

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А.И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Кошеков К.Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е.В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.,	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***А. С. Никифоров¹, А. К. Кинжибекова², Ш. М. Нуркина³,
Ю. В. Брусенко⁴**

^{1,2,3,4}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОУГОЛЬНОГО БРИКЕТА ИЗ ЛИСТЬЕВ И УГЛЯ

Применение биомассы как источника получения тепловой энергии является одним из перспективных и развивающихся направлений. Добавление к биомассе отходов угольной промышленности в виде пыли и мелочи позволит получить брикет с улучшенными физическими и термическими характеристиками, отличающийся высокой прочностью и теплотой сгорания.

В статье представлен способ изготовления и получения биоугольного брикета, а также методы, используемые для определения его основных теплотехнических характеристик.

В ходе проведения исследования был получен биоугольный брикет, для изготовления которого в качестве сырья использовали сухие опавшие листья и угольную пыль Экибастузского месторождения. Экспериментальным путем установлены основные теплотехнические характеристики брикета, а именно: влажность, зольность, выход летучих, плотность и прочность. Смесь из угольной пыли и сухих листьев позволяет получить высококалорийный брикет с теплотой сгорания 18,0 МДж/кг. Влажность и выход летучих находятся в допустимых пределах. Содержание в брикете сухих листьев, в качестве основного компонента, увеличивает его прочность и плотность. Полученный биоугольный брикет является экологически безвредным, отличается малой стоимостью и обладает хорошими теплотехническими характеристиками, поэтому использование его в качестве топлива является целесообразным.

Ключевые слова: топливные брикеты, органические отходы, промышленные отходы, брикетирование, альтернативные источники энергии.

Введение

В современном мире ежегодно возрастает потребление энергетических ресурсов, это обуславливается высокими темпами развития инфраструктуры и повышением количества мирового населения. Сжигание традиционных источников энергии сопровождается негативным воздействием на окружающую среду. Согласно сведениям «British Petroleum», выбросы диоксида углерода на территории Казахстана, за последние 70 лет, увеличились в три раза, воздействие которого пагубно влияет на изменение климата [1].

Изучение вопроса использования отходов биомассы, в качестве топливного сырья, широко практикуется в развивающихся странах. Биомасса – это источник энергии, полученный из органических веществ, таких как растительные материалы, древесина и сельскохозяйственные отходы.

На территории Казахстана ежегодно образуются тонны промышленных (700 млн. тонн) и сельскохозяйственных (около 13 млн. тонн, бобовые, зерновые и масличные культуры) отходов, которые не утилизируются должным образом и размещаются на полигонах [2], [3].

Использование биомассы, в качестве альтернативного источника энергии, имеет ряд преимуществ:

в первую очередь это – доступность;

малые выбросы диоксида углерода, выделяется ровно столько, сколько растение поглотило в процессе своего роста, как следствие - снижение антропогенной нагрузки на климат;

количество содержащихся в составе биомассы элементов азота (от 0,3 до 1,2 %) и серы (от 0,02 до 0,2 %) разительно ниже, в сравнении с углем - азот от 0,6 до 2 %, сера от 0,3 до 1,8 % [4].

Биомассу в ее обычной форме трудно хранить, транспортировать, обрабатывать и эксплуатировать из-за следующих факторов: высокое содержание влаги, низкая насыпная плотность и различность размеров фракций. Данные трудности можно преодолеть, используя технологию брикетирования — это процесс уплотнения отходов в однородный твердый брикет.

Недавние исследования показали, что смешивание угля и биомассы позволит получить экологически чистый биоугольный брикет, обладающий высокими теплотехническими и физическими характеристиками [5]. Уголь и биомасса различные по элементному составу, уголь включает высокое содержание углерода и теплосодержание, но низкий выход летучих, биомасса же имеет высокое содержание летучих, но низкое содержание углерода [6].

Для исследования характеристик брикетов из различных растительных и промышленных отходов производилось множество экспериментов, например, были определены теплотехнические характеристики брикетов из: лузги риса,

кокоса и кофейных зерен [7], листьев ареки [8], смеси лузги арахиса и угля [5], сланцевой мелочи и древесных опилок [9], лузги подсолнечника [10].

Материалы и методы

Для исследования характеристик биоугольного брикета, в данной экспериментальной работе, в качестве исходного сырья использовались опавшие листья и уголь из Экибастузского бассейна, в соотношении 60:40.

Способ изготовления брикета (рисунок 1) заключается в следующем: листья, предварительно высушенные от влаги и очищенные от крупных инородных включений, измельчают до размера фракций менее 3 мм. Измельченное сырье подвергается повторной очистке, с помощью сита, от песка. Далее, измельченные листья смешивают с угольной пылью и тщательно перемешиваются, масса смеси составляет 10 г. Полученную смесь формируют в цилиндрическом формовочном блоке и подвергают прессованию, на гидравлическом прессе, под давлением 25 МПа, соблюдая время выдержки 40 секунд.



Рисунок 1. Биоугольный брикет из ливствы и угля
Экибастузского месторождения

Содержание влаги в полученных брикетных образцах определялось в соответствии с [11], путем нагрева навески в сушильном шкафу, при температуре 105 ± 2 °C в течение 60 минут. Перед экспериментом и по его окончанию необходимо произвести взвешивание навески. Вычисление массовой доли испарившейся влаги в процентах, определяется исходя из потери массы образца.

Зольность определялась в соответствии с [12] методом сжигания навески брикета в муфельной печи, при температуре 500 °C в течение 30 минут и прокаливании зольного остатка при температуре 815 ± 10 °C. После окончания сжигания навесок топлива и прокаливании зольных остатков, тигли охлаждают и производят взвешивание, для определения массы образовавшейся золы.

Механическая прочность брикетов определялась в соответствии с [13]. Брикетные образцы помещают в специальный вращающийся барабан, где они соударяются и со стенками камеры. Вычисление прочности производят исходя из массы образца, оставшегося после истирания и отделения сломанных фракций.

Определение насыпной плотности производилось в соответствии с [14]. Следуя данной методике, в контейнер объемом от 5 до 50 литров, засыпают исследуемые образцы. Для уплотнения пробы, заполненный контейнер подвергается ударам, путем его падения с высоты 150 мм. После уплотнения, пустое пространство контейнера заполняется пробой и взвешивается. Вычисление величины насыпной плотности рассчитывается исходя из массы нетто и внутреннего объема контейнера.

Измерение содержания летучих веществ производилось согласно с методом [15]. Тигель с навеской исследуемого образца (заранее взвешенный), нагревали в муфельной при температуре 900 ± 10 °С в течении 7 минут, без доступа воздуха. Исходя из массы, потерянной в ходе нагрева пробы, рассчитывается процент выхода летучих.

Определение теплоты сгорания производилось расчетным путем, на основе данных некоторых листьев (березы, тополя, клена) и угля Экибастузского месторождения. Теплота сгорания перечисленных листьев варьируется от 16046 до 20247 кДж/кг [16], а угля - 16945 кДж/кг. Количество листьев в общей их массе (100 %) принято одинаковым и составило 33,3% каждого вида. Итоговая теплота сгорания листьев 6 г – 11247 кДж/кг, угля в 4 г – 6778 кДж/кг.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования были определены основные теплотехнические характеристики: зольность, влагосодержание, прочность, плотность и выход летучих, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики биоугольных брикетов из листьев и угольной пыли в соотношении 60:40

Влажность, [%]	Зольность [%]	Выход летучих [%]	Плотность [%]	Прочность [%]	Теплота сгорания [кДж/кг]
8,00	14,0	17,0	1121,65	93,7	18025

Результаты исследований зольности угольных брикетов показали, что массовая доля золы в брикетах из листьев и угольной пыли составила 14 %, что превышает предельно допустимые значения европейским стандартом

[17], так как используемая угольная пыль Экибастузского месторождения содержит около 40 % золы.

Содержание влаги в полученных брикетах составило 8 %, данный результат входит в допустимые пределы стандарта качества [17].

Выход летучих веществ биоугольных брикетов составил 17 %. Для сравнения, выход летучих у брикетов из лузги арахиса и угля в соотношении 60:40 составляет 34,8 % [5], с лузгой риса в пределах 22 % [7], каменного угля лежит в пределах от 10 % до 50 %.

Результаты исследования для определения механической прочности биоугольных брикетов показали, что полученный образец обладает достаточно высокой степенью прочности 93,7 % и плотности 1121,65 % что соответствует европейскому стандарту [18] и гарантирует целостность при транспортировке и хранении брикетов.

Теплота сгорания исследуемого биоугольного брикета составила 18025 кДж/кг. Полученный результат превышает теплотворную способность Экибастузского угля (16945 кДж/кг) и соответствует стандарту.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант №AP14869152).

Выводы

Отходы из сухих листьев имеют значительный потенциал для использования в качестве сырья биоугольных брикетов;

Смесь из угольной пыли и сухих листьев позволяет получить высококалорийный брикет с теплотой сгорания 18,0 МДж/кг. Влажность и выход летучих находятся в допустимых пределах;

Содержание в брикете сухих листьев, в качестве основного компонента, увеличивает его прочность и плотность;

Полученный биоугольный брикет является экологически безвредным, отличается малой стоимостью и обладает хорошими теплотехническими характеристиками, поэтому использование его в качестве топлива является целесообразным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Выбросы диоксида углерода в Казахстане по видам топлива [Электронный ресурс]. – <https://ourworldindata.org>.

2 **Бимендина, Г. А., Баймаганбетов, Б. У., Узбаев, М. Б., Мендыбаев, М. Ж.** Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2019 год [Текст]. – Нур-Султан, 2020. – 254 с.

3 Статистика сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. –<https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/6>.

4 Характеристики биомассы [Электронный ресурс]. –<http://www.gigavat.com>.

5 **Ikelle, I., Nworu, J., Sundaya, Nworie, F., Sundayb, Jedidiah, J.** Thermal Analyses of Briquette Fuels Produced from Coal Dust and Groundnut Husk // Acta Chemica Malaysia, 2020. – № 1(4). – P. 27.

6 **Jamilatun, S.** Character of Ignition and Burning of Burning of Biomass Briquettes and wood Charcoal // J. Rekayasa Proses, 2008. – P. 40.

7 **Nurhilal, O., Yuliah, Y., Mulyana, C.** Combustion quality analysis of briquettes from variety of agricultural waste as source of alternative fuels // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2017. – № 65. – P. 6.

8 **Deepak, K. B., Manujesh, B. J., Vivek, S., Yashas, B. K.** Biomass: Turning Agricultural Waste to Green Power // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2018. – № 376. – P. 10.

9 **Назаренко, М. Ю., Кондрашева, Н. К., Салтыкова, С. Н., Бажин, В. Ю.** Физические характеристики брикетов, полученных из сланцевой мелочи и древесных опилок [Текст] // Известия ТПУ. – 2016. – № 3. – С. 67–74.

10 **Тунцев, Д. В., Харьков, В. В., Кузнецов, М. Г.** Переработка лузги подсолнечника в угольные брикеты высокой прочности [Текст] // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – № 4(56). – С. 86–90.

11 ГОСТ Р 54186–2010. Биотопливо твёрдое. Определение содержания влаги высушиванием [Текст]. – М., 2010. – 8 с.

12 ГОСТ Р 54185–2010. Биотопливо твёрдое. Определение зольности [Текст]. – М., 2010. – 8 с.

13 ГОСТ Р 55111–2012. Биотопливо твёрдое. Определение механической прочности пеллет и брикетов [Текст]. – М., 2014. – 5 с.

14 ГОСТ 32987–2014. Биотопливо твёрдое. Определение насыпной плотности [Текст]. – М., 2015. – 12 с.

15 ГОСТ 32990–2014. Биотопливо твёрдое. Определение выхода летучих веществ [Текст]. – М., 2013. – 15 с.

16 **Pnakovic, L., Dzurenda, L.** Combustion Characteristics of Fallen Fall Leaves from Ornamental Trees in City and Forest Parks // BioResources, 2015. – № 10. – P. 5563–5572.

17 Европейский стандарт качества брикетов [Электронный ресурс]. – <http://biotoprk.ru>.

REFERENCES

- 1 Vybrosoy dioksida ugleroda v Kazahstane po vidam topliva [Carbon dioxide emissions in Kazakhstan by fuel type] [Electronic resource]. – <https://ourworldindata.org>.
- 2 **Bimendina, G. A., Baimaganbetov, B. U., Uzbaev, M. B., Mendybaev, M. Zh.** Svodnyj analiticheskij otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazahstan za 2019 god [Consolidated analytical report on the state and use of lands of the Republic of Kazakhstan for 2019] [Text]. – Nur–Sultan, 2020. – 254 p.
- 3 Statistika sel'skogo, lesnogo, ohotnich'ego i rybnogo hozyajstva Respubliki Kazahstan [Statistics of agriculture, forestry, hunting and fisheries of the Republic of Kazakhstan]. [Electronic resource]. – <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/6>.
- 4 Harakteristiki biomassy [Biomass Characteristics] [Electronic resource]. – <http://www.gigavat.com>.
- 5 **Ikelle, I., Nworu, J., Sundaya, Nworie, F., Sundayb, Jedidiah, J.** Thermal Analyses of Briquette Fuels Produced from Coal Dust and Groundnut Husk // Acta Chemica Malaysia, 2020. – № 1(4). – P. 27.
- 6 **Jamilatun, S.** Character of Ignition and Burning of Burning of Biomass Briquettes and wood Charcoal // J. Rekayasa Proses, 2008. – P. 40.
- 7 **Nurhilal, O., Yuliah, Y., Mulyana, C.** Combustion quality analysis of briquettes from variety of agricultural waste as source of alternative fuels // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2017. – № 65. – P. 6.
- 8 **Deepak, K. B., Manujesh, B. J., Vivek, S., Yashas, B. K.** Biomass: Turning Agricultural Waste to Green Power // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2018. – № 376. – P. 10.
- 9 **Nazarenko, M. Yu., Kondrasheva, N. K., Saltykova, S. N., Bazhin, V. Yu.** Fizicheskie harakteristiki briketov, poluchennyh iz slancevoj melochi i drevesnyh opilok [Physical characteristics of briquettes obtained from shale fines and sawdust] [Text] // Izvestiya TPU. – 2016. – № 3. – P. 67–74.
- 10 **Tuncev, D. V., Kharkov, V. V., Kuznetsov, M. G.** Pererabotka luzgi podsolnechnika v ugol'nye brikyety vysokoj prochnosti [Processing sunflower husks into high-strength coal briquettes] [Text] // Vestnik Kazanskogo GAU. – 2019. – № 4(56). – P. 86–90.
- 11 GOST R 54186–2010. Biotoplivo tvyordoe. Opredelenie sodержaniya vlagi vysushivaniem [Biofuels are solid. Determination of moisture content by drying] [Text]. – Moscow, 2010. – 8 p.
- 12 GOST R 54185–2010. Biotoplivo tvyordoe. Opredelenie zol'nosti [Biofuels are solid. Determination of ash content] [Text]. – Moscow, 2010. – 8 p.

13 GOST R 55111–2012. Bioplivo tvordoe. Opredelenie mekhanicheskoy prochnosti pellet i briketov [Biofuels are solid. Determination of the mechanical strength of pellets and briquettes] [Text]. – Moscow, 2014. – 5 p.

14 GOST 32987–2014. Bioplivo tvordoe. Opredelenie nasypnoj plotnosti [Biofuels are solid. Determination of bulk density] [Text]. – Moscow, 2015. – 12 p.

15 GOST 32990–2014. Bioplivo tvordoe. Opredelenie vyhoda letuchih veshchestv [Biofuels are solid. Determination of the yield of volatile substances] [Text]. – Moscow, 2013. – 15 p.

16 Pnakovic, L., Dzurenda, L. Combustion Characteristics of Fallen Fall Leaves from Ornamental Trees in City and Forest Parks // BioResources, 2015. – № 10. – P. 5563–5572.

17 Evropejskij standart kachestva briketov [European quality standards for briquettes] [Electronic resource]. – <http://biotoprk.ru>.

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

*А. С. Никифоров¹, А. К. Кинжибекова², Ш. М. Нуркина³, Ю. В. Брусенко⁴

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

ЖАПЫРАҚТАР МЕН КӨМІРДЕН БИО КӨМІР БРИКЕТІНІҢ ЖЫЛУ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Биомассаны жылу энергиясының көзі ретінде пайдалану келешегі зор және дамушы бағыттардың бірі болып табылады. Көмір өнеркәсібінің қалдықтарын шаң және ұсақ бөлшектер түріндегі биомассаға қосу жоғары беріктігімен және жылулық құндылығымен сипатталатын жақсартылған физикалық және жылулық сипаттамалары бар брикет алуға мүмкіндік береді.

Мақалада биокөмір брикетін өндіру және алу әдісі, сонымен қатар оның негізгі термиялық сипаттамаларын анықтау үшін қолданылатын әдістер келтірілген.

Зерттеу барысында биокөмір брикеті алынды, оны өндіру үшін шикізат ретінде Екібастұз кен орнының құрғақ құлаған жапырақтары мен көмір шаңы пайдаланылды. Брикеттің негізгі жылулық сипаттамалары эксперименталды түрде анықталды, атап айтқанда: ылғалдылық, күлділік, ұшап өнімділік, тығыздық және беріктік. Көмір шаңы мен құрғақ жапырақтардың қоспасы

18,0 МДж/кг калориялық жоғары калориялы брикет алуға мүмкіндік береді. Ылғалдылық және ұшына шығыс рұқсат етілген шектерде. Брикеттегі құрғақ жапырақтардың мазмұны, негізгі компонент ретінде, оның беріктігі мен тығыздығын арттырады. Алынған биокөмір брикет экологиялық таза, құны төмен және жақсы термиялық өнімділікке ие, сондықтан оны отын ретінде пайдалану орынды.

Кілтті сөздер: жанармай брикеттері, органикалық қалдықтар, өнеркәсіптік қалдықтар, брикеттеу, баламалы энергия көздері.

**A. S. Nikiforov¹, A. K. Kinzhibekova², Sh. M. Nurkina³, Y. V. Brussenko⁴*

^{1,2,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 15.12.22

STUDY OF HEAT TECHNICAL CHARACTERISTICS OF A BIOCOAL BRIQUETTE FROM LEAVES AND COAL

The use of biomass as a source of thermal energy is one of the promising and developing areas. The addition of coal industry waste in the form of dust and fines to the biomass will make it possible to obtain a briquette with improved physical and thermal characteristics, characterized by high strength and calorific value.

The article presents a method for manufacturing and obtaining a bio-coal briquette, as well as methods used to determine its main thermal characteristics.

In the course of the study, a bio-coal briquette was obtained, for the manufacture of which dry fallen leaves and coal dust of the Ekibastuz deposit were used as raw materials. The main thermal characteristics of the briquette were experimentally established, namely: humidity, ash content, volatile output, density and strength. A mixture of coal dust and dry leaves makes it possible to obtain a high-calorie briquette with a calorific value of 18.0 MJ/kg. Humidity and volatile output are within acceptable limits. The content of dry leaves in the briquette, as the main component, increases its strength and density. The resulting bio-coal briquette is environmentally friendly, low cost and has good thermal performance, so its use as a fuel is appropriate.

Keywords: fuel briquettes, organic waste, industrial waste, briquetting, alternative energy sources.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz