

А. У. Ханзафарова
A. U. Khanzafarova
khanzafarova1a@gmail.com

С. В. Анахов
S. V. Anakhov
sergej.anahov@rsvpu.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург
Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg

ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ **PLASMA DECONTAMINATION OF WASTE: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES**

Аннотация. Рассмотрен один из способов решения экологической проблемы переработки мусора за счет применения технологии плазменной утилизации отходов. Отмечена актуальность и выгодность данного метода в настоящее время.

Abstract. One way to solve the ecological problem of waste recycling through the use of plasma waste disposal technology is considered. The relevance and profitability of this method at the present time is noted.

Ключевые слова: мусор, утилизация отходов, плазменная переработка отходов, плазмотрон.

Keywords: garbage, waste disposal, plasma waste processing, plasma torch.

Увеличение объемов производимого мусора – глобальная экологическая проблема, которая в случае отсутствия высокоэффективных технологических решений по его утилизации может стать необратимой в достаточно скором времени. К настоящему времени разработано несколько основных способов утилизации отходов: переработка, сжигание и захоронение, но, как правило, используется комбинированный подход. Как правило, основную часть материала отправляют на переработку (рециклинг), а непригодную для переработки – на сжигание. В России в данный момент порядка 90% отходов отправляется на полигоны и свалки, и лишь 7% – на переработку [2], в то время как в США сжигается лишь 13% мусора (34% перерабатывается), в Италии – 19%, в Германии – 32% (48% получает «вторую жизнь»).

Сжигание мусора считается общепризнанной технологией его утилизации, так как она приводит к существенному уменьшению его объемов, а, следовательно, и к сокращению необходимых для захоронения площадей полигонов. Однако, общепринятое в прошлом веке бесконтрольное сжигание мусора в печах стало негативным опытом как в Европе, так и в Америке. Построенные в те годы мусоросжигательные заводы, как оказалось, загрязняют

биосферу высокотоксичными соединениями типа фуранов и диоксинов, которые в виде остаточных газов попадают в воздух, а затем выпадают с осадками, накапливаются в земле и в конечном итоге оказываются в пищевой цепочке человека, вызывая у него различные виды канцерогенных заболеваний. По этой причине прямое (без высокотемпературного воздействия и очистки отходящих газов) сжигание было запрещено Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). С учетом данных ограничений было разработано несколько методов обезвреживания отходов, среди которых особого внимания заслуживает технология плазмохимического разложения и газификации. Плазменная переработка мусора за счет высокотемпературного воздействия плазменной дуги (при температурах до 10 тыс. К) позволяет расщеплять любое вещество до электронов, ионов и радикалов (сложные полимеры – до газообразных углеводородов и оксида углерода), сокращая выбросы токсичных веществ на 99%. При этом имеется возможность использования остаточных веществ в качестве топлива для производства различных видов энергии (технология плазменной газификации) или в качестве сырья для органического синтеза (плазмохимия) [3]. Таким образом можно утилизировать и обезвреживать практически любые виды отходов (промышленные, медицинские, муниципальные и даже радиоактивные), используя различные технологические схемы подготовки, термического превращения и очистки остаточных продуктов утилизируемых отходов. Получаемая при переработке органических отходов смесь монооксида углерода и водорода (синтез-газ) может быть использована для повышения эффективности технологии, если использовать её для производства тепло- и электроэнергии, либо для потребления самой установки в процессе рекуперации энергоресурсов.

Подытожив упомянутые выше достоинства плазменного метода, упомянем ещё целый ряд его преимуществ по сравнению с другими известными технологиями утилизации отходов:

- Возможность термически переработать (сжечь) фактически все известные токсичные вещества;
- За счет рекуперации энергии (использование образующегося синтез-газа с содержанием CO и H₂ до 40–50%) появляется возможность организации замкнутого производственного цикла, без загрязнения атмосферы газообразными выбросами при наивысшем по сравнению с другими технологиями коэффициенте газификации (до 93–95%) и положительном (избыточном) коэффициенте электрической энергии до 30–50%;
- Существенное (почти в 300 раз) и недостижимое при других способах утилизации уменьшение первоначального объема отходов;

- Отсутствие необходимости проведения предутилизационной подготовки (сортировки, сушки и т.д.);
- Исключение синтеза вторичных высокотоксичных веществ (диоксинов), при наличии в отходах хлорсодержащих веществ за счет высокой температуры плазменного воздействия (свыше 2000 °С) [4], а также существенно меньшее, чем у других технологий содержание NO_x, SO_x и CO₂ в отходящих газах;
- За счет высокой степени радикального разделения веществ и газификации С и Н достигается минимальное содержание золы и пыли, выбрасываемых в окружающую среду;
- Технология соответствует самым строгим экологическим требованиям, включая стандарты Г7 и Евро-6 [8].
- Отметим, однако, и основные недостатки технологии:
- Большое энергопотребление (до 1 МВт), необходимое для эксплуатации плазменного генератора;
- Мусор желательно измельчить (размер <100 мм) для лучшей газификации или предварительно газифицировать;
- Высокие инвестиционные затраты (табл. 1) по сравнению с другими технологиями приводит к более длительному сроку окупаемости.

Таблица 1. Экономические показатели строительства комплекса по переработке отходов производства и потребления с возможностями плазменной газификации [7]

Параметры комплекса	Срок строительства	Общий размер инвестиций	Период возврата инвестиций
<ul style="list-style-type: none"> • Переработки промышленных и бытовых отходов 1500 тонн в сутки • Выработки и передача потребителям электроэнергии 50 МВт·ч • Производства стекловидного шлака для изготовления блоков утепления из минеральной ваты >300 тонн в сутки • Восстановление металлов >150 тонн в сутки • Производство серы >1.5 тонны в сутки 	24 месяца – подконтрольная эксплуатация; 6 месяцев, параллельными этапами	307,5 млн. дол.	5,6 лет

В результате в настоящее время плазменный метод имеет достаточно широкое, но не всеобъемлющее применение. Помимо упомянутого высокого энергопотребления плазменных генераторов (плазмотронов) сдерживающими факторами являются также ряд проблем, связанных с надежностью и сложностью их работы и управления. Наиболее часто в таких технологиях используются СВЧ-плазмотроны переменного тока [6], применяемые для

нагрева среды в плазмохимических реакторах и имеющие достаточно большой ресурс. Однако, сложность управления такими плазмотронами заставляет обратить внимание и на другие известные их виды – например, широко применяемые в технологиях плазменной резки дуговые плазмотроны постоянного тока. Современные разработки таких плазмотронов с новыми системами газовихревой стабилизации достаточно эффективны, имеют также большой ресурс, но гораздо более просты в управлении и обслуживании. Как уже было сказано, высокие энергозатраты при плазменной переработке могут быть компенсированы за счет выделяющейся электроэнергии, которую можно использовать как для снабжения внешних потребителей, так и для повышения эффективности работы самих заводов (установок) по переработке мусора [6]. Целесообразно также использовать плазмотроны на стадии дожигания отходящих газов для предотвращения попадания в окружающую среду вышеупомянутых экотоксикантов (диоксинов, фуранов, бифенилов и т.д.) – рис. 1.

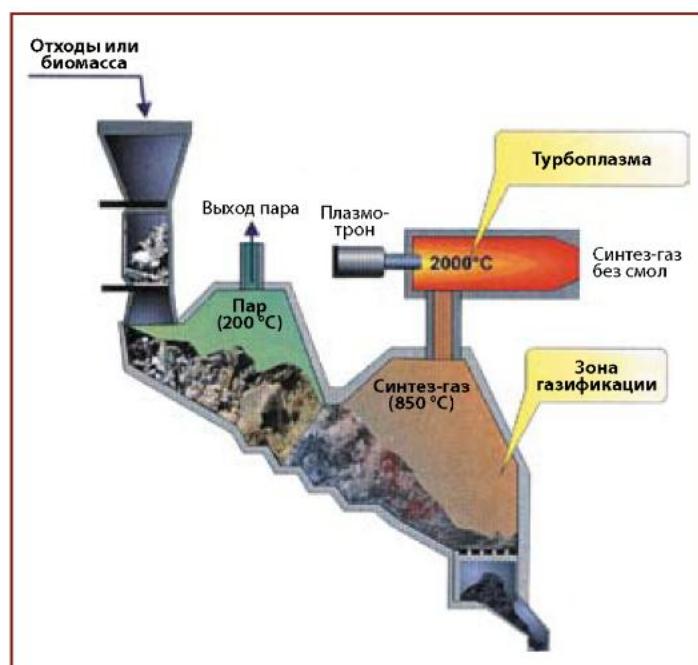


Рис. 1. Технологическая схема установки термической переработки отходов с плазменным дожигателем [4].

В качестве успешного примера технологической реализации рассматриваемого метода упомянем опыт американской компании Westinghouse Plasma Corporation (WPC), которая занимается разработкой как крупных промышленных заводов, так и небольших установок плазменной газификации (рис. 2). В частности, один из заводов WPC Air Products в Великобритании позволяет ежемесячно переработать свыше 30 килотонн мусора в виде твердых бытовых (ТБО) промышленных и шлаковых отходов, медицинского и биологического мусора, отходов рознично-оптовой торговли и продуктов переработки нефти. В результате переработки завод получает очищенный синтетический газ, используемый в

качестве энергии для электростанций, топливных элементов и химических продуктов в виде этилового спирта, метанола, пропанола, дизельного топлива и горючего для ракетных двигателей [5].

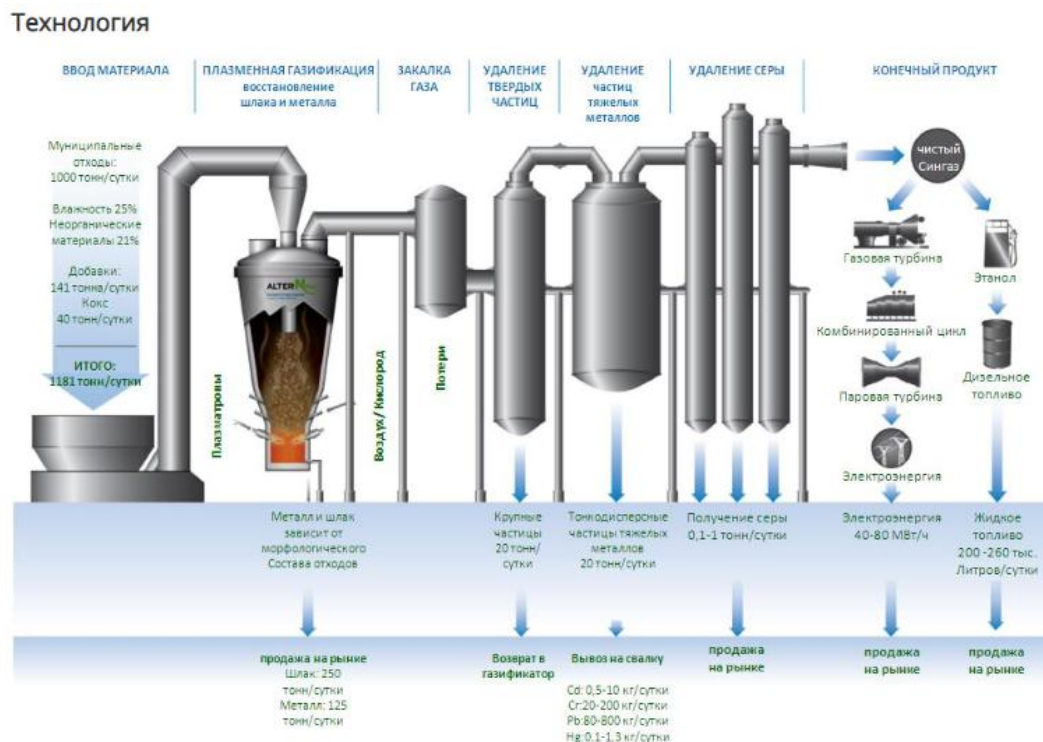


Рис. 2. Схема технологии плазменной газификации отходов компании Westinghouse Plasma Corporation (WPC) [7].

В России в настоящее время для термической переработки твердых бытовых отходов применяются установки инсинераторного типа: продукция совместного Российско-шведского предприятия «Турмалин» (Санкт-Петербург) – ИН-50, ЭЧУТО-150 (Россия, Экотехсплав), термические утилизаторы компании Эластек, Инк. (США) и С.Р. (ATI Mueller, Франция). В рамках реализации национального проекта «Экология» строится несколько мусоросжигающих заводов по технологии Hitachi (Япония). Однако, применение плазменных методов в данных установках минимально и все они используют сложные многоступенчатые системы очистки отходящих газов. Для утилизации ТБО и промышленных отходов в установках, на заводах и предприятиях можно сотрудничать с такими фирмами как ЭПОС-Инжиниринг, или PLAZARIUM MGS, которые занимаются разработками технологических комплексов с применением плазменных методов воздействия [3]. В качестве перспективных для внедрения технологий можно упомянуть разработки ООО НПО «Полигон» для термического обезвреживания органических отходов высокого класса опасности с применением термохимического реактора (ТХР) и плазмотрона (ПТ), а также технологию плазменного дожигания отходящих газов [1], разработанную совместными усилиями специалистов из РГППУ и ООО НПО «Полигон». Последняя технология может существенно

понижить инвестиционные расходы на внедрение дорогостоящих заводов и установок по термической утилизации отходов, так как её использование может заменить дорогостоящие системы по очистке отходящих токсичных газов.

Подводя итоги вышеперечисленным аргументам, можно сделать вывод, что плазменная технология утилизации отходов решает сразу несколько задач, связанных с уничтожением мусора с минимальным ущербом для окружающей среды и получением дополнительной энергии. Поскольку человечество пока не научилось жить без производства отходов, широкое внедрение и применение данной высокоэффективной технологии должно дать экологическую и экономическую выгоду не только отдельным предприятиям, но и всему человечеству [3].

Список литературы.

1. Анахов С. В., Матушкин А. В., Пыкин Ю. А. Обоснование способа плазменного дожигания газообразных продуктов переработки опасных отходов // Техносферная безопасность. 2020. № 4 (29). С. 23–36. URL: <https://uigps.ru/userfls/ufiles/nauka/journals/ttb/TB%2029/3.pdf>.

2. Бабаева Р. Жизнь после бака: как сейчас выглядит система утилизации отходов // РБК. Тренды. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/60ad10399a794783c51ea200>.

3. Плазменная технология утилизации отходов // Твердые бытовые отходы. Новости отрасли. URL: <https://news.solidwaste.ru/2020/12/plazmennaya-tehnologiya-utilizatsii-othodov/>.

4. Плазменная технология утилизации отходов. URL: <https://betosteel.ru/articles/plazmennaya-tehnologiya-utilizatsii-othodov.html>.

5. Поляков М. Д., Сычев Э. В. Социальные аспекты рациональной утилизации и переработки мусора в городском хозяйстве // Социальная антропология города: культурное, социальное и хозяйственное пространство : сборник научных трудов по материалам конференции, Санкт-Петербург, 21–22 марта 2019 года. СПб. : L-Print, 2019. С. 40–44.

6. Сон Э. Е., Гаджиев М. Х., Куликов Ю. М. Плазменная утилизация в проблемах экологии (обзор) // Теплофизика высоких температур. 2020. Т. 58, вып. 4. С. 536–562. <https://doi.org/10.31857/S0040364420040146>.

7. Кадерлеев М. К. Технология плазменной газификации Westinghouse Plasma Corporation. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2016/03/07/zavody_po_pererabotke_othodov_proizvodstva_i_potrebleniya_v_elektroenergiyu.

8. Технология плазменной газификации – преимущества и недостатки. URL: <https://vinit.com.vn/ru/технология-плазменной-газификации-п/>.