

20. Алексеева, А.А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды / А.А. Алексеева, С.В. Степанова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – №22. – С. 304-306.

21. Шаймарданова, А.Ш. Очистка вод от ионов железа модифицированными сорбционными материалами на основе листового опада: автореф. дис. ... канд. техн. наук. :03.02.08. – Казань, 2017. – 16 с.

22. Сапронова, Ж.А. Роль естественной гидрофобности растений в очистке нефтесодержащих эмульсий / Ж.А. Сапронова, С.В. Свергузова, А.В. Святченко // Вода: химия и экология. – 2018. – №7-9. С. 85-91.

23. Annunciato, T.R. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills / T.R. Annunciato, T.H.D. Sydenstricker, S.C. Amico // Marine Pollution Bulletin. – 2005. – N 50. – P. 1340–1346.

24. Шайхиев, И.Г. Исследование хвои сосновых деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления нефти и масел с водной поверхности / И. Г. Шайхиев, С. В. Степанова, К. И. Шайхиева // Вестник технологического университета. – 2017. – Т.20. – №3. –С. 183-186.

25. Веприкова Е.В. Магнитные сорбенты на основе коры сосны для сбора нефти и нефтепродуктов / Е.В. Веприкова, С.И. Цыганова, Е.А. Терещенко // Химия растительного сырья. – 2015. - №2. – С. 219-224.

26. Sapronova, Zh.A. Sewage treatment in megacities by modified chestnut tree waste /Zh. Sapronova, S. Sverguzova, K. Sulim, A. Svyatchenko and E. Chebotaeva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 365 (2018). - 022058 – 7 p.

27. Amuda O.S., Industrial wastewater treatment using natural material as adsorbent / Amuda O.S., Ibrahim A.O. // African Journal of Biotechnology. - 2006. - Vol. 5 (16). - P. 1483-1487.

28. Митракова Т.Н. Применение материалов естественного происхождения для сорбционной очистки сточных вод от ионов меди (II). Дисс....канд. техн. наук: 03.02.08. – Курск, 2017. - 126 с.

УДК 504.064.45

**Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Шамгулов Р.Ю., асп.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

ТЕРМОЛИЗ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

В данной статье дана классификация ТБО(ТКО), рассмотрены проблемы переработки изношенных шин и РТИ. Проанализированы существующие способы переработки ТКО и автопокрышек. На основе анализа предлагается способ переработки отходов методом низкотемпературного термоллиза.

Ключевые слова: Изношенные автошины, РТИ, ТКО, низкотемпературный термоллиз, переработка, дробление, измельчение, экология, производство.

Развитие цивилизации неизбежно связано с образованием минеральных и прочих отходов, как результат производственной деятельности человека. В официальных документах государственного доклада Минприроды "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году" указано, что объем отходов в России в 2018 году составил более 7 миллиардов тонн, т.е. на 16,8% выше показателей 2017 года [1]. Основной источник отходов – добыча полезных ископаемых. В бытовых условиях, человек генерирует лишь 2,3% от общего объема техногенных материалов, рисунок 1. [2].



Рис. 1 - Структура отходов, производимых в России

Структурная схема классификации отходов может быть представлена в следующем виде, рисунок 2.

По способам переработки, отходы можно классифицировать следующим образом:

- Сепарация с отбором ценных фракций;
- Анаэробное компостирование (ферментация);
- Сжигание, с целью получения энергии;
- Захоронение на полигонах;
- Гидросепарация;
- Пиролиз или газификация;
- Плазменная переработка;
- Автоклавная переработка;

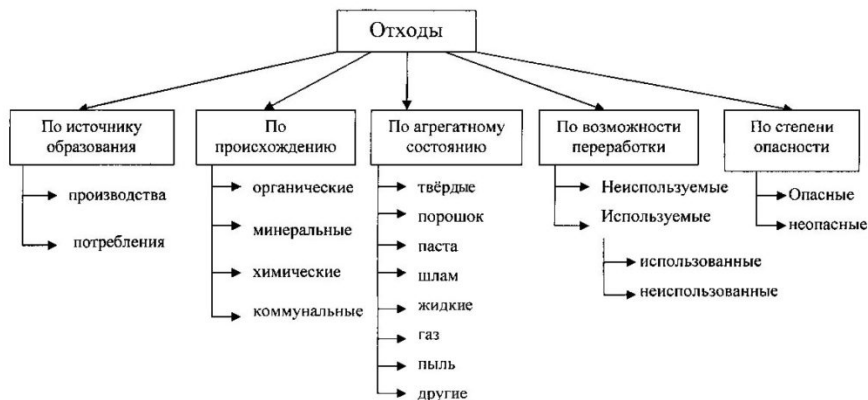


Рис. 2 - Схема классификации отходов

Наиболее перспективным способом, на наш взгляд, является способ комплексной и поэтапной переработки отходов с выделением или получением товарной продукции и отбором реализуемых фракций на каждой стадии процесса. В дальнейшем осуществляется переработка «хвостов» с использованием метода низкотемпературного термолиза. Экспериментальные работы по данному процессу проводятся в настоящее время на производственной площадке ООО «ТК» Экотранс» (г. Белгород).

В России обращение с ТКО регулируются статьями 24.6-24.13 Закона N 89-ФЗ. С января 2018г., согласно распоряжению Правительства РФ, от 25 июля 2017 г. № 1589-р, утвержден перечень отходов, запрещенных к захоронению на полигонах [3]. Одним из таких видов отходов являются автомобильные шины и другие резинотехнические изделия (РТИ). В настоящее время в мире реализованы четыре основных способа утилизации автошин – механический (измельчение на шредере в крошку), термический (пиролиз), сжигание с получением электроэнергии и способ термоутилизации в цементных печах.

В ООО «НПП Термолиз» (г. Москва), разработан и предложен к внедрению процесс низкотемпературного термолиза резиновой крошки в среде водяного пара, а также аппаратное оформление для его проведения [4]. При этом процессе выход конечных продуктов из 1 тонны резиновой крошки в процентном отношении по массе составляет:

- Технический углерод (44,0%);
- Жидкое углеводородное топливо (55,0%);

- Синтезированный газ (1,0%);

Процесс термоллиза реализуется в реакторной системе в виде спиральных транспортеров, объединенных с фильтром-сепаратором рисунок 3.

Резиновую крошку (РК), подают через питатель в реактор термоллиза Р1, выполненным в виде спирального транспортера с вращающейся внутри него спиралью, приводимой в движение мотор-редуктором. По мере продвижения вдоль реактора РК нагревается и разлагается на твердый остаток и углеводороды (жидкие и газообразные). Внутрь реактора Р1 подают перегретый водяной пар П в количестве, необходимом для поддержания жидких углеводородов в газообразном состоянии. В фильтре Ф, поток из реактора Р2 разделяется на газ и твердый пылевидный остаток, который продвигается без осевым шнеком вдоль реактора десорбции углеводородов Р2 и выходит из установки через питатель в виде готового продукта – технического углерода. Давление в реакторе термоллиза Р1 близкое к атмосферному (0,01 ÷ 0,003 МПа), температура 320 – 390⁰С. В случае, если обогрев реактора проводится жидким углеводородным топливом, то дымовые газы направляются на дожиг в горелку Г и далее в дымовую трубу ДТ. [5, 6].

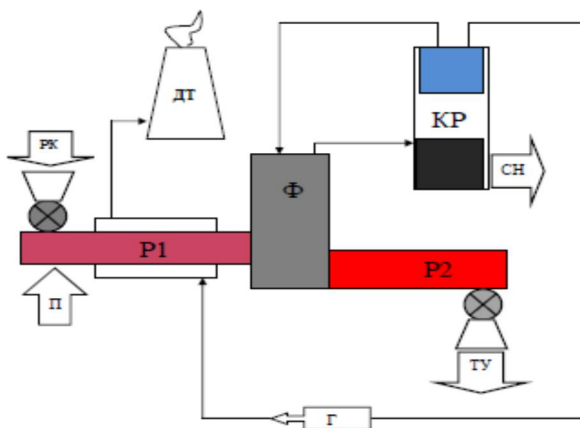


Рис.3 - Схема низкотемпературного термоллиза

РК – резиновая крошка; ДТ – дымовая труба; КР – колонна ректификационная; СН – жидкое углеводородное топливо; Ф – фильтр; Г – горелка; П – пар; Р1 – реактор термоллиза; Р2 – реактор десорбции углеводородов; ТУ – технический углерод.

Основные параметры процесса низкотемпературного термолiza резиновой крошки:

- энергопотребление – 0,25-0,3 кВт час/кг.;
- температурный режим – до 400⁰С;
- время пребывания – до 20 мин.;
- давление – до 0,1 Мпа.

Полученные результаты теоретических и практических исследований, а также опытно-промышленные испытания установки низкотемпературного термолiza позволяют сформулировать следующие основные преимущества реализуемого способа переработки органических отходов и выводы:

1. Разработанная технология и технические средства низкотемпературной термолizной переработки ТКО позволяют получать при невысоких удельных энергозатратах (для отходов РТИ размером $(3\div 6)\times 10^{-3}$ м. 0,25-0,3 кВт час/кг.) из 1 тонны резиновой крошки различные виды вторичной продукции:

- технический углерод – 44,0%;
- жидкое углеводородное топливо – 55,0%;
- синтезированный газ – 1,0%.

2. Предложенная технология реализуется при невысоких значениях температурного режима ($T\leq 400^{\circ}\text{C}$), низком времени термообработки ($t\leq 20$ мин.) и давлении (до 0,1 Мпа);

3. Технологический процесс сопровождается незначительным газообразованием с содержанием элементов:

$\text{CO}_2=4,39\%$; $\text{CO}=2,69\%$; $\text{O}_2=0,11\%$; $\text{NO}=0,3\%$

4. Разработанные технические средства (узлы герметизации подачи и выгрузки, система аспирации, узлы перемещения продукта внутри реактора и др.) обладают высокой эксплуатационной надежностью и максимальной автоматизацией технологического процесса.

В настоящее время на полигоне ТКО ООО «ТК»Экотранс» (г. Белгород) проводятся опытно-промышленные испытания технологического модуля термолizной переработки полимерных отходов.

**Работа выполнена в рамках государственного задания
№ 9.11523.2018/11.12*

Библиографический список

1. РИА Новости [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://ria.ru/20190904/1558267236.html/>. (дата обращения: 05.10.2019)
2. Количество отходов в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://expert.ru/siberia/2017/15/dengi-pod-nogami/> (дата обращения: 05.10.2019)

3. Распоряжение №1589-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/>. (дата обращения: 01.10.2019)

4. Бочавер К.З., Низкотемпературный термолиз в переработке резинотехнических отходов. / Бочавер К.З., Клушин В.Н., Сухоруков П.Н., Шамгулов Р.Ю. // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2013. - № 11. - С. 35-40.

5. Пат. 2460743 С2 Рос. Федерация. Процесс и установка по переработке резиносодержащих отходов/ К.З. Бочавер, Р.Ю. Шамгулов; заявитель и патентообладатель К.З. Бочавер. № 2010120317/05; заявл. 21.05.2010; опубл. 27.11.2011, Бюл. № 25.

6. Пат. 2448758 С2 Рос. Федерация. Рукавный фильтр для очистки газа от пыли с короткоимпульсной продувкой/ К.З. Бочавер, Р.Ю. Шамгулов; заявитель и патентообладатель К.З. Бочавер. № 2010120320/05; заявл. 24.05.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12.

УДК 543.554

**Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.,
Столяров Д.В., асп.,
Порожнюк Е.В., асп.,
Рушак В.В., студ.,
Половнева Д.О., студ.**
(БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия)

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО КИЗЕЛЬГУРОВОГО ШЛАМА

При рафинировании растительных масел на стадии удаления восковых веществ (винтеризации) образуется кизельгуровый шлам, который представляет собой органоминеральную композицию с содержанием органических примесей 70%. Авторами предложена термическая обработка кизельгурового шлама с получением углеродсодержащего адсорбционного материала. Результаты исследования свидетельствуют о наличии углерода и различных функциональных групп на поверхности частиц. Такие материалы, обладая адсорбционными центрами различной природы, будут проявлять активность по отношению как к полярным, так и неполярным веществам.

Ключевые слова: кизельгуровый шлам, термическая обработка, углеродсодержащий адсорбционный материал, углерод, поверхностные функциональные группы, ИК-спектр.

Растительные масла природного происхождения представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие в основном из сложных эфиров глицерина, жирных кислот (триглицеридов) различного состава и веществ, растворимых в них. В сырых маслах, не