

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В МИРЕ И УКРАИНЕ

© *И.Д. Дроздник¹, Н.И. Борискина², Т.И. Близнюк³*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*¹ Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., зав. угольным отделом (УО), e-mail: yo@ukhin.org.ua² Борискина Надежда Игоревна, инж.-технолог I категории УО, e-mail: yo@ukhin.org.ua³ Близнюк Татьяна Ивановна, научн. сотр. УО, e-mail: yo@ukhin.org.ua

Рассмотрены возможности использования возобновляемых источников получения тепловой энергии в мире и Украине. Приведены данные исследований некоторых видов сырья для производства альтернативных видов топлива, а также требования европейских стандартов к качеству топливных пеллет и гранул.

Ключевые слова: альтернативное топливо, пеллеты, брикеты, тепловая энергия, возобновляемые источники.

Деятельность человечества постоянно требует увеличения затрат энергии. По прогнозам Всемирного Энергетического совета и Международного института прикладного системного анализа в 2020 году глобальное энергопотребление человечества составит 19,4 млрд. т. у.т. [1].

В ближайшее десятилетие рост потребности в энергоресурсах на 90 % будет покрываться за счет использования топлива. Вместе с тем, следует отметить, что удельное энергопотребление на единицу вырабатываемой продукции в странах Восточной Европы, в том числе в Украине, в 15 раз выше, чем в Японии, в 10 – чем во Франции, в 5-6 – чем в США. На 1 доллар США продукции расходуется нефтяного эквивалента: в Японии – 0,13; во Франции – 0,19; в Южной Корее – 0,31; в США – 0,35 кг, а в Восточной Европе – 1,9-2,2 кг. Это свидетельствует о необходимости приложения в нашей стране значительных усилий в области энергосбережения.

Основным источником получения энергии были и остаются природные энергоносители, извлекаемые из земных недр – уголь, нефть, природный газ, ядерное топливо. Все эти энергоносители относятся к невозобновляемым, запасы которых по мере их извлечения будут исчерпаны. Исходя из этого, мировое сообщество все большее внимание уделяет поиску и использованию возобновляемых источников энергии. К ним, прежде всего, относятся природные источники – солнечная энергия, энергия ветра, воды и морских приливов, тепло недр земли и морей.

* Автор для переписки

Наряду с этими природными источниками, широкое распространение получили процессы получения энергии из биомассы. Ежегодно ее прирост в мире оценивается в 200 млрд. тонн в пересчете на сухое вещество, что составляет энергетический эквивалент 80 млрд. т нефти.

Одним из источников биомассы является переработка древесины. При переработке 3–4 млрд. т. древесины образуются отходы, энергетический эквивалент которых составляет 1,1–1,2 млрд. т. нефти. Мировая потребность в энергии составляет только 12 % энергии ежегодного мирового прироста биомассы.

Все большее применение в энергетике находят отходы сельскохозяйственного производства: солома, подсолнечная лузга, шелуха зерновых и т.п., а также отходы жизнедеятельности животных и птиц. Наибольшие объемы соломы в качестве топлива используют в Дании, где построено более 8000 фермерских установок мощностью 0,1–1,0 МВт, 62 тепловые станции мощностью 1–10 МВт и 9 комбинированных электростанций. Как топливо, солому также используют в Австрии, Швеции, Финляндии и Франции.

В Украине потенциал использования соломы составляет 4,0–4,5 млн. т у.т. в год, что соответствует примерно 2 % общего расхода топлива, однако ее применение требует больших капиталовложений.

Биогаз, полученный из отходов жизнедеятельности животных и птиц, может заменить в Украине 6 млрд. м³ природного газа, однако для его получения необходимы значительные инвестиции, срок окупаемости которых составит 4–5 лет. Китай планирует через несколько лет довести производство биогаза до 100–120 млрд. м³.

Одним из перспективных источников энергии является свалочный газ, который образуется в результате разложения органической части твердых бытовых отходов в анаэробных условиях, возникающих в продолжительный период после их санитарного захоронения. Только в городах образуется 400–450 млн. т твердых бытовых отходов в год. Выход газа с теплотой сгорания 17–20 МДж/м³ составляет 100 м³/т твердых бытовых отходов на протяжении 20 лет со скоростью образования 5 м³/т в год. Ресурсы свалочного газа в странах ЕС приближаются к 9 млрд. м³/год, в США – 13 млрд. м³/год, в Украине – около 1 млрд. м³/год.

Их всех видов получения альтернативных топлив на основе биомассы в Украине в настоящее время получило развитие производство пеллет (брикетов) из отходов сельхозпродукции и древесины. Их использование в качестве энергоносителей имеет целый ряд преимуществ:

- хранение требует в три раза меньше места, чем хранение дров равной теплотворной способности;
- при сжигании практически не образуется вредных примесей;
- производство не требует применения клеящих добавок и наполнителей.

Специалистами подсчитано, что сжигание 2,2 т пеллет экономит 1000 л нефти.

В Украине наиболее развито производство пеллет (брикетов) из сельхозпродукции, т.к. удельный вес отходов из неё весьма значителен.

В табл. 1 приведена доля отходов на тонну производимой сельхозпродукции.

Таблица 1

Доля отходов на тонну произведенной сельхозпродукции

Вид сельскохозяйственных культур	Вид отходов	Отходы производства, т на 1т готового продукта
Рис	солома, шелуха	1,7
Пшеница	солома, шелуха	2,0
Кукуруза	стебель, листья	2,4
Ячмень	солома, отруби	1,5

Солома является одним из самых дешевых возобновляемых источников энергии. Теплотворная способность при сжигании пшеничной соломы составляет 17–18 МДж/кг; рисовой соломы – 16–17 МДж/кг; кукурузы – 18 МДж/кг (для сравнения: теплотворная способность древесины – 17–19 МДж/кг). От древесных опилок солома отличается большим содержанием летучих ве-

ществ, низкими плотностью (0,1–0,2 т/м³) и временем горения. В табл. 2 представлены фактические данные граничных значений ряда показателей качества топливных пеллет и брикетов из шелухи подсолнечника, древесины и соломы, полученные в результате их исследования [2].

Таблица 2

Фактические данные граничных значений показателей качества топливных пеллет и брикетов из шелухи подсолнечника, древесины и соломы.

Наименование показателя	Символ, единица измерения	Значение показателей (min-max)		
		шелуха подсолнечника	древесина	солома
Массовая доля влаги	$W_t^t, \%$	2,8-11,5	4,3-11,1	6,1-11,6
Зольность	$A^d, \%$	2,3-10,4	0,2-4,9	6,6-18,4
Теплота сгорания, низшая	$Q_i^t, \text{МДж/кг}$	16,60-18,94	15,49-18,38	12,80-15,63

Наряду с изготовлением пеллет и брикетов из отходов сельхозпроизводства, все большее распространение получает использование других отходов для получения альтернативных видов топлива. Так, в Испытательном Центре «ХарЦис» Государственного предприятия «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» проведены исследования различных видов сырья для получения альтернативных видов топлива: технической макухи, гранулированных отходов биогазовой установки (куриный помет и силос сорго), отходов картонного производства, отходов процесса переработки жирового флотошлама, скорлупы грецкого ореха. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Из представленных данных видно, что отходы картонного производства характеризуются высокой влажностью, что требует предварительной сушки. Эти отходы также имеют высокую зольность.

Все перечисленные виды сырья имеют невысокое содержание серы, а наибольшим значением низшей теплоты сгорания характеризуются отходы переработки жирового флотошлама. Они же характеризуются высоким содержанием водорода.

Рассмотренные в табл. 3 виды сырья иллюстрируют постоянно растущие ресурсы различных отходов, которые можно перерабатывать для получения альтернативных видов топлива.

Таблица 3

Результаты исследования исходного сырья для производства альтернативных видов топлива.

Наименование показателя	Символ, единица измерения	Результаты исследований				
		макуха техническая	куриный помет и силос сорго	отходы картонного производства	отходы переработки жирового флотошлама	скорлупа грецкого ореха
Влага рабочая	$W_t^t, \%$	9,1	9,0	55,9	6,3	7,5
Зольность на сухое состояние	$A^d, \%$	9,2	12,3	29,9	10,6	9,6
Массовая доля общей серы	$S_t^d, \%$	0,30	0,68	0,14	0,40	0,04
Массовая доля водорода	$H^d, \%$	6,53	5,61	4,31	8,24	5,50
Теплота сгорания	$\frac{\text{МДж/кг}}{\text{ккал/кг}}$					
- высшая	Q_s^{daf}	$\frac{22,68}{5417}$	$\frac{21,36}{5102}$	$\frac{16,77}{4005}$	$\frac{29,27}{6991}$	$\frac{20,11}{4803}$
- низшая	Q_i^t	$\frac{17,21}{4111}$	$\frac{15,72}{3755}$	$\frac{9,76^{*)}}{2332}$	$\frac{22,68}{5417}$	$\frac{15,54}{3712}$

*) Содержание влаги в высушенном образце – 8 %.

Тем не менее, традиционными и наиболее востребованными, а соответственно и производимыми в Украине в больших объемах, являются следующие виды альтернативных топлив.

1. Пеллеты (брикеты) изготавливаемые из растительного сырья, а именно:

– из остатков гречки и других зерновых культур; шелухи семян и отходов подсолнечника. Эта продукция характеризуется темным цветом и высокой зольностью. Основное достоинство – низкая цена.

– из коры древесины и несгораемых остатков (пеллеты индустриального типа). Обладают повышенной зольностью.

– из чистой древесины без примесей (так называемые «пеллеты премиум класса»). Сгорают с большим выделением тепла, образуя незначительное количество золы. Стандартное топливо в ЕС.

Результаты исследования различных пеллет (брикетов) из растительного сырья приведены в табл. 4.

Таблица 4

Свойства различных пеллет (брикетов) из растительного сырья

Наименование показателя	Символ, единица измерения	Сырье для пеллет (брикетов)					
		отходы подсолнечника	шелуха подсолнечника	солома	отходы древесины + шелуха подсолнечника	древесные опилки с примесью коры	древесина
Влага рабочая	$W_r^t, \%$	6,5	9,2	4,7	7,7	7,3	5,7
Зольность на сухое состояние	$A^d, \%$	12,8	3,5	6,9	5,1	3,1	0,6
Массовая доля общей серы	$S_t^d, \%$	0,23	0,12	0,18	0,19	0,04	0,02
Теплота сгорания: высшая	$Q_s^{daf}, \text{МДж/кг}$	<u>21,05</u>	<u>21,66</u>	<u>19,31</u>	<u>20,41</u>	<u>20,95</u>	<u>21,42</u>
	ккал/кг	5028	5173	4612	4875	5004	5116
низшая	$Q_i^t, \text{МДж/кг}$	<u>15,74</u>	<u>17,51</u>	<u>15,69</u>	<u>16,50</u>	<u>17,42</u>	<u>18,62</u>
	ккал/кг	3759	4182	3747	3941	4161	4447

Для всех типов пеллет (брикетов) достоинством является выпуск в удобной фасовке, простота хранения, возможность использования в котлах с автоматизированной подачей топлива; при сгорании в атмосферу выбрасывается минимальное количество продуктов горения (экологически безопасны).

Однако, если исходное сырьё было загрязнено какими-то химическими веществами, они частично сохраняются и в гранулах. Использовать гранулированные древесные отходы (пеллеты) можно исключительно в специальных котлах пиролизного типа (пеллетных или

комбинированных). Топливо должно храниться в сухом, проветриваемом месте.

2. Древесные отходы

Отходы древесины – топливное сырьё, образующееся в результате лесозаготовки. К категории таких отходов относят: пни, верхушки деревьев с тонкими ветвями, сучья, мелкие ветки, хвою, валежник, кору, опавшие листья, а также промышленные отходы деревообработки (щепки, стружку, опилки, обрезки). Качественные показатели древесных отходов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Качественные показатели древесных отходов

Наименование показателя	Символ, единица измерения	Результаты исследований		
		1	2	3
Влага рабочая	$W_r^t, \%$	24,4	22,7	20,8
Зольность на сухое состояние	$A^d, \%$	0,4	0,4	0,6
Массовая доля общей серы	$S_t^d, \%$	0,001	0,001	0,03
Теплота сгорания: высшая	$Q_s^{daf}, \text{МДж/кг}$	<u>20,39</u>	<u>20,27</u>	<u>20,38</u>
	ккал/кг	4870	4841	4868
низшая	$Q_i^t, \text{МДж/кг}$	<u>13,64</u>	<u>13,95</u>	<u>14,43</u>
	ккал/кг	3258	3332	3447

Подобное топливо характеризуется благоприятными с экологической точки зрения свойствами, а именно: невысокой зольностью, полным отсутствием или минимальным содержанием серы и др.

Недостатки: зависимость эффективности (теплотдачи) от влажности; необходимость специальной подготовки к сжиганию; сложность хранения и загрузки в топку котла (этот вид сырья не всегда подходит для автоматических агрегатов).

3. Торф

Биохимический материал, образовавшийся в результате постепенного разложения растительных остатков. Чаще такой вид ископаемых ресурсов встречается в болотистых местностях. В качестве альтернативного вида топлива торф используется очень давно.

По основным химическим характеристикам торфяные залежи напоминают уголь, но себестоимость добычи в данном случае значительно ниже.

Различают следующие разновидности торфа: низинный, с повышенной зольностью (иногда более 50 %) – для отопления не используется из-за низкой теплоотдачи; переходной, обладающий относительно невысокой зольностью; верховой – лучший материал для отопительных систем, характеризующийся зольностью в 1-5 %.

Таблица 6

Свойства природного и принудительно высушенного торфа

Наименование показателя	Символ, единица измерения	Переходной торф	Низинный торф			
		природный	природный		принудительно высушенный	
Влага рабочая	W_t^r , %	18,8	24,5	61,6	15,6	10
Зольность на сухое состояние	A^d , %	10,3	22,2	54,3	23,4	36,5
Массовая доля общей серы	S_t^d , %	0,71	0,46	0,50	0,33	0,60
Теплота сгорания: высшая	Q_s^{daf} , МДж/кг	24,44	23,07	22,15	23,69	24,10
	ккал/кг	5837	5510	5290	5658	5756
низшая	Q_t^r , МДж/кг	16,50	12,29	2,22	14,06	12,73
	ккал/кг	3941	2935	530	3358	3041

Таблица 7

Основные европейские стандарты качества топливных гранул*)

Параметр	DIN 51731 Германия	O-Norm M -7135 Австрия	DIN plus Германия	SS 187120 Швеция
Диаметр, мм	4-10	4-10	-	-
Длина, мм	<50	<5 +D	<5* d	<5* d
Плотность, кг/дм ³	>1,0-1,4	>1,12	>1,12	нет
Влажность, %	<12	<10	<10	<10
Насыпная масса, %	650	≥650	650	650
Брикетная пыль, %	Нет	<2,3	<2,3	нет
Зольность, %	<1,5	<0,5	<0,5	<1,5
Теплота сгорания, МДж/кг	17,5-19,5	>18	>18	>18
Содержание серы, %	<0,08	<0,04	<0,04	<0,08
Содержание азота, %	<0,3	<0,3	<0,3	нет
Содержание хлора, %	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03
Мышьяк, мг/кг	<0,8	нет	<0,8	нет
Свинец, мг/кг	<10	нет	<10	нет
Кадмий, мг/кг	<0,5	нет	<0,5	нет
Хром, мг/кг	<8	нет	<8	нет
Медь, мг/кг	<5	нет	<5	нет
Ртуть, мг/кг	<1,5	нет	<1,5	нет
Цинк, мг/кг	<100	нет	<100	нет
Закрепитель, связующие материалы	нет	<2	<2	-

*) «нет» - нет сведений или не определена точная величина.

В натуральном виде это топливо используют только в местах его добычи. Для транспортировки и сжигания в котлах изготавливаются прессованные брикеты.

Основные достоинства: экологическая чистота, безотходность – золу можно использовать в качестве удобрения.

Недостатки: для хранения необходимо оборудовать помещение, предохраняющее сырьё от проникновения в него влаги.

Данные анализа природного и принудительно высушенного торфа приведены в табл. 6.

Подавляющее количество производимых в Украине пеллет и топливных гранул экспортируется в европейские страны – Германию, Австрию, Швецию и др. [3, 4]. Следует учесть, что существующие в этих странах стандарты качества предусматривают очень высокие требования по большому перечню параметров: размер, плотность, насыпная масса, технические характеристики (влажность, зольность, содержание серы), теплота сгорания, химический состав вредных компонентов.

В табл. 7 приведены основные европейские стандарты качества топливных гранул.

Выводы

1. Необходимость получения альтернативных видов топлива из возобновляемых источников остается весьма актуальной как в настоящее время, так и перспективе.

2. Наряду с традиционными видами сырья для их производства (древесины, отходов сельхозпродукции, торфа) все большее распространение получают отходы

различных производств и жизнедеятельности животных, объем которых составляет миллиарды тонн.

3. Основное производство пеллет и топливных гранул в Украине изготавливается на базе древесины и отходов сельхозпродукции с достаточно высокими показателями качества, соответствующими требованиям европейских стандартов, что позволяет осуществлять их экспорт в европейские страны.

Библиографический список

1. Саранчук В.І. Основи хімії і фізики горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Осковський, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. – 640 с.

2. Дроздник І.Д. Аналіз технологічних властивостей та сировинної бази альтернативного палива в Україні / І.Д. Дроздник, Н.І. Борискіна, Я.С. Балаєва // УглеХимический журнал. – 2015. – № 1. – С. 12-17.

3. Стандарт EN 14961-2:2011 «Solid biofuels – Fuel specification and classes – Part 2: Wood pellets for non-industrial use» / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.foex.fi/uploads/bioenergy/New_European_pellets_standards_March_2011.pdf.

4. Дроздник І.Д. Топливні пелети та брикети: ресурси, нормативна база. / І.Д. Дроздник, Д.В. Мирошніченко, Н.І. Борискіна, Я.С. Балаєва // УглеХимический журнал. – 2009. – № 5-6. – С. 74-79.

Рукопись поступила в редакцию 31.07.2017

RESOURCES OF THE ALTERNATIVE HEAT ENERGY IN THE WORLD AND UKRAINE

© I.D. Drozdnyk, PhD in technical sciences, N.I. Boriskina, T.I. Bliznyuk (SE "UKHIN")

The possibilities has been considered of using of renewable sources of heat energy in the world and Ukraine. The data has been given of research of some kinds of raw materials for production of alternative fuels, as well as the requirements of European standards for the quality of fuel pellets and granules.

Keywords: alternative fuel, pellets, briquettes, heat energy, renewable sources.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ОТРИМАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ

© І.Д. Дроздник, к.т.н., Н.І. Борискіна, Т.І. Близнюк (ДП «УХІН»)

Розглянуто можливості використання поновлюваних джерел отримання теплової енергії у світі та Україні. Наведені дані досліджень деяких видів сировини для виробництва альтернативних видів палива, а також вимоги європейських стандартів до якості топливних пелет та брикетів.

Ключові слова: альтернативне паливо, пелети, брикети, тепла енергія, поновлювані джерела.

