тверді побутові відходи та осад стічних вод). Заявл. 03.01.2002. Опубл. 15.10.2002. Бюл. № 10.
8. Патент України на корисну модель № 53597. Шапорев В.П., Зінченко М.Г., Данілов Ю.Б., Харченко А.М., Харченко М.А., Михайлюк В.М., Тинда О.А. Спосіб одержання комплексного органо-мінерального добрива. Заявл.19.04. 2010 Опубл. 11.10.2010. Бюл. № 19.
9. Малюга Ю.Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины. Х.: Изд. ЧПИ «Новое слово», 2006. 438 с.