

УДК 621.313

ГРУДСКАЯ Е.И., КАРПЕНКО П.Ю.,  
уч-ся (УО «Национальный детский технопарк»)  
Научные руководители: ЗЕЛЕНУХО Е.В., ст. преподаватель (БНТУ),  
СКУРАТОВИЧ И.В., ст. преподаватель (БНТУ)  
г. Минск

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНОГО ТВЁРДОГО БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ТОРФА

В Республике Беларусь торф является одним из важнейших топливных ресурсов. Однако, в условиях глобальной декарбонизации поиск альтернатив этому виду ископаемого топлива, а именно — использование композитного твердого биотоплива, является перспективным направлением. Композитное топливо, получаемое путем смешения нескольких компонентов, позволяет улучшить эксплуатационные характеристики исходных материалов и способствует утилизации отходов.

Целью работы являлось изучение влияния состава композитного топлива на его основные топливные характеристики. Исследовались смеси на основе торфа с добавлением различных видов биомассы: дигестата (отхода биогазовых технологий), лузги гречихи, соломы рапса и соломы зерновых.

Технологические аспекты получения данного топлива включали следующие основные этапы:

- подготовка компонентов (сушка торфа и измельчение биомассы);
- смешивание исходных мелкофракционных компонентов в различных соотношениях (70%/30% и 50%/50%);
- прессование композитной смеси и получение брикетов.

Далее проводились исследования изменения топливных характеристик композитного твердого биотоплива в зависимости от доли в нем биомассы. Для этого экспериментально была определена зольность композитного топлива (торф/солома рапса в следующих соотношениях 25%/75%, 50%/50%, 75%/25%) (рис. 1).

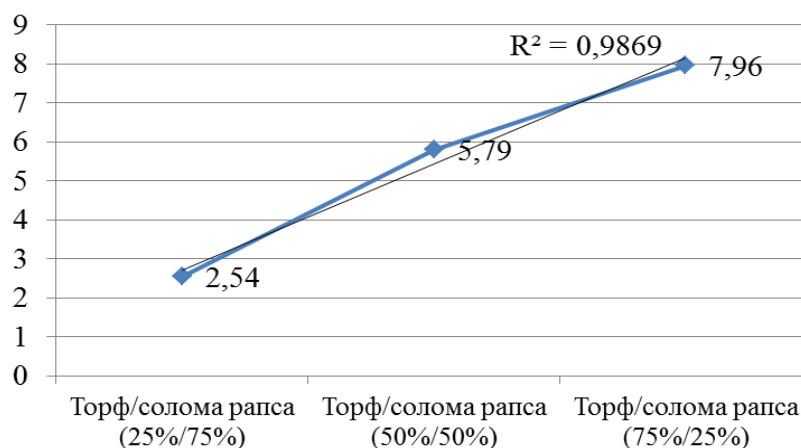


Рисунок 1. Изменение зольности композитного твёрдого биотоплива

Как следует из рисунка 1, изменение зольности имеет линейную зависимость.

Расчетным путем определили изменение с учетом состава композитного твердого биотоплива таких характеристик, как теплота сгорания, удельный расход и зольность. Результаты представлены на рисунках 2 -4.

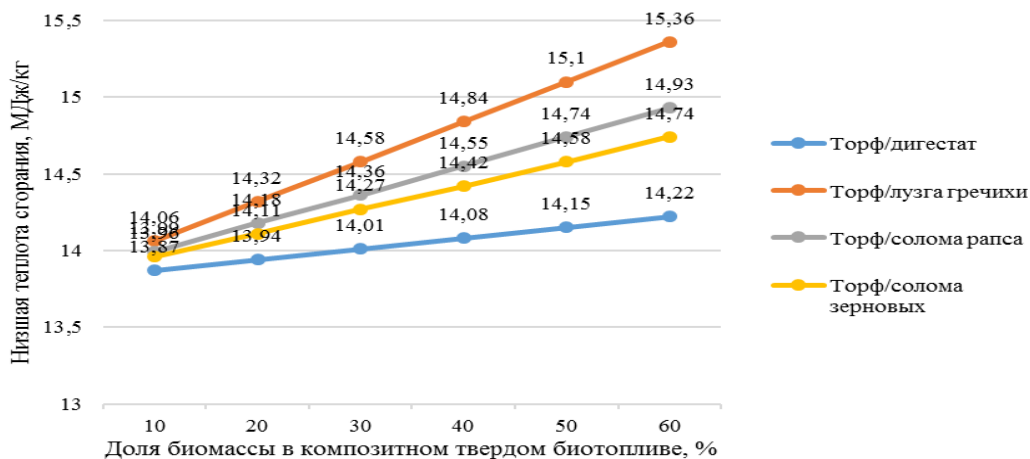


Рисунок 2. Изменение теплоты сгорания композитного твердого биотоплива в зависимости от его состава

Как следует из рисунка 2, величина низшей теплоты сгорания композитного твердого биотоплива при увеличении в нем доли биомассы с 10 до 60 % увеличивается: для композитного топлива торф/дигестат — на 2,46%; для композитного топлива торф/лузга гречихи — на 8,46%; для композитного топлива торф/солома рапса — на 6,30%; для композитного топлива торф/солома зерновых — на 5,29%.

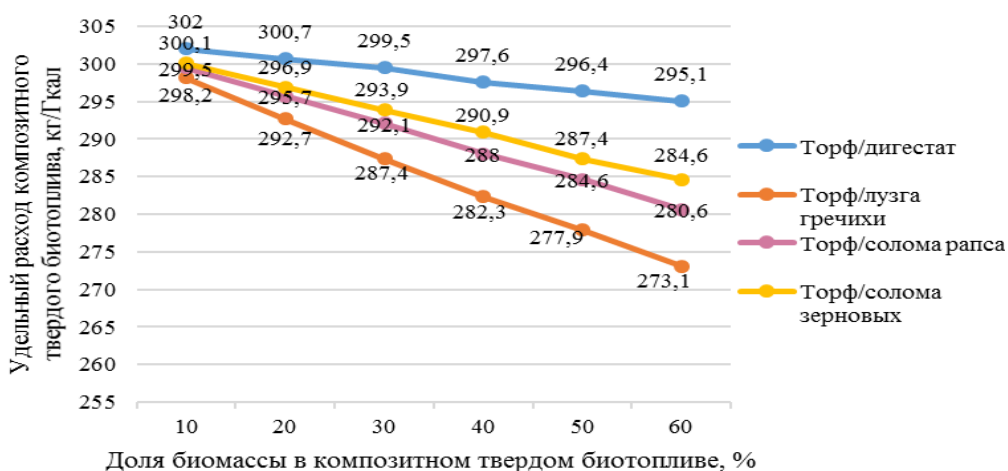


Рисунок 3. Изменение удельного расхода композитного твердого биотоплива с учетом его состава

Как следует из рисунка 3, величина удельного расхода композитного

твёрдого биотоплива имеет тенденцию к уменьшению при добавлении большего количества биомассы к торфу. Так, при увеличении доли биомассы в композитном топливе на основе торфа с 10 до 60 % удельный расход топлива уменьшается:

- для композитного топлива торф/дигестат на 2,28%;
- для композитного топлива торф/лузга гречихи на 8,42%;
- для композитного топлива торф/солома рапса на 6,31%;
- для композитного топлива торф/солома зерновых на 5,16%.

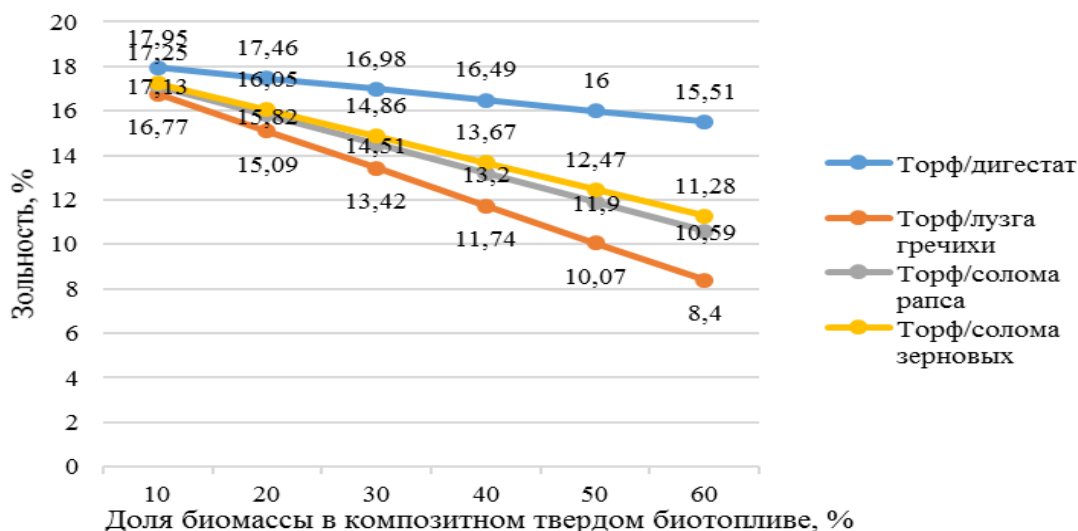


Рисунок 4 – Изменение зольности композитного твёрдого биотоплива в зависимости от его состава

При увеличении доли биомассы в композитном топливе на основе торфа с 10 до 60 %, зольность уменьшается:

- для композитного топлива торф/дигестат на 13,59%;
- для композитного топлива торф/лузга гречихи на 49,9%;
- для композитного топлива торф/солома рапса на 38,18 %;
- для композитного топлива торф/солома зерновых на 34,61 %.

При сжигании композитного твёрдого биотоплива для получения тепловой энергии в атмосферный воздух поступают выбросы твердых частиц. В работе проведен расчет выбросов твердых частиц при сжигании композитного топлива с различным содержанием биомассы (от 10 % до 60 %) согласно «ТКП 17.08-01-2006(02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт».

Результаты расчета выбросов твердых частиц при сжигании композитного твёрдого биотоплива в зависимости от его состава приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение выбросов твердых частиц при сжигании композитного твердого биотоплива в зависимости от его состава, т/Гкал

Наименование композитного твердого биотоплива	Доля биомассы в композитном твердом биотопливе, %					
	10	20	30	40	50	60
Торф/Лузга гречихи	0,0064	0,0057	0,0051	0,0044	0,0038	0,0032
Торф/Дигестат	0,0067	0,0064	0,0061	0,0057	0,0054	0,0051
Торф/Солома рапса	0,0065	0,0059	0,0054	0,0048	0,0043	0,0038
Торф/Солома зерновых	0,0065	0,0060	0,0055	0,0050	0,0045	0,0040

Результаты исследования топливных характеристик композитного твердого биотоплива показали положительное влияние добавления биомассы к торфу:

- снижение зольности: на 13-50% в зависимости от вида и доли биомассы (максимальный эффект у лузги гречихи);
- повышение теплоты сгорания: на 2,5-8,5% (максимальный эффект у лузги гречихи);
- снижение удельного расхода топлива: на 2,3-8,4%;
- снижение расчетных выбросов твердых частиц: на 24-50%.

В результате проведенной работы были сделаны выводы о том, что получение композитного твердого топлива представляет собой экологически и экономически обоснованный способ утилизации отходов: он минимизирует негативное воздействие на окружающую среду, сокращает «углеродный след» и способствует рациональному использованию ресурсов, трансформирует издержки на утилизацию в источник дополнительного дохода, снижает энергозависимость предприятий от ископаемого топлива и создаёт новую продукцию. Таким образом, производство композитного биотоплива представляет собой практическую реализацию принципов циркулярной экономики и может стать важным направлением в развитии биоэнергетики.

#### Список литературы:

1. Родькин О.И., Зеленуха Е.В. Использование композитного топлива как фактор снижения нагрузки на окружающую среду. Сахаровские чтения – 2025: экологические проблемы XXI века = Sakharov readings – 2025: environmental problems of the XXI century: материалы 25-й Междунар. науч. конф., 22–23 мая 2025 г., Респ. Беларусь, Минск. В 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т; Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та; редкол.: А. Н. Батян (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2025. – с. 212-215.
2. СТБ 2042-2010 Торф. Методы определения влаги и зольности.
3. ТКП 17.08-01-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок

---

определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт.

4. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» для специальностей общего высшего и специального высшего образования / Белорусский национальный технический университет, Кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии», Кафедра «Инженерная экология»; сост.: В. Л. Червинский, А. А. Цыганова, С. В. Климович [и др.]. – Минск: БНТУ, 2024.