

7. A.Ya. Pak, K.B. Larionov, E.N. Kolobova, K.V. Slyusarskiy, J. Bolatova, S.A. Yankovsky, V.O. Stoyanovskii, Yu.Z. Vassilyeva, V.E. Gubin. A novel approach of waste tires rubber utilization via ambient air direct current arc discharge plasma. Fuel Processing Technology. Volume 227, March 2022, 107111.

Научный руководитель: к.т.н. Д.В. Гвоздяков, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЖИГАНИЯ И ГОРЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ВЫПОЛНЕННОГО НА ОСНОВЕ ПИРОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ, ПОЛУЧЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ БИОМАССЫ

А.Ж. Калтаев¹, К.Б. Ларионов^{1,2}, В.Е. Губин¹

Томский политехнический университет¹

Кузбасский государственный технический университет²

ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова¹, группа А1-46¹

Биомасса является устойчивым возобновляемым ресурсом и может стать заменой ископаемого топлива [1]. Согласно данным [2] ежегодное количество получаемого электричество из биомассы за последние 20 лет возросло в 4 раза (рисунок 1). Учитывая постоянно растущее потребление электричества [3] применение биомассы в качестве топлива является перспективным.

Однако биомасса обладает рядом недостатков: высокая влажность, малая насыпная, энергетическая плотность и быстрое загнивание [4]. Перечисленные особенности затрудняют использование биомассы в качестве топлива. В настоящее время применяют не биомассу, а продукты её термической или химической конверсии. Термические методы конверсии биомассы такие как пиролиз, газификация, торрефикация и гидротермальное сжижение широко применяются для производства масла, полукокса и газа [5].

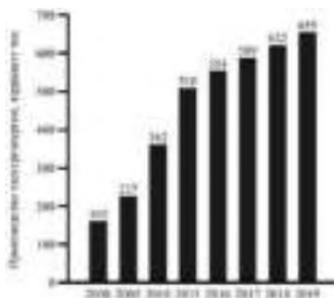


Рис. 1. Производство электроэнергии из биомассы во всем мире с 2000 по 2019 год [2]

“Сырое” масло, получаемое в процессе перечисленных методов, содержит пирогенетическую жидкость (ПЖ), которое негативно сказывается на свойствах масла [6]. К этим характеристикам относятся термическая нестабильность, низкая теплотворная способность из-за высокого содержания воды и фазовая нестабильность [7, 8]. Поэтому ПЖ можно рассматривать как отход термической обработки, который требует дальнейшего обращения.

ПЖ представляет собой смесь воды, органических и неорганических водорастворимых соединений с высокой концентрацией углерода и азота. Наиболее часто встречающимися веществами являются кислоты с короткой цепью, а также и фураны, фенолы, спирты и N-гетероциклические соединения [9, 10]. Учитывая высокие концентрации различных химических веществ, прямой сброс ПЖ в водоемы или в грунт запрещен, поскольку это может привести к загрязнению воды и эвтрофикации [5]. Существуют следующие методы утилизации

ПЖ: выпаривание, утилизация в составе с жидким или твердым топливом [11, 12]. Выпаривание по очевидным соображениям является экономически и энергетически невыгодным. Утилизация же с твердым топливом является как экономически, так и экологически выгодным [13].

Как отмечено авторами работы [14] состав лигноцеллюлозной биомассы влияет на состав конечных продуктов пиролиза. Авторы подчеркивают, что целлюлоза и гемицеллюлоза способствуют получению жидких продуктов пиролиза, а лигнин дает больший выход твердых продуктов. Влияние неорганических минеральных веществ оценить трудно, так как они зависят от условий роста, времени сбора урожая и от типа биомассы. Таким образом, влияние ПЖ полученной после пиролиза различной биомассы на характеристики зажигания и горения можно оценить только экспериментальным способом.

В настоящей работе были проведены экспериментальные исследования для получения характеристик зажигания и горения водоугольных суспензий на основе фильтр-кека и пироге-нетической жидкости, полученной при пиролизе различной лигниноцеллюлозной биомассы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering / G.W. Huber, S. Iborra, A. Corma // *Chemical Reviews*. – 2006. – V. 106. – No. 9. – P. 4044-4098.
2. Biomass electricity generation worldwide from 2000 to 2019. Statista. 2022. URL: <https://www.statista.com/statistics/481743/biomass-electricity-production-worldwide/> (Дата обращения: 07.11.2022).
3. BP Statistical Review of World Energy // *British petroleum*. – 2021. – 60 p.
4. Сухоцкий А.Б., Фарафонов В.Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Минск: БГТУ, 2009. – 246 с.
5. Valorization of the aqueous phase produced from wet and dry thermochemical processing biomass: A review / L. Leng, L. Yang, J. Chen, Y. Hu, H. Li, H. Li, S. Jiang, H. Peng, X. Yuan, H. Huang // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – V. 294. – P. 126238.
6. Separation of acid compounds for refining biomass pyrolysis oil / Z. GUO, S. WANG, Y. ZHU, Z. LUO, K. CEN // *Journal of Fuel Chemistry and Technology*. – 2009. – V. 37. – No. 1. – P. 49–52.
7. Synthesis of transportation fuels from biomass: Chemistry, catalysts, and engineering / G.W. Huber, S. Iborra, A. Corma // *Chemical Reviews*. – 2006. – V. 106. – No. 9. – P. 4044-4098.
8. Biomass fast pyrolysis / A. Bridgewater // *Thermal Science*. – 2004. – V. 8. – No. 2. – P. 21- 50.
9. Use of microalgae to recycle nutrients in aqueous phase derived from hydrothermal liquefaction process / L. Leng, J. Li, Z. Wen, W. Zhou // *Bioresource Technology*. – 2018. – V. 256. - P. 529–542.
10. Chemical compositions and wastewater properties of aqueous phase (wastewater) produced from the hydrothermal treatment of wet biomass: A review / L. Leng, W. Zhou // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. – 2018. – V. 40. – No. 22. – P. 2648-2659.
11. Energy recycling of pyrolysis water as a part of coal-water fuel / K.B. Larionov, D.V. Gvozdyakov, A.V. Zenkov, A.Z. Kaltaev, A.A. Ulko, V.E. Gubin // *International Journal of Energy Research*. – 2021. – V. 45. – No. 10. – P. 14895-14909.
12. Emulsification of Water and Pyrolysis Oil by Sorbitol Derivative Surfactants / P. Kittipoomwong, M. Narasingha // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – V. 633- 634. – P. 537-540.
13. The influence of liquid plant additives on the anthropogenic gas emissions from the combustion of coal-water slurries / G.S. Nyashina, P.A. Strizhak // *Environmental Pollution*. – 2018. – V. 242. – P. 31-41.

14. Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review of product properties and effects of pyrolysis parameters / T. Kan, V. Strezov, T.J. Evans // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – V. 57. – P. 1126-1140.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект 075-03-2021-138/3 (FZES-2021-0008)).

Научный руководитель: доцент, к.т.н. В.Е. Губин, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО СИНТЕЗА КАРБИДА ВОЛЬФРАМА ИЗ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА РУДЫ

А.И. Кокорина¹, Ж. Болатова²
Томский политехнический университет
¹ИЯТШ, ОЭФ, 0Б91, ²ИШИТР, А0-08

Карбид вольфрама WC характеризуется рядом перспективных физических и химических свойств: высокие твердость и износостойкость, высокая температура плавления, высокие электро- и теплопроводность, а также сопротивление коррозии и устойчивость к воздействию кислот и щелочей. Карбид вольфрама является перспективным носителем катализатора в реакциях получения водорода благодаря таким факторам, как повышение каталитической активности платины в контакте с WC, снижение энергии активации реакции и стоимости [1].

На данный момент актуальна проблема развития методов получения карбида вольфрама из руды, характеризующихся малым количеством стадий, в отличие от традиционных методов [2]. Одним из таких методов является электродуговой. В данной работе применяется перспективная модификация данного метода, отличающаяся отсутствием необходимости организации вакуума или защитной газовой среды в процессе синтеза [3].

Исходная руда содержала три основные фазы: шеелит CaWO_4 , гюбнерит MnWO_4 и ферберит FeWO_4 . С целью уменьшения содержания железа была проведена магнитная сепарация, затем руду перемалывали. Данные рентгенофлуоресцентного анализа подтвердили уменьшение содержания железа и увеличение содержания вольфрама в руде в результате обработки.

Синтез карбида вольфрама WC из обработанной руды проводился на электродуговом реакторе с графитовыми электродами. Смесь исходных реагентов – обработанной руды и сибунита (сибирского углеродного носителя) – закладывали в полый катод, выполненный в форме тигля, в полости которого поджигался разряд. В процессе синтеза, согласно диаграмме состояний «вольфрам-углерод», достигаются условия для образования карбида вольфрама WC, так как температура в плазменном факеле составляет несколько тысяч градусов. При этом наблюдается интенсивное выделение угарного и углекислого газов, которые экранируют реакционный объем от кислорода воздуха. Благодаря данному явлению возможно реализовать электродуговой синтез в рассматриваемой системе, иницируя дуговой разряд в открытой воздушной среде.

В ходе данной работы были определены три параметра синтеза: соотношение масс исходных реагентов (обработанная руда и сибунит), ток и время. Соответственно, были проведены три серии экспериментов. Полученные порошки анализировали методом рентгеновской дифракции на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000s. Была построена зависимость фазового состава продукта синтеза от каждого из параметров.

В первой серии экспериментов изменяли соотношение масс сибунита и обработанной руды от 1:18,9 до 1:2,7, при этом были выбраны максимальные параметры тока $I = 220$ А и времени $t = 45$ с. В результате рентгенофазового анализа полученных образцов установлено,