

УДК 658.567

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ МІСТА З НАСЕЛЕННЯМ 300 ТИС. ОСІБ

Сігал О.І., канд. техн. наук, **Воробйов Л. Й.**, канд. техн. наук, **Павлюк Н.Ю.**, канд. техн. наук, **Сергієнко Р.В.**, канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

Наведені результати експериментальних досліджень вологості, зольності та теплоти згоряння компонентів твердих побутових відходів м. Черкаси.

Результати роботи використані при розробці пілотного проекту впровадження комплексної оптимізації системи управління ТПВ м. Черкаси.

The results of experimental studies of humidity, ash content, calorific value for components of municipal solid waste in Cherkassy city are presented. The results of the research are used to develop an integrated waste management and recycling system in the Cherkassy city.

Ключові слова: морфологічний склад, вторинний енергоресурс, тверді побутові відходи, теплота згоряння, вологість, зольність

Бібліографія 13, табл. 4.

N – кількість лотків з матеріалами одного з компонентів;
 i – номер лотка;
 m_{1i} – маса i -ого лотка;
 m_{2i} – початкова маса i -ого лотка з матеріалом до сушіння;
 m_{3i} – кінцева маса i -ого лотка з сухим матеріалом.
 Δm – зміна маси наважки зразка під час сушіння;
 m – початкова маса наважки зразка до сушіння.
 m_1 – маса тигля або човника;

m_2 – маса тигля з наважкою;
 m_3 – маса тигля з золюю.
 Q_b^a – питома теплота згоряння аналітичної проби в бомбі;
 $\overline{Q_b^a}$ – розрахункові середні значення для кожного компонента ТПВ;
СКВ – середнє квадратичне відхилення;
 Q_s^a – вища теплота згоряння аналітичної проби;
 Q_s^r – вища теплота згоряння палива у стані поставки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В Україні склалась критична ситуація в галузі поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). В 2017 р. 93% зібраних ТПВ було вивезено для захоронення на полігони та звалища, на яких вже накопичено близько 223,3 млн. т ТПВ і щорічно ця кількість збільшується на 5%. Полігони в країні не відповідають нормативам Директиви Ради № 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. «Щодо полігонів захоронення відходів» [1], 25% загальної площі полігонів та звалищ не відповідають нормам безпеки, 9% перевантажених, 10% - це несанкціоновані сміттєзвалища. Потреба у нових полігонах складає 1632 га [2]. Практика захоронення ТПВ вилучає з господарського обігу значні площі сільськогосподарських угідь та спричиняє серйозні екологічні наслідки.

Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (далі «Стратегія») направлена на зміну парадигми поводження з відходами: від екстенсивного вилучення відходів і земель до максимально можливого використання матеріального і енергетичного потенціалу відходів та збереження цінних земельних ресурсів [3]. Мета Стратегії - зменшення обсягів утворення відходів та створення інфраструктури для їх переробки і повторного використання, підготовка до переходу до економіки замкненого циклу, який передбачає, що

обсяг продуктів, матеріалів і ресурсів використовується в економіці якомога довше і утворення відходів мінімізується.

Для реалізації засад Стратегії створені Робоча група з питань розроблення Національного плану управління відходами та Координаційна рада з питань реалізації Стратегії, робочі групи у місцевих органах виконавчої влади, органах місцевого самоврядування, основним завданням яких є напрацьовувати пропозиції до Національного плану управління відходами і підготовка Регіональних планів управління відходами, які повинні ґрунтуватись на стратегії розвитку регіону і детальному аналізу поточної ситуації у сфері поводження з відходами з метою вибору оптимальної системи поводження (інфраструктури для роздільного збирання, перероблення, оброблення та утилізації), а також практичні заходи для її впровадження.

Оскільки обсяги ТПВ та їх морфологія залежать від кількості населення у населеному пункті та його купівельної спроможності [4], підходи до системи управління ТПВ в кожному населеному пункті мають ґрунтуватись на оцінці потенціалу генерації ТПВ за їх морфологічним складом, а також за енергетичною та екологічною характеристикою ТПВ. Ці дослідження необхідно проводити при розробленні альтернативної

класифікації відходів на основі їх властивостей, якісних та кількісних показників, та встановлення вимог до складу і властивостей палива, отриманого з відходів, що також передбачено Стратегією.

Для розроблення регіонального плану управління відходами м. Черкаси міська адміністрація запросила французьку компанію «BETEN INGENIERIE» провести аналіз ТПВ м. Черкаси та розробити пілотний проект впровадження комплексної оптимізації системи управління ТПВ. Компанія «BETEN INGENIERIE» замовила Інституту технічної теплофізики проведення аналізу енергетичних характеристик компонентів ТПВ м. Черкаси.

В даній статті представлені результати дослідження енергетичних характеристик ТПВ у середньому за розмірами місті з населенням у 300 тис. осіб на прикладі м. Черкаси.

Аналіз екологічних характеристик компонентів ТПВ м. Черкаси в даній статті не розглядається.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є визначення особливостей підходів до розробки регіонального плану управління відходами на прикладі м. Черкаси.

Об'єктом дослідження є енергетичні характеристики компонентів твердих побутових відходів м. Черкаси.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Комплексний аналіз ТПВ м. Черкас включав аналіз морфології ТПВ відповідно до європейської методикою MODECOM, оскільки Наказ МЖКГ України [5] не відповідає європейській класифікації ТПВ відповідно до Рішення комісії щодо Європейського переліку відходів [6]. Методика визначення морфологічного складу ТПВ описана в статті [7].

На основі результатів дослідження морфології ТПВ, авторами проводились експериментальні дослідження енергетичних характеристик (вологості, зольності та теплоти згоряння) наступних компонентів ТПВ: органічних решток, паперу, картону, композитних матеріалів, текстилю, санітарного текстилю, пластику, інших горючих матеріалів, деревинного стружку, дрібної фракції ТПВ. Узагальнений склад компонентів ТПВ представлено в табл.1.

Зразки для дослідження були відібрані на сміттєзвалищі (полігоні) у м. Черкаси і розсортовані по компонентам у закриті жорсткі пластикові контейнери.

Дослідження проводились на лабораторному стенді, до складу якого входило наступне обладнання:

- шафа сушильна лабораторна СНОЛ-3,5;
- піч муфельна;
- кисневий балон з газовим редуктором;
- роторний ножовий подрібнювач (млин);
- дрібне обладнання та інструмент: лотки, скляні бюкси, керамічні тиглі, ключі для маніпуляцій з бомбою, ексикатор, пічні щипці, пінцет, ножиці тощо.

та вимірювальні прилади:

- калориметр моделі КТС-4 зав. №01 (свідоцтво про МА ДП Укрметртестстандарт №24.651.2010 від 28.12.2010 р.), до складу якого входить калориметрична бомба БКУ-2 №11 (атестат №24-2/5461) – застосовано для вимірювання теплоти згоряння зразків;

- ваги ВЛР-20 зав. №727 застосовано для вимірювання маси зразків, запального дроту та паперової упаковки.

- ваги А500 фірми AXIS, зав. № 6902 застосовано для вимірювання маси при визначенні зольності та вологості зразків.

Методика визначення вологості у стані поставки полягає у розподілі кожного з компонентів у декілька

Таблиця 1. Узагальнений склад компонентів ТПВ.

№ з/п	Компоненти ТПВ	Узагальнені складові компоненти ТПВ
1	Біо-відходи (органічні рештки)	суміш із шкірок плодів, шматків хліба, обгортки і качана кукурудзи, черенків виноградного грона, тонких рослинних стебел, тощо
2	Папір	суміш шматків різнокольорового паперу
3	Картон	суміш шматків тонкого, товстого та трьохшарового картону
4	Композитні матеріали	суміш шматків фольги та фольги на кольоровому папері
5	Текстиль	суміш вологих шматків тонких бавовняних тканин та щільних тканин
6	Санітарний текстиль (Продукти гігієни)	суміш вологих ватних та ватно-марлевих тампонів, памперсів, шматків бинтів, паперових та полімерних пористих фрагментів
7	Пластик	суміш шматків різнокольорової полімерної плівки, непрозорих шматків пластику
8	Інші горючі матеріали	суміш шматків пінопласту різної щільності
9	Зелені відходи (Деревинний стружок)	тріски дерева, стружка, кора дерева
10	Дрібна фракція ТПВ	суміш дрібних фрагментів відходів, кістки сливи, шматки пінопласту, пластикової плівки, пластикові палички з ватним тампоном, тощо

попередньо зважених лотків з тонкого алюмінієвого сплаву

Деякі предмети не вміщалися повністю у лотки і тому розрізалися на декілька частин, розрізалися також для більш швидкого висушування упаковки з компоненту «композитні матеріали», які містили в собі залишки продуктів значної вологості (сік, майонез, тощо) – їх вміст також поміщався у лоток. Внаслідок того, що у різні лотки попадали предмети з суттєво різним початковим вмістом води, відносна зміна маси для кожного лотка різнилася від інших з таким же компонентом. Тому для кожного з наданих компонентів відносна вологість у стані поставки визначалась за відношенням загальної зміни маси до загальної початкової маси за формулою:

$$W^r = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^N (m_{2i} - m_{3i})}{\sum_{i=1}^N (m_{2i} - m_{1i})}, i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Підготовка аналітичної проби проводилася шляхом подрібнення за допомогою роторного ножового подрібнювача (млина) компонента, висушеного на стадії визначення вологості у стані поставки, його гомогенізації та витримки його у тонкому шарі в лабораторних умовах протягом щонайменше двох діб до досягнення повітряно-сухого стану. Маса частки подрібненого компонента не перевищувала 0,01...0,03 г.

Методика визначення вологості в аналітичному стані відповідає вимогам ГОСТ 27314-91 [8] і полягає у зважуванні наважки зразка досліджуваного матеріалу у попередньо зваженій скляній бюксі, сушінні при заданій температурі до постійної маси та у зважуванні наважки сухого зразка разом з бюксою. Для компонентів «Композитні матеріали», «Пластик» і «Інші горючі матеріали» задавалася температура сушіння $(72 \pm 2)^\circ\text{C}$, для інших $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. За знайденими масами вологого та абсолютно сухого зразка для кожної наважки визначають відносну вологість.

Розрахунок вологості W^a проводився за формулою:

$$W^a = 100 \cdot \Delta m / m. \quad (2)$$

Паралельно проводили вимірювання не менше ніж на двох наважках зразка, причому результати вимірювань різнились не більше як на 0,2% абсолютних при вологості $W \leq 10\%$, та не більше як на 2% відносних від середньої вологості при вологості $W > 10\%$. За результат приймалося середнє за двома вимірюваннями.

Зольність зразків визначена згідно з вимогами ГОСТ 11022-95 (ІСО 1171-97) [9].

Розрахунок зольності аналітичної проби проводили за формулою:

$$A^a = 100 \cdot (m_3 - m_1) / (m_2 - m_1). \quad (3)$$

Паралельно проводили вимірювання не менше ніж на двох наважках зразка, причому результати вимірювань різнились не більше як на 0,2% абсолютних при зольності $A \leq 10\%$, та не більше як на 2% відносних від

середньої зольності при $A > 10\%$. За результат приймалося середнє за двома вимірюваннями. Якщо розбіжність в результатах вимірювань перевищувала встановлені норми, проводили додаткове вимірювання, а за результат приймали середнє між двома найближчими.

Зольність при довільній робочій вологості W^r визначали за формулою:

$$A^r = A^a \cdot (100 - W^r) / (100 - W^a). \quad (4)$$

Методика визначення теплоти згоряння відповідає стандартним методикам для твердих видів палива ГОСТ 147-95 (ІСО 1928-76) [10] та ДСТУ ISO 1928 [11].

При вимірюваннях формувалась наважка палива, яка запаковувалась у папір з відомою теплотою згоряння. Всі компоненти наважки зважувались, причому загальна маса вибиралась така, щоб енергія, що виділялась у бомбі при спалюванні, відповідала діапазону вимірювань калориметра. Зазвичай для горючих матеріалів маса наважки становила близька до 1г, або менша. Для проб з високим вмістом пластика маса наважки була знижена до 0,4г. Наважка поміщалась у тигель, а він – у тримач кришки калориметричної бомби. У бомбу вводили 1 мл дистильованої води, бомба закривалась та заповнювалась киснем з тиском $(3,0 \pm 0,2)$ МПа (30 бар). Підготовлена бомба розміщувалась у калориметрі для проведення досліду з визначення теплоти згоряння. Згідно до нормативних документів [10, 11] для кожного з компонентів проведено щонайменше по два досліди з визначення теплоти згоряння. Якщо різниця результатів дослідів для суттєво негомогенних компонентів перевищувала встановлену допустиму норму, проводили п'ять дослідів, а подальші обчислення проводили за середнім значенням.

Зольність та теплота згоряння біо-відходів та дрібної фракції не досліджувались, оскільки згідно до практики поводження з відходами у ЄС [12], компанія «BETEN INGENIERIE» вважає економічно доцільним виробляти з органічного сміття компост.

Більш детально методики визначення вологості, зольності та теплоти згоряння ТПВ описані авторами в статті [7].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати визначення вологості компонентів ТПВ у стані поставки та в аналітичному стані наведені в табл. 2.

Результати вимірювання зольності аналітичної проби та розрахунків зольності сухих ТПВ представлені в табл. 3.

В табл. 4 представлені результати експериментального визначення теплоти згоряння у бомбі в кожному досліді, розрахункові середні значення для кожного компонента ТПВ та СКВ для компонентів, для яких зроблено по 5 дослідів, а також значення вищої теплоти згоряння для двох станів: аналітичного, сухого.

Аналіз досліджень підтверджує доцільність запровадження роздільного збору компонентів ТПВ відповідно до європейської практики, згідно якої окремо збирається вторинна сировина, яка може підлягати переробці:

- папір;

Таблиця 2. Результати визначення вологості компонентів ТПВ у стані поставки та в аналітичному стані.

№ з/п	Узагальнене найменування компонентів	Вологість, %	
		у стані поставки W^r	у аналітичному стані W^a
1	Біо-відходи (органічні рештки)	74,9	-
2	Папір	30,2	7,4
3	Картон	35,1	6,8
4	Композитні матеріали	26,4	3,3
5	Текстиль	33,3	5,4
6	Продукти гігієни	83,2	5,1
7	Пластик	13,0	1,1
8	Інші горючі матеріали	10,2	2,4
9	Деревинний стружок (зелені відходи)	11,1	7,2
10	Дрібна фракція ТПВ	47,6	-

Таблиця 3. Результати визначення зольності ТПВ.

№ з/п	Узагальнене найменування компонентів	Зольність, %	
		у аналітичному стані A^a	у сухому стані A^d
1	Біо-відходи (органічні рештки)	-	-
2	Папір	10,4	11,2
3	Картон	11,9	12,8
4	Композитні матеріали	8,2	8,5
5	Текстиль	1,9	2,0
6	Продукти гігієни	10,7	11,3
7	Пластик	4,7	4,7
8	Інші горючі матеріали	11,6	11,9
9	Деревинний стружок (зелені відходи)	2,6	2,8
10	Дрібна фракція ТПВ	-	-

- картон;
 - лом кольорових металів;
 - скло;
 - лом алюмінію;
 - електронні та електричні прилади, що вийшли з ладу;
 - побутова техніка (холодильники тощо), що вийшли з ладу;
 - пластмаси;
 - вироби з полімерних матеріалів (полімерні плівки і ін.);
 - вироби з деревини (меблі і т.п.)
 - нестандартне сміття і будівельні відходи;
 - садові відходи (стрижена трава з газонів, гілки від кущів, опале листя тощо), призначені для компостування.
- Крім того, мають окремо збиратись небезпечні ТПВ:
- відходи лакофарбових матеріалів;
 - прострочені ліки і косметика;
 - відпрацьовані масла;

- елементи живлення електронних та електричних приладів;
 - хімреактиви;
 - засоби захисту рослин;
 - аерозольні упаковки;
 - ртутьмістні прилади, енергозберігаючі лампи.
- Доцільно впроваджувати варіанти роздільного збору:
- системи заготівлі вторинних матеріальних ресурсів за допомогою прийомних заготівельних пунктів;
 - системи збору вторинних матеріальних ресурсів за допомогою спеціальних контейнерів.
- Досвід дослідження енергетичних характеристик ТПВ свідчить, що в Україні необхідно вводити стандарти на визначення теплоти згоряння та зольності відходів, гармонізовані з європейськими нормативними документами. Такі стандарти повинні містити специфічні,

Таблиця 4. Результати експериментального визначення теплоти згоряння компонентів ТПВ.

№ з/п	Узагальнене найменування компонентів	Q_b^a , кДж/кг	$\overline{Q_b^a}$, кДж/кг	СКВ, %	Q_s^a , кДж/кг	Q_s^r , кДж/кг
2	Папір	14540	14578	-	14529	10954
		14617				
3	Картон	14583	14536	-	14487	10093
		14490				
4	Композитні матеріали	28332	29168	2,4	29111	22172
		29186				
		29096				
		28938				
		30288				
5	Текстиль	17805	17329	1,6	17291	12184
		17091				
		17179				
		17338				
		17234				
6	Продукти гігієни	27408	27356	-	27318	4830
		27304				
7	Пластик	40811	40025	1,7	39959	35131
		40170				
		39860				
		40305				
		38979				
8	Інші горючі матеріали	19527	19334	1,3	19282	17738
		19317				
		19528				
		19381				
		18917				
9	Деревинний стружок	18158	18136	-	18098	17336
		18114				

характерні для відходів, рекомендації з підготовки проб та внесення поправок до результатів вимірювання в залежності від компоненту, розширені норми на відтворюваність результатів з огляду на негомогенність ТПВ, що значно різняться від властивостей традиційного органічного палива.

ВИСНОВКИ

1. Отримані результати дослідження енергетичних характеристик ТПВ м. Черкаси можуть розповсюджуватися на будь-яке інше місто України і будуть мати такий самий рівень кореляції.

2. Результати досліджень вмісту вологи, зольності та теплоти згоряння свідчать про суттєві відмінності цих характеристик у різних компонентах відходів. Для

підвищення ефективності використання вторинного потенціалу компонентів ТПВ необхідно організувати систему роздільного збирання сухих неорганічних компонентів ТПВ.

3. Згідно з результатами дослідження та рекомендаціями Зеленої книги з управління біологічними відходами в ЄС [12] щодо виробництва компосту з біологічних відходів для поліпшення ґрунтів, компанія «BETEN INGENIERIE» вважає економічно доцільним виробляти компост з органічного сміття. В сучасних умовах України «вологі» органічні (харчові) відходи складають 28...45 % морфологічного складу ТПВ, що є в рази більше, ніж частка інших компонентів [13], підтверджує пріоритетність запровадження їх окремого збору задля подальшого компостування.

4. Для виконання засад Стратегії доцільно запровадження роздільного збору компонентів ТПВ відповідно до європейської практики, згідно якої окремо збирається вторинна сировина, яка може підлягати переробці, а також конче необхідно роздільне збирання небезпечних компонентів ТПВ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Директива Ради № 1999/31/ЄС щодо полігонів захоронення відходів. Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_925
2. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2017 рік. Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/04/TPV-4-2017.pdf>
3. Розпорядження КМ України від 8.11.2017 р. №820-р. «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>
4. Павлюк Н.Ю., Сигал О.І. Підходи до проблеми поводження з твердими побутовими відходами в світі та в Україні / Промышленная теплотехника. – 2015. - №3. – С.74-81.
5. Наказ Мінжитлокомунгоспу від 16.02.2010 №39 «Про затвердження Методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів»
6. 2000/532/EC: COMMISSION DECISION of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste - Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000D0532:20020101:EN:PDF>
7. О.І. Сигал, Квентін Буланже, Л.Й. Воробйов, Н.Ю. Павлюк, Р.В. Сергієнко. Дослідження енергетичних характеристик твердих побутових відходів м. Черкаси // Журнал інженерних наук. – 2018. – Т. 5, № 1, Н 16 – Н 22. DOI: 10.21272/jes.2018.5(1).h3
8. ГОСТ 27314-91 «Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги».
9. ГОСТ 11022-95 (ИСО 1171-97) «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности».
10. ГОСТ 147-95 (ИСО 1928-76) «Межгосударственный стандарт. Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания».
11. ДСТУ ISO 1928:2006 Палива тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згорання методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згорання (ISO 1928:1995, IDT).
12. Green Paper on the Management of Bio-waste in the EU – Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/developments.htm>
13. Рижков С.С., Маркіна Л.М., А.В. Лісова Тверді побутові відходи як сировина для двостадійного процесу термічної деструкції / Збірник наукових праць НУК – 2011– №3 – С. 140-148.

ANALYSIS OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF COMPONENTS OF MUNICIPAL SOLID WASTE OF A CITY WITH A POPULATION OF 300 000 PEOPLE

Sigal O.I., Vorobiov L.I., Pavliuk N.Y., Serhiienko R.V.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2a, Zhelyabova str., Kyiv, 03057, Ukraine

The waste management strategy has been adopted in Ukraine. It determines the main directions of reforming the system of sanitary cleaning of cities in order to minimize environmental pollution in accordance with EU standards. In the process of preparation of the regional implementation plan for the Strategy in Cherkassy, a study of the morphology, energy and environmental characteristics of the components of solid domestic waste (SDW) was made.

This article presents the results of experimental studies of humidity, calorific value and ash content for 8 components of waste: paper, cardboard, composite materials, textiles, hygiene products, plastic, other combustible materials, wood shavings are presented. Humidity is also determined in organic residues and in fine fractions.

The investigations were carried out at the experimental stand of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Due to the absence in Ukraine of standards for the study of energy characteristics of solid waste, the measurements were carried out in accordance with standards for solid organic fuels, which slightly differ from the EU methods for the study of solid waste. In order to develop regional integrated waste management plans within the framework of the strategy implementation, based on the qualitative analysis of MSW components, it is necessary to develop standards for determining the energy characteristics of SDW in line with European normative documents.

The study of the energy characteristics of solid waste showed a significant heterogeneity in the components of solid waste, which significantly complicated the determination of characteristics and led to a considerable scatter of results and an increase in measurement uncertainty. This happened due to low weight and the need for thorough homogenization of the sample, which was experimentally investigated in accordance with the method of preparation of an analytical sample.

The article analyzes need for adaptation of the European methods of detailed morphology of solid domestic waste in Ukraine, which is necessary for separate waste collection.

The results of the research are used to develop an integrated waste management and recycling system in the city of Cherkassy.

References 13, tables 4

Key words: morphological composition, secondary power resources, municipal solid waste, calorific value, moisture, ash content.

1. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste - Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=BG>

2. Stan sferi povodzhennya z pobutovimi vidhodami v Ukraïni za 2017 rik. Rezhim dostupu: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/04/TPV-4-2017.pdf>

3. Rozporyadzhennya KM Ukrayiny vid 8.11.2017 r. №820-r «Pro skhvalennya Natsionalnoi strategii upravlinnia vidkhodami v Ukraini do 2030 roku [Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine on November 8, 2017 №820-p «On approval of the National Waste Management Strategy until 2030» (from 08th November 2017)– Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> [in Ukrainian].

4. Pavliuk N., Sigal O. Approaches to the problem of treating municipal solid waste in Ukraine and in the world / Industrial heat power engineering. 2015. №3. p. 74-81.

5. Nakaz Minzhitlokomungospu vid 16.02.2010 №39 «Pro zatverdzhennia Metodichnykh rekomendatsii z vyznachennia morfologichnogo skladu tverdykh podutovykh vidkhodiv» [Order of the Ministry of Housing and Communal Services dated February 16, 2010 No. 39 «On Approval of Methodological Recommendations for the Determination of the Morphological Composition of Solid Waste»] (2010) – Retrieved from (from 16th February 2010) <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacii-z-viznachennja-m-doc17422.html> in Ukrainian].

6. 2000/532/EC: COMMISSION DECISION of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste - Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000D0532:20020101:EN:PDF> [in English].

7. O. Sigal, Q. Boulanger, L.Vorobiov, N. Pavliuk, R. Serhiienko. Research of Energy Characteristics of Municipal Solid Waste in Cherkassy // Journal of Engineering Sciences – 2018. - Volume 5, Issue 1, H 16 -H 22. DOI: 10.21272/jes.2018.5(1).h3

8. GOST 27314-91 Topливо tverdoie mineralnoie. Metody opredeleniia vlagi [Solid mineral fuel. Determination of moisture] (from 01th January 1993) – Retrieved from

<http://docs.cntd.ru/document/1200024258>: Mezhdunarodnyi standart - Interstate Standard [in Russian].

9. GOST 11022-95 (ISO 1171-97) Topливо tverdoie mineralnoie. Metody opredeleniia zolnosti [Solid mineral fuels. Methods for determination of ash] (from 01th January 1997)– Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/gost-11022-95> : Mezhdunarodnyi standart - Interstate Standard [in Russian].

10. GOST 147-95 (ISO 1928-76). Topливо tverdoie mineralnoie. Opredeleniie vyshei teploty sgoraniia I vychisleniie nizshei teploty sgoraniia [Solid mineral fuel. Determination of the highest combustion heat and calculation of the lowest combustion heat] (from 01th January 1997) –

Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/1200024029> :
Mezhdunarodnyi standart - Interstate Standard [in Russian].

11. *DSTU ISO 1928:2006* Palyva tverdi mineralni. Vyznachennia naivyshchoi teploty zgoriannia metodom spaliuvannia v kalorimetrichnii bombi ta obchislennia nainizhchoi teploty zgoriannia (ISO 1928:1995, IDT). [Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value] (from 16th August 2006) – Retrieved from http://document.ua/paliva-tverdi-mineralni_-viznachennja-naivishoyi-teploti-zgo-nor15093.html Na [in Ukrainian].

12. *Green Paper* on the Management of Bio-waste in the EU – Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/developments.htm>

13. Ryzkov S., Markina L., Lisova A. Municipal solid waste as a raw material for a two-phase process of thermal destruction / A collection of scientific works of Admiral Makarov National University of Shipbuilding . 2011. №3. p. 140-148.

Отримано 22.05.2018
Received 22.05.2018