

–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

№ 1 (2024)

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/KOTB8442>

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 алқасы – 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>
Кошкеков 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

МРНТИ 44.31.35

<https://doi.org/10.48081/MAJV7243>**А. К. Кинжибекова, *Л. В. Дмитриенко, А. П. Плевако**^{1,2,3}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар*e-mail: luba_pavlova97@mail.ru

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ БИОУГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматривается вопрос использования сырья для производства биоугольных брикетов на основе специализированных отходов, образуемых в угольной промышленности, которые не подлежат самостоятельному использованию и включению в процесс рециклинга. Предлагается комбинирование отходов угольной промышленности с некоторыми видами растительных отходов, среди которых в исследовании используются: лузга подсолнечника, лузга гречихи, опавшая листва и жмых подсолнечника. Производство биоугольных брикетов должно базироваться на определенных топливных характеристиках, таких как низшая теплота сгорания и выход летучих веществ на горючую массу, которые формируются за счет комбинирования растительных отходов и отходов угольной промышленности в определенных соотношениях: 20:80 %, 30:70 %, 40:60 %, 50:50 %, 60:40 %, 70:30 %, 80:20 %. Выявление преимущественных характеристик биотопливных брикетов осуществлено на основе определения элементного состава. Это позволило выявить оптимальное соотношение компонентов в составе исследуемых образцов, а также определить наиболее предпочтительные и балластные компоненты. Выявлены образцы, наиболее подходящие с позиции теплотворной способности. Выполнен сравнительный анализ данных по теплоте сгорания биоугольных брикетов, полученных расчетным методом и данные по теплотворной способности тех же брикетов, определенных экспериментальным

путем в Институте химии и угля (г. Астана). Определено, что выбор биоугольных брикетов должен основываться на самом процессе сжигания и конкретных его потребностях, а также целях использования и определенной области их применения.

Ключевые слова: биоугольные брикеты, промышленные отходы, сельскохозяйственные отходы, элементный состав, теплотворная способность.

Введение

Потребление минерального топлива на сегодняшний день начинает контролироваться во многих странах. В соответствии с Киотским соглашением, а также нормативно-правовыми актами стран Евросоюза определена повышенная вредоносность продуктов сгорания невозобновляемого топлива [1, с. 41–43]. Многие предприятия работают на каменном угле, который при сгорании приводит к выбросу в атмосферу большого количества углекислого газа, окислов азота, серы, фосфора. Как перспективная альтернатива данному топливу начинает приобретать популярность использование биотоплива и применение альтернативных источников энергии [2, с. 138–141].

Брикетирование отходов сельскохозяйственного производства и угольной промышленности впервые было внедрено в начале 19 века Вишняковым В. П. Подобные брикеты он назвал карболеином. Биоуголь представляет собой биологический заменитель топлива, являющийся альтернативой таковому в каменном угле. Традиционные источники энергии до сих пор не уступают по конкуренции альтернативным энергоисточникам, несмотря на то, что основы идеи были заложены ещё в 1910 году химиком Бергиусом Ф. [3, с. 220–222].

В качестве сырья для производства биотоплива может использоваться как сама лесная или сельскохозяйственная продукция, так и их отходы. Однако в своем исходном виде данное сырье не подходит для сжигания в качестве топлива [4, с. 430–438; 5, с. 243–246]. Они должны быть высушены и пройти термическую обработку для повышения способности теплотворения и придания хрупкости [6, с. 172–185]. Брикеты обладают повышенными энергетическими свойствами и пользуются повышенной популярностью из-за возможности возобновления.

Существует классификация компонентов, делящая топливо на горючие и негорючие составляющие. Горючими веществами в составе топлива могут являться водород, углерод, соединения углеводов [7, с. 74–77]. Азот и кислород относится к внутреннему балласту топлива. Внешними балластными веществами выступают влага и зола. Углерод является основным источником тепла, который определяет повышенную

тепловую эффективность [8, с. 36–39]. Водород считается элементом, повышающим топливную калорийность. Сера присутствует в твердом виде топлива в форме органических, сульфатных соединений и соединений с железом. Кислород выступает в качестве балластного вещества, которое приводит к снижению тепловой ценности. Большое количество азота вызывает уменьшение доли горючей части в топливе. Зола является минеральным остатком, образующимся при полном или частичном окислении [9, с. 22–25]. Влага уменьшает ценность топлива с точки зрения его тепловой способности. При испарении она приводит к снижению температурных показателей, что влияет на объем теплоты, передаваемый к поверхностям нагрева [10, с. 475–487].

Таким образом, компонентный состав образуемых брикетов напрямую влияет на их способность генерировать тепло. По этой причине актуальным вопросом на сегодняшний день является определение элементного состава биоугольных брикетов с последующим анализом их теплотворной способности.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассмотрены биоугольные брикеты из промышленных и растительных отходов. Сырьем для данных брикетов были выбраны угольная пыль Шубаркульского и Майкубенского угольных разрезов, а также растительные отходы (листья, лузга гречихи, лузга подсолнечника и жмых подсолнечника). Состав и основные характеристики использованных в исследовании промышленных и растительных отходов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и топливные характеристики угольной пыли и растительных отходов [11; 12; 13]

Материалы исследования	Состав, %							Низшая теплота сгорания Q_n^p , МДж/кг	Выход летучих веществ на горючую массу V_f , %
	W^p	A^p	$S_{л}^p$	C^p	H^p	N^p	O^p		
Угольная пыль									
Угольная пыль Шубаркульского месторождения	14,5	6,54	0,43	60,63	5,14	0,9	11,86	24,16	44,5

Угольная пыль Майкубенского месторождения	18	11,91	0,48	51,72	3,75	0,69	13,45	19,47	42,1
Растительные отходы									
Листья	4,3	2,1	0,03	49,57	8,66	0,21	35,13	21,71	78
Лузга гречихи	6,4	2,3	0,25	44,12	5,3	1,5	40,13	15,86	73
Лузга подсолнечника	3	4,5	0,1	45,3	6,8	2	38,3	18,06	64
Жмых подсолнечника	3,5	2,3	0,08	48,52	6,2	2,8	36,6	18,70	55

Были исследованы следующие варианты смеси брикетов:

- угольная пыль Шубаркольского месторождения: лузга подсолнечника;
- угольная пыль Шубаркольского месторождения: лузга гречихи;
- угольная пыль Шубаркольского месторождения: листья;
- угольная пыль Шубаркольского месторождения: жмых подсолнечника;
- угольная пыль Майкубенского месторождения: лузга подсолнечника;
- угольная пыль Майкубенского месторождения: лузга гречихи;
- угольная пыль Майкубенского месторождения: листья;
- угольная пыль Майкубенского месторождения: жмых подсолнечника.

Для каждого типа биоугольного брикета были рассмотрены различные комбинации угольной пыли с растительными отходами в процентном соотношении 20:80 %, 30:70 %, 40:60 %, 50:50 %, 60:40 %, 70:30 %, 80:20 %.

Элементарный состав биоугольных брикетов определен методом математического расчета с учетом процентного содержания компонентов исходного сырья. Этот подход позволил получить состав брикетов с учетом доли каждого элемента исходного сырья в конечном продукте.

Для расчета низшей теплоты сгорания рабочей массы твердого и жидкого топлива используется формула, МДж/кг [14]:

$$Q_n^p = 338C^p + 1025H^p - 108,5(O^p - S_n^p) - 25W^p,$$

где $C^p, H^p, O^p, S_{д}^p, W^p$ – содержание элементов в рабочей массе топлива, %.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования позволили определить элементарный состав и выявить на основе этого топливные характеристики полученных биоугольных брикетов. Результаты анализа по определению элементного состава биоугольных брикетов представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты анализа брикетов из растительных отходов и угольной пыли Шубаркульского месторождения

Соотношение УП:РО	РО	Состав, %							$Q_{н}^p$, МДж/кг	V_r , %
		W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p		
80:20	ЛП	12,46	5,65	0,35	58,42	5,84	0,76	16,51	23,67	51,20
	ЛГ	12,88	5,69	0,39	57,33	5,17	1,02	17,51	22,50	50,20
	Л	12,20	6,13	0,36	57,56	5,47	1,12	17,15	22,94	48,40
	ЖП	12,30	5,69	0,36	58,21	5,35	1,28	16,81	23,07	46,60
70:30	ЛП	11,44	5,21	0,31	57,31	6,20	0,69	18,84	23,43	54,55
	ЛГ	12,07	5,27	0,38	55,68	5,19	1,08	20,34	21,67	53,05
	Л	11,05	5,93	0,33	56,03	5,64	1,23	19,79	22,33	50,35
	ЖП	11,20	5,27	0,33	57,00	5,46	1,47	19,28	22,52	47,65
60:40	ЛП	10,42	4,76	0,27	56,21	6,55	0,62	21,17	23,18	57,90
	ЛГ	11,26	4,84	0,36	54,03	5,20	1,14	23,17	20,84	55,90
	Л	9,90	5,72	0,30	54,50	5,80	1,34	22,44	21,72	52,30
	ЖП	10,10	4,84	0,29	55,79	5,56	1,66	21,76	21,98	48,70
50:50	ЛП	9,40	4,32	0,23	55,10	6,90	0,56	23,50	22,94	61,25
	ЛГ	10,45	4,42	0,34	52,38	5,22	1,20	26,00	20,01	58,75
	Л	8,75	5,52	0,27	52,97	5,97	1,45	25,08	21,11	54,25
	ЖП	9,00	4,42	0,26	54,58	5,67	1,85	24,23	21,43	49,75
40:60	ЛП	8,38	3,88	0,19	53,99	7,25	0,49	25,82	22,69	64,60
	ЛГ	9,64	4,00	0,32	50,72	5,24	1,26	28,82	19,18	55,90
	Л	7,60	5,32	0,23	51,43	6,14	1,56	27,72	20,50	56,20
	ЖП	7,90	4,00	0,22	53,36	5,78	2,04	26,70	20,89	50,80
30:70	ЛП	7,36	3,43	0,15	52,89	7,60	0,42	28,15	22,45	67,95
	ЛГ	8,83	3,57	0,30	49,07	5,25	1,32	31,65	18,35	64,45
	Л	6,45	5,11	0,20	49,90	6,30	1,67	30,37	19,89	58,15
	ЖП	6,80	3,57	0,19	52,15	5,88	2,23	29,18	20,34	51,85
20:80	ЛП	6,34	2,99	0,11	51,78	7,96	0,35	30,48	22,20	71,30
	ЛГ	8,02	3,15	0,29	47,42	5,27	1,38	34,48	17,52	67,30

	Л	5,30	4,91	0,17	48,37	6,47	1,78	33,01	19,28	60,10
	ЖП	5,70	3,15	0,15	50,94	5,99	2,42	31,65	19,80	52,90

* РО – растительные отходы, ЛП – лузга подсолнечника, ЛГ – лузга гречихи, Л – листья, ЖП – жмых подсолнечника, УП – угольная пыль

Полученные данные продемонстрировали, что наибольшее содержание углерода (от 58,21% до 58,42%) характерно для брикетов в соотношении 80:20 (угольная пыль и растительные отходы). Максимальное значение содержания углерода определено у брикетов, имеющих в составе лузгу и жмых подсолнечника. Минимальное содержание углерода (47,42%) наблюдается у брикетов, содержащих 20% лузги гречихи. Также для данного вида брикетов характерно большее количество балластных составляющих (кислород, азот).

Как известно, повышенное содержание влаги в топливе уменьшает его тепловую ценность. Максимальная концентрация влаги (12,88%) отмечено у тех же брикетов, содержащих 20% лузги гречихи.

Выход летучих веществ на горючую массу выше всего в образцах с меньшим содержанием угольной пыли. Максимальные показатели выхода летучих веществ характерны для биоугольных брикетов с использованием лузги подсолнечника (71,3%) и лузги гречихи (67,3%).

Высокие значения низшей теплоты сгорания выявлены во всех образцах с использованием жмыха и лузги подсолнечника вне зависимости от соотношения отходов (рисунок 1).

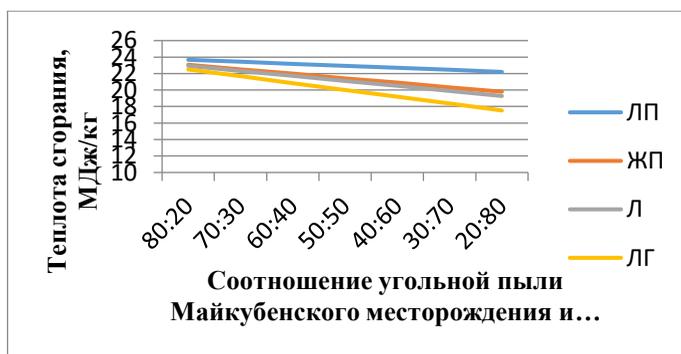


Рисунок 1 – Низшая теплота сгорания брикетов из растительных отходов и угольной пыли Шубаркульского месторождения

График на рисунке 1 позволяет нам выявить зависимость изменения низшей теплоты сгорания топливных брикетов от соотношения угольной

пыли и растительных отходов. Наблюдается общая тенденция снижения значения низшей теплоты сгорания при уменьшении содержания угольной пыли. Максимальные значения низшей теплоты сгорания выявлены в брикете из угольной пыли и лузги подсолнечника в соотношении 80:20 (23,67 МДж/кг) и жмыха подсолнечника в таком же соотношении (23,07 МДж/кг). Минимальные значения низшей теплоты сгорания имеют брикеты из угольной пыли и листьев в соотношении 20:80 (19,28 МДж/кг) и лузги гречихи в этом же соотношении (17,52 МДж/кг)

Результаты анализа брикетов из растительных отходов и угольной пыли Майкубенского месторождения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анализа брикетов из растительных отходов и угольной пыли Майкубенского месторождения

Соотношение УП:РО	РО	Состав, %							$Q_{н}^p$, МДж/кг г	V_r , %
		W ^p	A ^p	S ^p	C ^p	H ^p	N ^p	O ^p		
80:20	ЛП	15,26	9,95	0,39	51,29	4,73	0,59	17,79	19,92	49,28
	ЛГ	15,68	9,99	0,43	50,20	4,06	0,85	18,79	18,75	48,28
	Л	15,00	10,43	0,40	50,44	4,36	0,95	18,42	19,19	46,48
	ЖП	15,10	9,99	0,40	51,08	4,24	1,11	18,08	19,32	44,68
70:30	ЛП	13,89	8,97	0,35	51,08	5,22	0,55	19,95	20,14	52,87
	ЛГ	14,52	9,03	0,41	49,44	4,22	0,93	21,45	18,38	51,37
	Л	13,50	9,69	0,37	49,79	4,67	1,08	20,91	19,05	48,67
	ЖП	13,65	9,03	0,36	50,76	4,49	1,32	20,40	19,24	45,97
60:40	ЛП	12,52	7,99	0,30	50,86	5,71	0,50	22,12	20,37	56,46
	ЛГ	13,36	8,07	0,39	48,68	4,37	1,01	24,12	18,02	54,46
	Л	12,00	8,95	0,33	49,15	4,97	1,21	23,39	18,91	50,86
	ЖП	12,20	8,07	0,32	50,44	4,73	1,53	22,71	19,16	47,26
50:50	ЛП	11,15	7,01	0,26	50,65	6,21	0,45	24,29	20,59	60,05
	ЛГ	12,20	7,11	0,37	47,92	4,53	1,10	26,79	17,66	57,55
	Л	10,50	8,21	0,29	48,51	5,28	1,35	25,88	18,76	53,05
	ЖП	10,75	7,11	0,28	50,12	4,98	1,75	25,03	19,09	48,55
40:60	ЛП	9,78	6,02	0,21	50,43	6,70	0,40	26,46	20,82	63,64
	ЛГ	11,04	6,14	0,34	47,16	4,68	1,18	29,46	17,30	60,64
	Л	9,00	7,46	0,25	47,87	5,58	1,48	28,36	18,62	55,24
	ЖП	9,30	6,14	0,24	49,80	5,22	1,96	27,34	19,01	49,84
30:70	ЛП	8,41	5,04	0,17	50,22	7,19	0,35	28,63	21,04	67,23
	ЛГ	9,88	5,18	0,32	46,40	4,84	1,26	32,13	16,94	63,73

	Л	7,50	6,72	0,21	47,23	5,89	1,61	30,85	18,48	57,43
	ЖП	7,85	5,18	0,20	49,48	5,47	2,17	29,66	18,93	51,13
20:80	ЛП	7,04	4,06	0,12	50,00	7,68	0,31	30,79	21,27	70,82
	ЛГ	8,72	4,22	0,30	45,64	4,99	1,34	34,79	16,58	66,82
	Л	6,00	5,98	0,18	46,58	6,19	1,74	33,33	18,34	59,62
	ЖП	6,40	4,22	0,16	49,16	5,71	2,38	31,97	18,86	52,42

* ЛП – лузга подсолнечника, ЛГ – лузга гречихи, Л – листья, ЖП – жмых подсолнечника, УП – угольная пыль.

В соответствии с таблицей 3 определено, что наибольшее содержание углерода (от 51,08 % до 51,29 %) характерно для брикетов в соотношении 80:20 (угольная пыль и растительные отходы). Содержание углерода преобладает у брикетов из лузги подсолнечника и жмыха подсолнечника. Минимальное содержание углерода (45,64 %) выявлено у брикетов с содержанием 20 % лузги гречихи. Доминирование таких балластных веществ как азот и кислород также характерно для брикетов из лузги гречихи.

Увеличенное содержание влаги наблюдается у топливных брикетов с использованием лузги гречихи (15,68 %) и лузги подсолнечника (15, 26 %). Выход летучих веществ на горючую массу имеет наибольшее значение в образцах с меньшим содержанием угольной пыли. Максимальные показатели выхода летучих веществ характерны для биоугольных брикетов с использованием лузги подсолнечника в соотношении 20:80 (70,82%) и 30:70 (67,23 %).

Аналогично образцам брикетов с содержанием угольной пыли Шубаркульского месторождения, высокие значения низшей теплоты сгорания выявлены в образцах с использованием жмыха и лузги подсолнечника вне зависимости от соотношения отходов (Рисунок 2).

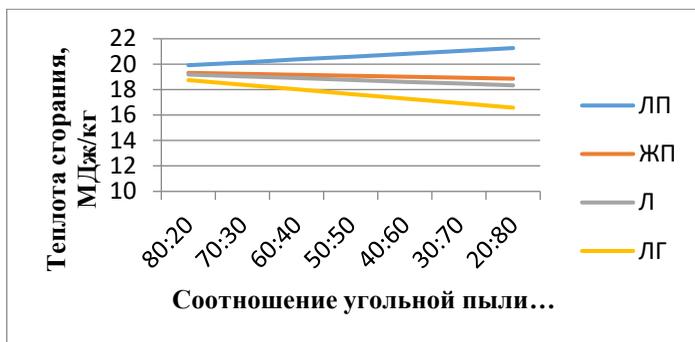


Рисунок 2 – Низшая теплота сгорания брикетов из растительных отходов и угольной пыли Майкубенского месторождения

Анализируя график, мы можем наблюдать увеличение значения нижней теплоты сгорания при уменьшении содержания угольной пыли у образцов с содержанием лузги подсолнечника (от 19,92 до 21,27 МДж/кг). При этом снижение значения нижней теплоты сгорания происходит у брикетов со жмыхом подсолнечника (от 19,32 до 18,86 МДж/кг), с листьями (от 19,19 до 18,34 МДж/кг) и лузгой гречихи (от 18,75 до 16,58 МДж/кг) при уменьшении содержания угольной пыли.

Полученные расчетным методом данные по теплоте сгорания биоугольных брикетов были сопоставлены с данными по теплотворной способности тех же брикетов, определенных экспериментальным путем в Институте химии и угля (г.Астана). Сравнительный анализ представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ теплоты сгорания топливных брикетов

Тип брикета	Теплота сгорания, МДж/кг (расчетный метод)	Теплота сгорания, МДж/кг (экспериментальный метод)	Процент расхождения, %
Л:УШ (50:50)	21,11	20,99	0,53
ЛП:УШ (50:50)	22,94	23,77	3,48
ЛП:УШ (80:20)	22,20	23,24	4,45
Л:УМ (50:50)	18,76	18,71	0,29

*УШ – уголь (Шубаркуль), УМ – уголь (Майкубень)

Процент расхождения не превышает 5 %, в соответствии с чем можно сделать вывод, что расчетный метод определения теплоты сгорания на основе определения элементного состава биоугольного брикета, является корректным.

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

Выводы

Элементный состав топливных брикетов напрямую влияет на процесс сгорания и энергетические свойства. Наиболее подходящими с позиции содержания элементов, характеризующих высокую теплотворную способность, считаются брикеты в соотношении 80:20 Шубаркольских и 20:80 Майкубенских образцов на основе лузги подсолнечника и жмыха подсолнечника. Наиболее экологически чистыми согласно показателям компонентного состава, являются образцы с содержанием растительных отходов в объеме одной пятой части (за счет меньшего содержания серы и азота в исходном сырье).

Сравнительный анализ данных по теплотворной способности топливных брикетов, полученных расчетным путем, и данных по теплоте сгорания тех же брикетов, полученных экспериментальным методом в Институте химии и угля (г.Астана), показал, что расчетный метод определения теплотворной способности на основе выявления элементного состава биоугольных брикетов, является оптимальным, так как процент расхождения составляет не более 5 %.

В целом, выбор биоугольных брикетов должен основываться на самом процессе сжигания и конкретных его потребностях, а также целях использования и определенной области применения. Следовательно, для оптимизации работы отопительных систем необходимо учитывать элементный состав топливных брикетов. Также необходимо соблюдать все нормы и рекомендации их использования, чтобы повысить продуктивность топлива, и снизить негативное влияния на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Крысанова, К. О., Крылова, А. Ю., Пудова, Я. Д., Борисов, А. В. Исследование минеральных компонентов биоуглей из опила, полученных низкотемпературными методами // Уголь. – 2021. – № 12 (1149). – С. 41–43.

2 Шаяхметова, А. Х., Сафин, Р. Р., Тимербаева, А. Л., Зиятдинов, Р. Р. Торрефицирование твердых видов биотоплива из древесины и лузги подсолнечника // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 18 (8). – С. 138–141.

3 **Разумов, Е. Ю., Назипова, Ф. В.** Биоуголь: современное представление // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 18 (2). – С. 220–222.

4 **Иванов, И. П., Чесноков, Н. В.** Использование связующих на основе древесных опилок и биомодифицированного бурого угля для получения топливных брикетов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2015. – № 8 (3). – С. 430–438.

5 **Шаяхметова, А. Х., Тимербаева, А. Л., Борисова, Р. В.** Сравнительные характеристики пеллет из лузги подсолнечника и древесных пеллет // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 18 (2). – С. 243–246.

6 **Любов, В. К., Цыпнятов, И. И.** Повышение эффективности энергетического использования биотоплива // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № (1). – С. 172–185.

7 **Михайленко, А. В., Журенков, В. А., Амиров, Р. А.** Физико-механические свойства угля Экибастузского месторождения // Горный журнал. – 2012. – № 4. – С. 74–77.

8 **Котельникова, А. В.** Исследование свойств биотоплива из лузги подсолнечника // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 9(87). – С. 36–39.

9 **Лукьяненко, А. И., Дегтярев, В. В.** Энергетический потенциал гречихи и его использование // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 8 (85). – С. 22–25.

10 **Bhagia, R. G., Rao, K. N.** Utilization of Buckwheat Husk for Bioenergy: A Review – Renewable and Sustainable Energy Reviews. –2016. – Vol. 65. – P. 475–487.

11 Сертификат качества угля марки ДР АО «Шубарколь комир». [Электронный ресурс] – URL: <https://img.bizorg.su/goods/8b1/f56/8b1f56efbc1f.jpg>

12 **Богомолов, В. В., Алехнович А. Н., Артемьева Н. В., Абишев, М. В., Кириченко, Г. Н., Родионов, В. А., Ларионов, П. В.** Шлакующие свойства майкубенского угля и опыт его сжигания на ТЭС // 4 науч. –практ. конф. Минеральная часть топлива, шлакование, загрязнение и очистка котлов, Челябинск, 4–7 июня 2007 г. – Челябинск, 2007. – с. 17 – 29.

13 **Шаяхметова А. Х., Тимербаева А. Л., Борисова Р. В.** Сравнительные характеристики пеллет из лузги подсолнечника и древесных пеллет. – 2015. – URL: <http://volgakammir.ru/f/sravnitelnye-harakteristiki-pellet-iz-luzgi-podsolnechnika-i-drevesnyh-pellet.pdf>

14 **Имомов, Ш. Ж., Нуритов, И. Р., Усмонов, К. Э.** / Сборник задач по основам термодинамики и теплопередачи / Учебное пособие. – Т. : ТИИИМСХ. 2020.– С. 85.

REFERENCES

- 1 **Krysanova, K. O., Krylova, A. Yu., Pudova, Ya. D., Borisov, A. V.** Issledovanie mineral'nykh komponentov biouglej iz opila, poluchennykh nizkotemperaturnymi metodami [Study of the mineral components of biochars from sawdust obtained by low-temperature methods] // Ugol'. – 2021. – № 12 (1149). – P. 41–43.
- 2 **Shayahmetova, A. Kh., Safin, R. R., Timerbaeva, A. L., Ziatdinov, R. R.** Torreficirovanie tverdykh vidov biotopliva iz drevesiny i luzgi podsolnechnika [Torrefaction of solid biofuels from wood and sunflower husks] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – № 18 (8). – P. 138–141.
- 3 **Razumov, E. Yu., Nazipova, F. V.** Biougol': sovremennoe predstavlenie [Biocoal: modern presentation] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – № 18 (2). – P. 220–222.
- 4 **Ivanov, I. P., Chesnokov, N. V.** Ispol'zovanie svyazuyushchikh na osnove drevesnykh opilok i biomodificirovannogo burogo uglya dlya polucheniya toplivnykh briketov [The use of binders based on sawdust and biomodified brown coal to produce fuel briquettes] // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Khimiya. – 2015. – № 8 (3). – P. 430–438.
- 5 **Shayahmetova, A. Kh., Timerbaeva, A. L., Borisova, R. V.** Sravnitel'nye kharakteristiki pellet iz luzgi podsolnechnika i drevesnykh pellet [Comparative characteristics of pellets from sunflower husks and wood pellets] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – № 18 (2). – P. 243–246.
- 6 **Lyubov, V. K., Cypnyatov, I. I.** Povyshenie ehffektivnosti ehnergeticheskogo ispol'zovaniya biotopliva [Increasing the efficiency of energy use of biofuels] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal. – 2023. – № (1). – P. 172–185.
- 7 **Mihajlenko, A. V., Zhurenkov, V. A., Amirov, R. A.** Fiziko-mekhanicheskie svoystva uglya Ehkibastuzskogo mestorozhdeniya [Physico-mechanical properties of coal from the Ekibastuz deposit] // Gornyj zhurnal. – 2012. – № 4. – P. 74–77.
- 8 **Kotel'nikova, A. V.** Issledovanie svoystv biotopliva iz luzgi podsolnechnika [Study of the properties of biofuel from sunflower husks] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2019. – № 9 (87). – P. 36–39.
- 9 **Luk'yanenko, A. I., Degtyarev, V. V.** Ehnergeticheskij potencial grechikhi i ego ispol'zovanie [Energy potential of buckwheat and its use] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2019. – № 8 (85). – P. 22–25.

10 **Bhagia, R. G., Rao, K. N.** Utilization of Buckwheat Husk for Bioenergy: A Review – Renewable and Sustainable Energy Reviews. –2016. – V. 65. – P. 475–487.

11 Сертификат качества угля марки DR АО «Shubarkol komir». [The certificate of quality of coal of the brand DR JSC "Shubarkol Komir"]. [Electronic resource] – URL: <https://img.bizorg.su/goods/8b1/f56/8b1f56efbc1f.jpg>.

12 **Bogomolov, V. V., Alehnovich, A. N., Artemeva, N. V., Abishev, M. V., Kirichenko, G. N., Rodionov, V. A., Larionov, P. V.** Shlakuyushie svoystva majkubenskogo uglya i opyt ego szhiganiya na TES [Slagging properties of Maikuben coal and the experience of its combustion at thermal power plants] // 4 nauch. –prakt. konf. Mineralnaya chast topliva, shlakovanie, zagryaznenie i ochildka kotlov, Chelyabinsk, 4–7 iyunya 2007 g. – Chelyabinsk, 2007. – P. 17– 29.

13 **Shaymetova A. H., Timerbaeva A. L., Borisova R. V.** Sravnitelnye haraktristiki pellet iz luzgi podsolnechnika i drevesnyh pellet. [Comparative characteristics of sunflower husk pellets and wood pellets]. – 2015. – URL: <http://volgakammir.ru/f/sravnitelnye-haraktristiki-pellet-iz-luzgi-podsolnechnika-i-drevesnyh-pellet.pdf>.

14 **Imomov, Sh. Zh., Nuritov, I. R., Usmonov, K. E.** / Sbornik zadach po osnovam termodinamiki i teploperedachi [Collection of problems on the basics of thermodynamics and heat transfer] / Uchebnoe posobie– Т. :ТIIIMSH. 2020.– P. 85.

Поступило в редакцию 17.12.23.

Поступило с исправлениями 26.12.23.

Принято в печать 05.03.24.

*А. К. Кинжибекова, *Л. В. Дмитриенко, А. П. Плевако*

¹Торайгыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

17.12.23 ж. баспаға түсті.

26.12.23 ж. түзетулерімен түсті.

05.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ӨСІМДІК ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МЕН ӨНЕРКӘСІП ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ЖАСАЛҒАН БИОКӨМІР БРИКЕТТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫ

Өз бетініше пайдалануға және қайта өңдеу процесіне енгізуге жатпайтын көмір өнеркәсібінде түзілетін мамандандырылған қалдықтар негізінде биокөмір брикеттерін өндіру үшін шикізатты

пайдалану мәселесі қарастырылуда. Көмір өнеркәсібінің қалдықтарын өсімдік қалдықтарының кейбір түрлерімен біріктіру ұсынылады, олардың арасында зерттеуде: күнбағыс қабығы, қарақұмық қабығы, құлаған жапырақтар және күнбағыс торты қолданылады. Биокөмір брикеттерінің өндірісі белгілі бір жанармай сипаттамаларына негізделуі керек, мысалы, жанудың төмен жылуы және өсімдік қалдықтары мен көмір өнеркәсібінің қалдықтарын белгілі бір арақатынаста біріктіру арқылы пайда болатын ұшпа заттардың жанғыш массаға шығуы: 20:80 %, 30:70 %, 40:60 %, 50:50 %, 60:40 %, 70:30 %. Биоотын брикеттерінің басым сипаттамаларын анықтау элементтік құрамды анықтау негізінде жүзеге асырылды. Бұл зерттелетін үлгілердің құрамындағы компоненттердің оңтайлы арақатынасын анықтауға, сондай-ақ ең қолайлы және балласт компоненттерін анықтауға мүмкіндік берді. Калориялық құндылық тұрғысынан ең қолайлы үлгілер анықталды. Биокөмір брикеттерін таңдау жану процесінің өзіне және оның нақты қажеттіліктеріне, сондай-ақ пайдалану мақсаттарына және оларды қолданудың белгілі бір саласына негізделуі керек екендігі анықталды.

Кілтті сөздер: биокөмір брикеттері, Өндірістік қалдықтар, ауылшаруашылық қалдықтары, элементтік құрамы, калориялық мәні.

*K. Kinzhibekova, * L. V. Dmitrienko, A. P. Plevako*

Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 17.12.23.

Received in revised form 26.12.23.

Accepted for publication 05.03.24.

ELEMENTAL COMPOSITION OF BIOCARAL BRIQUETTES FROM AGRICULTURAL PLANT WASTE AND INDUSTRIAL WASTE

The issue of using raw materials for the production of biochar briquettes based on specialized waste generated in the coal industry, which is not subject to independent use and inclusion in the recycling

process, is being considered. It is proposed to combine coal industry waste with some types of plant waste, among which the study uses: sunflower husks, buckwheat husks, fallen leaves and sunflower cake. The production of biochar briquettes should be based on certain fuel characteristics, such as lower calorific value and the release of volatile substances into the combustible mass, which are formed by combining plant waste and coal industry waste in certain ratios: 20:80 %, 30:70 %, 40: 60 %, 50:50 %, 60:40 %, 70:30 %, 80:20 %. The preferential characteristics of biofuel briquettes were identified based on the determination of the elemental composition. This made it possible to identify the optimal ratio of components in the composition of the samples under study, as well as to determine the most preferred and ballast components. The samples that are most suitable in terms of calorific value have been identified. It has been determined that the choice of biochar briquettes should be based on the combustion process itself and its specific needs, as well as the purpose of use and the specific area of their application.

Keywords: biochar briquettes, industrial waste, agricultural waste, elemental composition, calorific value.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4204

«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