

А. А. Макаров, А. Н. Грачев, С. А. Забелкин,
И. Г. Земсков

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА TETRA PAK МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА

Ключевые слова: пиролиз, термическое разложение, Tetra Pak.

В статье представлен материальный баланс процесса пиролиза упаковочного материала Tetra Pak и состав полученных продуктов. При пиролизе можно получить углистый остаток, алюминий и жидкие продукты.

Keywords: Fastpyrolysis, thermochemical decomposition, Tetra Pak.

In the article the material balance of pyrolysis of Tetra Pak packaging material and properties of the products obtained are presented. Pyrolysis allows obtaining of char residue, aluminum, and liquid products.

В настоящее время для хранения скоропортящихся продуктов все большую популярность приобретают упаковки Tetra Pak. Количество поставленных упаковок за 2007 год составило более 137 млрд. шт. [1]. По данным производителя за 2012 год - более 173 млрд. шт., ежегодный прирост в настоящее время превышает 1 млрд. шт. [2]. В состав такой упаковки входят высококачественный картон (75%), полиэтилен (20 %) и алюминий (5%) [1].

Для переработки данного вида отходов применяются следующие основные методы: гидро-разбивание, сухая сепарация, ферментативный и химический методы разделения, газификация [1,3]. При этом существующие методы переработки асептической упаковки Tetra Pak энергоемки, требуют длительного времени и сталкиваются с проблемой утилизации и очистки сточных вод.

Из-за отсутствия сортировки при сборе отходов, а также энергозатратном отделении составляющих слоев асептической упаковки Tetra Pak ее утилизация с коммерческой выгодой на данный момент, методами механического разделения, не представляется возможной. Таким образом, несмотря на то, что использованные упаковки Tetra Pak практически не разлагаются, из-за присутствия полиэтилена, они в основном подвергаются захоронению, нанося существенный вред окружающей среде.

С учетом этого, все большую актуальность приобретают технологии вторичной переработки Tetra Pak. В мире существует ряд предприятий, которые перерабатывают такие упаковки в полезные продукты, однако большая часть из них находится в Скандинавских странах, и они перерабатывают только около 20% локально использованных упаковок [3].

Перспективной, на наш взгляд, видится технология переработки использованных упаковок Tetra Pak методом пиролиза. При пиролизе Tetra Pak могут быть рекуперированы алюминий, получен углистый остаток, жидкие и газообразные продукты пиролиза. Жидкие продукты пиролиза могут быть использованы в качестве топлива и химического сырья во многих отраслях промышленности [4,5,6,7,8].

Для оценки возможности переработки упаковочного материала Tetra Pak методом пиролиза его образцы размерами 5X5мм взвешивались и помещались в герметичную реторту, которая, в свою

очередь, помещалась в муфельную печь. Пиролиз проводился при температурах 250, 450 и 650 °C. Образовавшаяся парогазовая смесь направлялась в конденсатор и стекала в сборник конденсата. Несконденсировавшийся газ поступал далее в счетчик газа [9]. Образовавшиеся продукты взвешивались для определения их выходов и подвергались дальнейшему анализу. В результате проведенных экспериментов продуктами пиролиза являлись твердый остаток – в виде угля и алюминиевой фольги, пиролизная жидкость и несконденсировавшийся газ.

Полученный в результате экспериментов материальный баланс процесса пиролиза упаковочного материала «Tetra Pak» представлен на рис. 1.

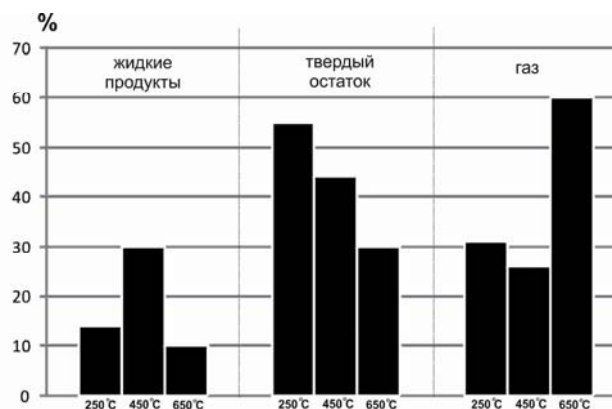


Рис. 1 - Материальный баланс процесса пиролиза упаковочного материала Tetra Pak

Как видно из полученных данных максимальный выход жидкости составил 30% при температуре пиролиза 450 °C.

Также, можно отметить, что механическое отделение алюминиевой фольги от угля наиболее благоприятно проходило после пиролиза при температуре от 450 °C.

Необходимо отметить, что жидкость, полученная при пиролизе упаковочного материала Tetra Pak, после отстаивания, разделялась на 2 фазы. Верхняя часть представляла собой парафиноподобную пленку (далее парафиновая фракция), а нижняя - смолянистую жидкость темно-коричневого цвета.

Выход парафиновой фракции в результате экспериментов составил 7-8% от массы исходного сырья, а алюминия 6-7% соответственно. Макси-

мальный выход парафина наблюдался при температуре пиролиза 450 °С и составил 8%.

Для определения состава полученной жидкости ее образцы смешивались с растворителями и подвергались анализам методом газовой хромато-масс спектрометрии на приборе GCMS-QP2010 фирмы «Shimadzu», газ-носитель – гелий, скорость потока через колонку 1 мл/мин, температура инжектора 300 °С.

Верхняя парафиновая фракция пиролизной жидкости растворялась в гексане, а нижняя часть в изопропиловом спирте в соотношениях 10:90.

Полученные результаты анализа химического состава жидких продуктов пиролиза упаковки Tetra Pak: парафиновой и смолянистой фракции, представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 - Химический состав парафиновой фракции полученной при пиролизе упаковки Tetra Pak

Название	Состав, %м
Алканы	25,84
Алкены	13,45
Жирные спирты	13,04
Диены	1,60
Ароматические углеводороды	1,53
Не идентифицировано	44,54

Таблица 2 - Химический состав смолянистой фракции полученной при пиролизе упаковки «Tetra Pak»

Название	Состав, %м
Левоглюкозан	73,74
Ангидриды сахаров	5,64
Кислоты	5,30
Кетоны	3,27
Альдегиды	0,83
Не идентифицировано	11,22

Парафиновая фракция преимущественно представлена алканами, алкенами и жирными спиртами. Они могут быть использованы в качестве химического сырья или как добавки в топливо. Алканы представлены в виде C_7H_{16} , $C_{11}H_{24}$, $C_{13}H_{28}$. Жирные спирты представлены в виде ряда $C_{21}-C_{28}$. Не идентифицировано 44,54 % веществ.

В смолянистой фракции, в основном, представлены продукты термического разложения целлюлозы – левоглюкозан и ангидриды сахаров. Левоглюкозан может быть использован для производства

полиуретанов, как химическое сырье для производства термостойких полимеров, в фармацевтической промышленности и для производства этанола [10].

Проведенные исследования показали возможность переработки упаковочного материала Tetra Pak методом пиролиза с получением жидких продуктов до 30%, состоящие из парафиновой (до 8%) и смолянистой фракций.

Литература

1. Pyrolysis of the Tetra Pak /AhmetKorkmaz, JaleYanik, MihaiBreb, Cornelia Vasile // Waste Management Volume 29, Issue 11, November 2009, Pages 2836-2841.
2. Tetra Pak в цифрах [электронный ресурс]. – URL: <http://www.tetrapak.com/su/about-tetra-pak/the-company/facts-and-figures/> (дата обращения: 21.09.2014).
3. Разработка комплексной технологии переработки комбинированной упаковки «Тетра пак» / Л.А. Иванова, А.А. Глазова, В.А. Репник, Н.В. Здоровило, Ю.В. Шелудько // Экология и промышленность России, декабрь 2012, С. 26-29.
4. Термохимическая переработка лигноцеллюлозного сырья в биотопливо и химические продукты / Грачев А.Н., Макаров А.А., Забелкин С.А., Башкиров В.Н. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 21. С. 109-111.
5. Энергетическое использование пиролизной жидкости /Забелкин С.А., Грачев А.Н., Башкиров В.Н., Мулламухаматов Ф.И. // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 10. С. 369-374.
6. К вопросу применения жидких продуктов пиролиза древесины для получения компонента вяжущего для дорожного строительства /Файзрахманова Г.М., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Башкиров В.Н. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 2-3 (7-3). С. 174-176.
7. Использование древесной пиролизной жидкости для получения компонента вяжущего для дорожного строительства /Файзрахманова Г.М., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Башкиров В.Н., Макаров А.А. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 8. С. 312-314.
8. К вопросу использования жидких продуктов пиролиза древесины в качестве связующего для брикетирования /Гильфанов М.Ф., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Башкиров В.Н. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 21. С. 106-108.
9. Исследование термохимического метода переработки органических отходов агропромышленного комплекса, деревообрабатывающей и лесной промышленности /Гильфанов М.Ф., Башкиров В.Н., Файзрахманова Г.М., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Халитов А.З., Земсков И.Г. // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 18. С. 66-68.
10. Biomasspyrolysisforchemicals /PauldeWild //P.173 2011.

© А. А. Макаров - канд. техн. наук, доц., докторант каф. химической технологии древесины КНИТУ, smakarov86@gmail.com; А. Н. Грачев – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, energolesprom@gmail.com; С.А. Забелкин - канд. техн. наук, доц., докторант той же кафедры, smakarov86@gmail.com; И. Г. Земсков – асп. той же кафедры.

© А. А. Makarov - Ph.D., Associate Professor, Department of "Chemical Technology of wood", KNRTU, smakarov86@gmail.com; A. N. Grachev - Ph.D., Professor, Department of "Chemical Technology of wood", KNRTU, energolesprom@gmail.com; S. A. Zabelkin - Ph.D., Associate Professor, Department of "Chemical Technology of wood", KNRTU, smakarov86@gmail.com; I. G. Zemskov - postgraduate student, KNRTU.