УДК 628.38

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТВЕРДЫМ ТОПЛИВОМ ЖКХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. Н. ПЕХОТА[1], Р. Н. ВОСТРОВА[2], В. Н. ГРИБАНОВ[3]
[1]Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
pehota.an@bntu.by
[2] Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
vostrova@tut.by
[3] КПУП «Гомельводоканал», Республика Беларусь

Представлены результаты исследований физических свойств брикетированного топлива на основе древесных отходов и осадков сточных вод с приемлемым экологическим уровнем безопасности. Оригинальный вклад исследований заключается в том, что в случае их успешной реализации будет найдено комплексное решение эффективного использования вторичных возобновляемых материальных ресурсов и улучшения экологической обстановки территорий, прилегающих к городской черте.

Использование вторичных энергетических ресурсов приобретает актуальность в связи со снижением запасов ископаемых видов топлива и созданием неблагоприятных последствий при их сжигании, что приводит к глобальным изменениям климата и загрязнению окружающей среды. Использование древесины совместно с другими возобновляемыми видами топлива позволяет сократить выбросы углекислого газа в атмосферу [1]. Это окончательно не решает проблему изменений климата, но в совокупности с другими действиями может смягчить его катастрофические изменения.

Одной из проблем, требующей незамедлительного принятия решений, является экологически безопасное размещение осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений в окружающей среде. Количество осадков, выделяющихся при очистке на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих сточных вод [2].

В основном ОСВ складируются на территории очистных сооружений, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи городской черты.

Одним из направлений комплексной схемы обращения с ОСВ является энергосберегающая технология прессования осадков с получением топливных брикетов, при этом ОСВ могут рассматриваться в качестве вторичного энергетического ресурса, который можно подвергать дальнейшему сжиганию в котельных. Механически обезвоженный осадок содержит 65–80 % воды. После термической сушки теплотворная способность может достигать 9–13 МДж/кг [3].

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива [4]. Добавление отходов производств, таких как лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что, в свою очередь, приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона.

Несмотря на значительные капитальные затраты, связанные с созданием установки по производству брикетов с использованием ОСВ, в целом выигрыш будет больше, особенно если учесть экономический и экологический ущерб от складирования ОСВ на иловых картах [4]. Переход на местные виды топлива позволяет также создать рабочие места для обеспечения производства брикетов на очистных сооружениях, в котельных, в которых будут сжигаться брикеты.

Для решения проблем возврата богатых органикой отходов в народнохозяйственный оборот, весьма актуальными являются разработка и определение оптимальных составов, обеспечивающих получение брикетированного многокомпонентного твердого топлива (МТТ) на основе ОСВ и измельченных древесных отходов.

Коллективом ученых Белорусского государственного университета транспорта совместно с филиалом кафедры «Экология и энергоэффективность в техносфере» КПУП «Гомельводоканал» проведена работа по изготовлению твердого брикетированного топлива, а также исследованию его химического состава и теплотехнических характеристик с различными параметрами влажности брикетов на основе состава ОСВ гомельских очистных сооружений.

Определение основных физико-химических показателей составов топлива с целью поиска оптимальных компонентных параметров проводилось с участием аккредитованной лаборатории топлив, масел и кормов «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» Белорусского государственного университета.

Анализ зольности, влаги, теплоты сгорания, содержания серы в процессе проведения испытаний с целью определения и контроля статистически достоверных результатов проводился в топливной лаборатории Речицкой мини-ТЭЦ филиала «Речицкие электрические сети» РУП «Гомельэнерго».

При разработке компонентных составов топлива с использованием ОСВ были учтены основные требования стандартизации топливных энергоресурсов и предъявляемые требования к твердым минеральным топливам.

Возможность использования твердых видов топлива в определенных областях при сжигании в теплотехнических установках определяется химическим составом, энергетическими и технологическими свойствами.

Основным параметром, позволяющим судить об энергоэффективности различных видов топлива, является теплота его сгорания, которая определя-

ется количеством теплоты, выделяющейся при сгорании, и зависит от элементного состава.

Учитывая определение оптимального компонентного состава топливных брикетов, были разработаны составы четырёх образцов брикетов для определения диапазонов и соотношений химического состава соответствующему оптимальному качеству, пригодному для использования в хозяйственной деятельности КПУП «Гомельводоканал» с возможностью сжигания в котлах имеющейся промышленной котельной: марка 1 – из ОСВ – 50 % и опилок 50 %; марка 2 – из ОСВ – 75 % и опилок 25 %; марка 3 – из ОСВ – 100 %; марка 4 – из ОСВ – 33 % и опилок 67 %.

Основные результаты экспериментальных исследований по маркам МТТ обобщены и в виде информации о предельных значениях содержания углерода, водорода, азота, кислорода и серы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Элементные составы горючей массы различных видов топлива, согласно протоколам испытаний**

Вид топлива	Обозначение	Рабочий состав топлива (по массе), %				
		C	O_2	H_2	N_2	S
МТТ ОСВ с содержанием древесных отходов 50 %	Марка 1	40,3	34	2,3–5,3	1,77	0,54–0,6
МТТ ОСВ с содержанием древесных отходов 25 %	Марка 2	39,4	24,6	2,3–5,4	2,24	0,61–1,09
МТТ ОСВ без содержания древесных отходов 0 %	Марка 3	40,4	12,7	2,3–5,7	2,38	1,16–1,18
МТТ ОСВ с содержанием древесных отходов 67 %	Марка 4	43,4	31,1	2,5–5,6	1,66	0,54–0,62

Сравнение полученных результатов исследования элементных составов горючей массы многокомпонентного топлива на основе ОСВ с другими видами твердого топлива представлены в таблице 2.

Исследование показателей зольности, влаги, теплоты сгорания, содержания серы в процессе проведения испытаний с целью определения и контроля статистически достоверных результатов проводилось в лабораториях на образцах, а также моделировалось с использованием идентичных методов и методик определения показателей с применением программно-аппаратного комплекса калориметра модели В-08МА-К.

Результаты моделирования и аналитические данные, полученные при обработке зависимости изменения теплоты сгорания от влажности по каждой марке топлива, представлены в графическом виде на рисунках 1–4.

Таблица 2 – **Элементные составы горючей массы различных видов топлива**

Вид топлива	Рабочий состав топлива (по массе), %							*Q*, МДж/кг
	C	H_2	N_2	O_2	S	A	W	
МТТ (с углеводородсодержащими отходами)	59–62	4,6–6,5	0,2–0,3	31–36	0,3–0,7	4,5–10	10–19,9	18–21
МТТ на основе ОСВ марка 1	50–52	2,3–5,1	1,5–2,5	16–20	0,6	21,4–22,7	10,4–62,7	5,4–16,3
МТТ на основе ОСВ марка 2	49–53	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,5–1,1	27,9–29,9	10,4–57,2	6,1–16,8
МТТ на основе ОСВ марка 3	46–49	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,46–1,2	32,7–34,6	10,4–62,7	5,3–16,7
МТТ на основе ОСВ марка 4	50–52	2,5–5,1	1,5–2,4	20–22	0,57–0,6	21,0–21,4	10,4–57,2	5,5–15,6
Торф	25–60	2,6–6,0	1,1–3,0	15–40	–	6–50	0–95	8,0–21,0
Древесина	48–52	6–7	0,1–0,6	43–45	–	–	60–95	12,5

При этом твердое топливо с использованием ОСВ при влажности 30 % имеет теплоту сгорания в пределах 2842–2986 Ккал/кг (11,9–12,5 МДж/кг), что, согласно СТБ 1919-2008, практически соответствует теплоте сгорания торфа (марки БТ-2 – БТ-6) и составляет 3000 Ккал/кг (12,6 МДж/кг) при влажности 20 %. Это позволяет, не досушивая брикеты, при сжигании получать теплоту сгорания как у торфяного топлива.

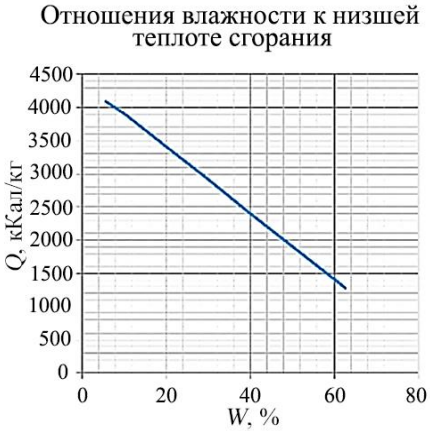


Рисунок 1 – Топливо марки 1

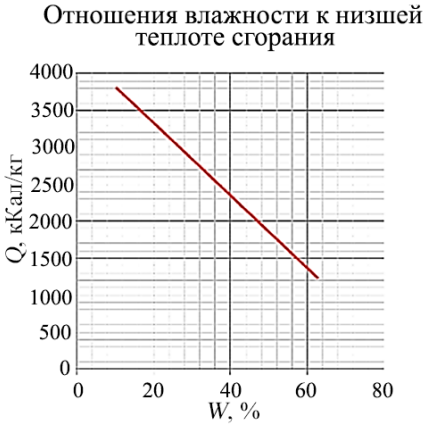


Рисунок 2 – Топливо марки 2

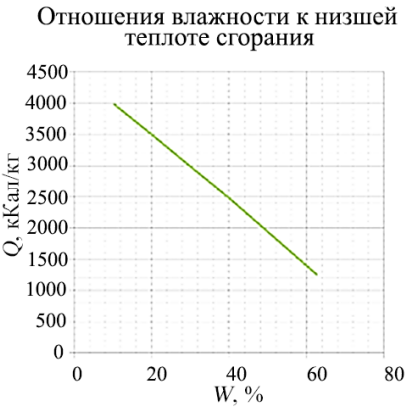


Рисунок 3 – Топливо марки 3



Рисунок 4 – Топливо марки 4

Показатели зависимости изменения теплоты сгорания от влажности многокомпонентного твердого топлива с использованием осадка сточных вод очистных сооружений г. Гомеля представлены в виде графика на рисунке 5.

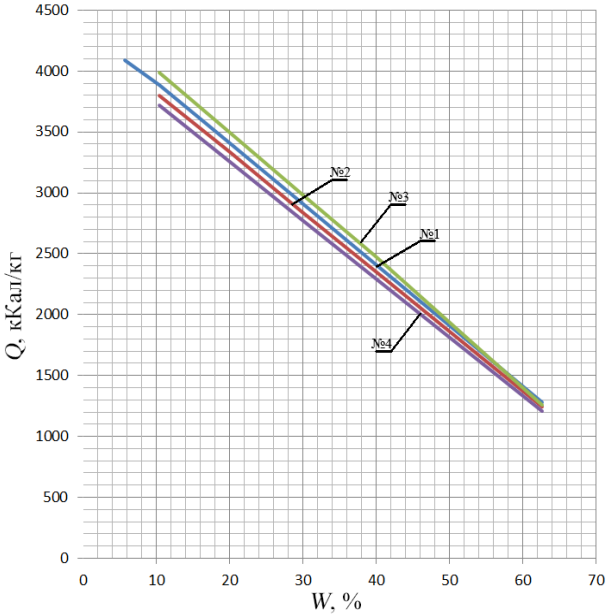


Рисунок 5 – Динамика изменения зависимости *Q* и *W* топлива с использованием ОСВ марок 1–4

Исследование содержания серы в составе топлива марки 3 (ОСВ – 100 %), показало значение равное 1,18 %, что в целом является несколько завышенным (около 20 %), однако добавление более чистого по составу компонента в виде древесных опилок снижает содержание серы до показателей 0,58–0,6 %, при допустимом нормативе – не выше 1 %.

Исследование показателей зольности, влаги, теплоты сгорания, содержания серы в процессе проведения испытаний с целью определения и контроля статистически достоверных результатов проводилось в лабораториях на образцах, а также моделировалось с использованием идентичных методов и методик определения показателей с применением программно-аппаратного комплекса калориметра модели В-08МА-К.

Результаты исследования теплоты сгорания образцов показывают, что при влажности 10,4 % теплота сгорания образца с составом ОСВ 100 % составляет 3986 Ккал/кг, при том что при смешивании ОСВ и древесных опилок в пропорции 50×50 теплота сгорания уменьшается на 2,4 % и составляет 3889 Ккал/кг. При этом наблюдается значительное изменение параметров зольности в сторону снижения, что является достаточно существенным показателем качественных характеристик топлива, т. к. зольность – нежелательный балласт.

Оценка полученных характеристик зольности показывает, что в целом этот параметр топлива на основе ОСВ, взятый с карты № 2 Гомельских очистных сооружений, без добавления древесных опилок (марка 3) находится в пределах среднего значения равного 35 %, что в целом является высоким показателем по сравнению с другими видами топлива, однако при этом теплота сгорания в параметрах влажности значительно выше, чем, например, у древесного топлива или торфа.

Добавление в состав брикетов древесных отходов позволяет снизить показатель зольности и получить многокомпонентное твердое топливо в пределах действующих нормативов, изложенных в СТБ 2202-2011.

Моделирование с использованием идентичных методов и методик определения показателей позволили получить значения теплоты сгорания при различной влажности брикетов, а также произвести расчет энергетической ценности относительно топливного эквивалента. Полученные данные представлены таблице 3.

Таблица 3 – **Сравнение топливного эквивалента с различными составами МТТ ОСВ при различной влажности топлива**

Марка брикета	Состав брикета	Влажность *W*, %	Теплота сгорания *Q*, Ккал/кг	Калорийный эквивалент
1	(50 % ОСВ – 50 % опилки)	10,4	3889	0,556
2	(75 % ОСВ – 25 % опилки)	10,4	3800	0,543
3	(100 % ОСВ – 0 % опилки)	10,4	3986	0,569
4	(33 % ОСВ – 67 % опилки)	10,4	3719	0,531

Окончание таблицы 3

Марка брикета	Состав брикета	Влажность *W*, %	Теплота сгорания *Q*, Ккал/кг	Калорийный эквивалент
1	(50 % ОСВ – 50 % опилки)	30	2911	0,416
2	(75 % ОСВ – 25 % опилки)	30	2842	0,406
3	(100 % ОСВ – 0 % опилки)	30	2986	0,427
4	(33 % ОСВ – 67 % опилки)	30	2778	0,397
1	(50 % ОСВ – 50 % опилки)	40	2412	0,345
2	(75 % ОСВ – 25 % опилки)	40	2352	0,336
3	(100 % ОСВ – 0 % опилки)	40	2476	0,358
4	(33 % ОСВ – 67 % опилки)	40	2297	0,328

Снижение содержания в топливе серы является необходимостью, так как присутствие серы снижает качество твердого топлива, в первую очередь за счет того, что при сжигании топлива выделяются сернистые газы SO_2 и SO_3, которые, соединяясь с водой, образуют серную кислоту, которая, в свою очередь, негативно влияет в том числе и на металлические части котла, а попадая в атмосферу, наносит вред окружающей среде. Как показали полученные данные экспериментальных исследований, данная проблема может быть решена добавлением древесных опилок.

Результаты отжига серы и образования золы представлены на рисунках 6, 7. Основные количественные показатели состава топлива, полученные в ходе исследований, приведены в таблице 4.



Рисунок 6 – Вид золы после сжигания топлива с использованием ОСВ марки 4



Рисунок 7 – Вид золы после сжигания топлива с использованием ОСВ марки 3

Таблица 4 – **Полученные значения основных элементов топлива**

Вид топлива	Зольность топлива A^r, A^c, %	Массовая доля влаги W^r, W^a, %	Массовая доля серы S^r, S^a, %
МТТ ОСВ	21,4	3,4	0,58
марка 1	22,7	5,7	0,57
МТТ ОСВ	12,8	57,2	0,50
марка 2	29,9	6,5	1,09
МТТ ОСВ	12,9	62,7	1,18
марка 3	34,6	5,3	0,46
МТТ ОСВ	21,0	10,4	0,60
марка 4	23,4	8,4	0,62

На основе анализа полученных результатов проведенных исследований с использованием осадка сточных вод очистных сооружений КУП «Гомельводоканал» в качестве твердого топлива можно сделать следующие выводы:

1 Применение марки 1 позволяет получать многокомпонентное твердое топливо, которое отвечает действующим стандартам по основным показателям: зольность не превышает 23 %, массовая доля серы не превышает 0,6 %, низшая теплота сгорания не ниже 17120 КДЖ/кг. Марка 1 может применяться для сжигания с использованием действующих стандартов на лигнин гидролизный и топливный торф. Допускается сжигать гидролизный лигнин с влажностью 60 %, а торф топливный кусковой по СТБ 2202-2011 допускается к применению с влажностью 40 %.

2 Марка 2 и марка 3 также могут быть применены в качестве топлива, но для их применения необходимо разработать технические условия с указанием всех предельно-допустимых нормативов по основным характеристикам получаемого топлива.

3 Марка 4 по полученным результатам практически не отличается от марки 1: зольность и общая сера практически не изменяются (0,57–0,62 %) даже за счет большого содержания древесных опилок в составе топлива, при этом отмечено снижение теплоты сгорания до 14,97 МДж/кг.

Таким образом, сравнительный анализ позволил найти оптимальное соотношение компонентов в составе топлива и определить, что ОСВ Гомельских очистных сооружений обладает значительным энергетическим потенциалом, а проведенные исследования и полученные результаты, в том числе и по определению низшей теплоты сгорания сухого топлива, показывают, что ОСВ обладает значительными показателями энергоэффективности топлива с существенным КПД для альтернативных энергоресурсов, несмотря на повышенную зольность в рабочем составе топлива.

Список литературы

1 **Буряк, О. В.** Плюсы и минусы использования древесины как топлива в современных условиях / О. В. Буряк // Городское хозяйство. – 2008.– № 10. – С. 5–6.

2 **Вострова, Р. Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова, Д. В. Макаров // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 43–45.

3 **Пехота, А. Н.** Многокомпонентное топливо на основе древесных отходов – одно из направлений решения задач энергосбережения / А. Н. Пехота // Вестник БрГТУ. Наука и транспорт. – 2010. – № 1. – С. 121–122.

4 **Томалла, М.** Сушка осадка сточных вод с помощью ленточных сушильных установок / М. Томалла, П. Прейфер // Сборник докладов 4-го Междунар. конгресса по управлению отходами. – М., 2005. – 250 с.

УДК 383.483

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОДНИКОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В ВОСТОЧНОМ ПОЛЕСЬЕ

Е. Е. ПОРТНОЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
portnoy.e@ya.by

Актуальность. Перспективность использования Полесья для туристической деятельности напрямую связана с водными объектами: крупными реками и озерами, т. к. появляется возможность устройства водных туристических маршрутов [1, с. 143]. Однако существуют риски, связанные с судоходностью и ограниченной емкостью водного транспорта (для поддержания инфраструктуры необходим регулярный поток клиентов).

Цель работы. Поиск акупунктурных инструментов для работы с идентичностью места, способствующих развитию туристической отрасли.

Основные результаты. На территории Восточного Полесья в количественном выражении преобладают сельские населенные пункты различного типа (агрогородки, деревни, хутора и т. д.), которым необходимо предпринимать различные меры для поддержания численности населения и комфортной среды. Особенно остро стоит вопрос с созданием мест рекреации для сельских жителей, т. к. привычные для городского жителя виды досуга (кафе, кинотеатры, музеи и т. д.) сложноосуществимы в подобной местности в первую очередь с экономической точки зрения. При развитии рекреационных зон в сельской местности необходимо ориентироваться на использование ландшафта и животного мира, окружающих поселение.

С финансовой точки зрения желательно, чтобы вложения повышали благосостояние местных жителей (рост стоимости жилья, увеличение количества клиентов у производителей местной сельскохозяйственной продукции и т. д.), чему способствует развитие туристической деятельности.

Положительно повлияло бы соответствие цели развития в мастер-плане населенного пункта на нахождение поддержки идей развития туристиче-