

УДК 662.61:662.63

Гелетуха Г.Г., Жовмір М.М., Олійник Є.М., Радченко С.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

БИОМАСА ЯК ПАЛИВНА СИРОВИНА

Виконано огляд схеми класифікації біопалив, приведені й проаналізовані основні характеристики та властивості біомаси як паливної сировини.

Выполнен обзор схемы классификации биотоплив, приведены и проанализированы основные характеристики и свойства биомассы как топливного сырья.

Review of biofuels classification was considered, describes and analyses the main characteristics and properties of biomass as fuel raw material was performed.

LHV – нижча теплота згорання;
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;
БМ – біомаса;
ТПВ – тверді побутові відходи;

БПК – біологічна потреба в кисні;
ХПК – хімічна потреба в кисні;
н.е. – нафтовий еквівалент.

Біоенергетика є складовою частиною енергетики, що базується на використанні відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) й включає в себе соціальні, економічні, наукові та технічні галузі пов'язані з використанням ВДЕ. Дослідження біопалива, як енергетичного матеріалу, відіграють важливу роль при розробці та впровадженні технологій для отримання теплової та електричної енергії.

В 2008 році загальне світове постачання первинної енергії (total primary energy supply) склало 12 264 Мт н.е., з яких 12,8 % чи 1 567 Мт н.е., було вироблено з ВДЕ [1]. Тверда біомаса (БМ) є основним відновлювальним ресурсом й складає 9,9 % загального світового виробництва первинної енергії, або 71,7 % виробництва первинної енергії з ВДЕ (рис. 1). Найбільша частка первинної енергії з твердої біомаси, 86,5 %, виробляється в країнах, що розвиваються й використовується в побутовому секторі: країни Африки – 28,1 %, країни Латинської Америки – 9,1 %, Китай – 17,4 % та інші країни Азії – 30,4 %.

Найбільша частка БМ в виробництві енергії припадає на країни ЄС, де основним лідерами є Латвія 26 %, Фінляндія 20 %, Швеція 19 %, Данія 13 %, Португалія та Австрія 12 % [2]. Сьогодні ВДЕ мають достатній потенціал й набувають все більш важливої ролі в заміщенні традиційних викопних видів палива та скороченні викидів парникових газів.

Біомаса – це органічна речовина, що утво-

рюється в процесі фотосинтезу під час поглинання діоксиду вуглецю (CO_2) з повітря під дією сонячного світла. Сонячна енергія зберігається у вигляді хімічних зв'язків структурних компонентів біомаси, які під дією фізико-хімічних процесів здатні вивільняти накопичену в них енергію й утворювати спожиті під час росту воду (H_2O) та CO_2 . Цей процес циклічний, тому біоенергетика вважається як вуглець-нейтральна технологія отримання енергії, а тому розглядається як важливий соціально-екологічний захід по захисту навколишнього середовища.

В Законі України [3] термін «біомаса» вживається в наступному значенні: – “це біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва й тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів). До біологічних видів палив (біопалив) відносять – тверде, рідке або газове паливо, виготовлене з біологічно відновлювальної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива”.

Класифікація біопалив у відповідності до розробленої схеми «*Food and Agricultural Organization of the United Nations*» [4] представлена в табл. 1. Концептуальний підхід запропонова-

ної класифікації враховує особливості утворення біопалива й визначення його групи походження, а з іншого боку наведені визначення різних видів біопалив, що можуть бути отримані для кожної з груп.

До деревних палив віднесені всі види біопалив (тверді, рідкі, газоподібні), що отримані безпосередньо чи опосередковано з дерев та

кущів (включаючи енергетичні плантації лісу) в результаті лісогосподарської діяльності, а також промислові побічні продукти з первинної та вторинної деревної продукції.

До групи агропалив входять продукти рослинного та тваринного походження сільськогосподарської біомаси та відходи їх промислової переробки. Слід зазначити, що до складу енер-

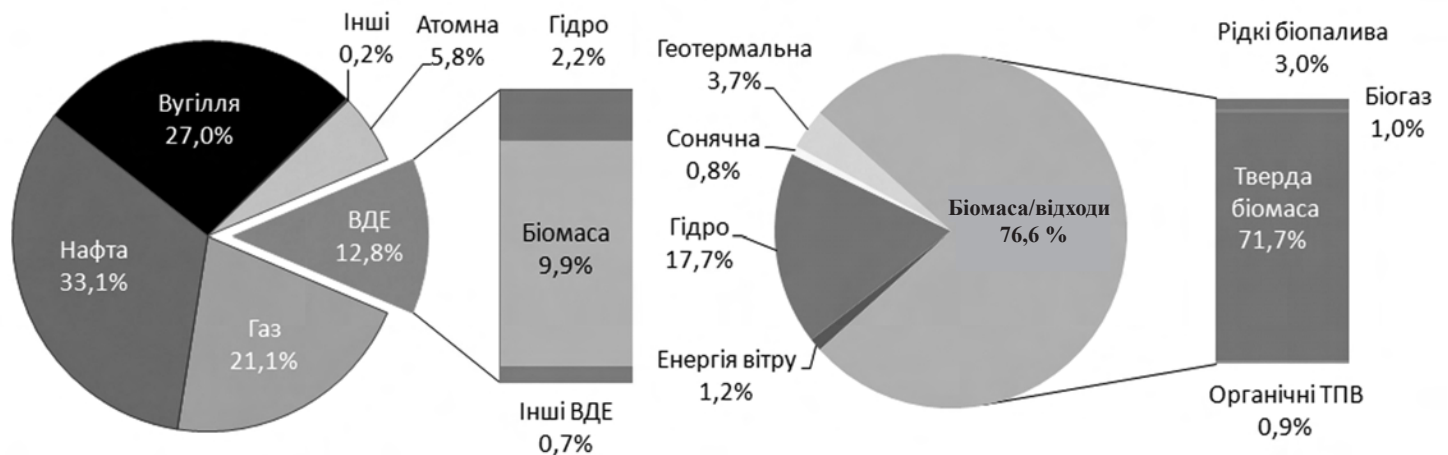


Рис. 1. Структура виробництва первинної та енергії ВДЕ світі у 2008 рік [1].

Табл. 1. Схема класифікації біопалив

| Сторона утворення | Група походження | Сторона споживання |
|---|-----------------------|--|
| Деревина, відходи деревини, вторинна деревина, відновлювальна деревина. | ДЕРЕВНІ ПАЛИВА | ТВЕРДІ: необроблена деревина, тріски, тирса, гранули. РІДКІ: чорний луг, метанол, піролізні масла. ГАЗОПОДІБНІ: продукти газифікації та піролізу. |
| Відходи агрокультур, відходи тваринництва, відходи переробки агропродукції, енергетичні культури. | АГРОПАЛИВА | ТВЕРДІ: солома, стебла, лушпиння, енергетичні трави. РІДКІ: етанол, метанол, піролізні масла, олії. ГАЗОПОДІБНІ: біогаз, продукти газифікації та піролізу. |
| Муніципальні відходи, промислові відходи. | ВІДХОДИ | ТВЕРДІ: муніципальні тверді відходи, гранули РІДКІ: рідкі стоки, піролізні масла ГАЗОПОДІБНІ: біогаз полігонів ТПВ, біогаз зі стоків. |

гетичних культур входить рослинна БМ, що вирощена в ґрунті та воді. Таким чином, олійні, цукро- та крохмалевмісні культури, а також швидкозростаючі енергетичні трав'яні культури, що вирощені в ґрунті, відносяться до ґрунтових господарств. Біомаса у вигляді водоростей, планктону та іншої рослинності, що вирощена у воді, відноситься до БМ водних господарств [4].

До групи муніципальних відходів відносяться відходи БМ громадських, комерційних та промислових секторів, що складаються з твердих побутових відходів та рідких побутових відходів у вигляді стоків.

З метою обміну інформацією та накопичення знань про різні типи біомаси Міжнародним Енергетичним Агентством була створена база даних, що на даний час містить інформацію про 1560 різних видів БМ та зразків золи [5]. Характеристики біопалив залежать від типу БМ і її попередньої підготовки та визначають вартість біопалив, витрати на транспортування та вибір відповідних технологій перетворення БМ в теплову та електричну енергію.

Важливими фізичними характеристиками є розмір часток, насипна та енергетична щільність, нижча теплота згорання (LHV), вихід летючих речовин та вміст вологи. На теплоту згорання впливає хімічний склад та співвідношення горючих й не горючих елементів в паливі.

Розмір та форма часток залежить від технології підготовки й визначає насипну та енергетичну щільність біопалива, що особливо важливо при вирішенні питань паливної логістики (розмір паливного складу, характеристики транспорту, спосіб завантаження). Фізичні характеристики деяких видів твердої БМ представлені в табл. 2 [6].

Високий вміст вологи, потенційно підвищений вміст хлору, відносно низька теплотворна здатність і низька насипна щільність є основними характерними ознаками біомасового палива. Біопалива подібні за складом, але мають значні відмінності в розподілу хімічних елементів (табл. 3). Вуглець, водень та кисень, що входять до складу паливної біомаси являються головними компонентами, що беруть участь в реакціях окислення (горіння), які проходять з виділенням теплової енергії. Органічно зв'язаний кисень лише частково покриває потребу для реакцій горіння, а для реакцій повного окислення використовується додатковий кисень з повітря. Вміст азоту й сірки в деревині є низькими, що при змішуванні з вугіллям призводить до зниження викидів оксидів сірки та азоту. Біомаса має високу реакційну здатність, що характеризується виходом летючих речовин – 70...86 % [6]. Вміст негорючих речовин та підвищена вологість призводить до зниження теплотворної здатності та жаропродуктивності

Табл. 2. Фізичні характеристики біопалив

| Вид біопалива | Вологість, % | LHV , МДж/кг | Насипна щільність, кг/м ³ | Енергетична щільність, МДж/кг |
|----------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Деревні гранули | 10 | 16,4 | 600 | 9840 |
| Деревна тріска твердих порід | 30 | 12,2 | 320 | 3900 |
| Деревна тріска м'яких порід | 30 | 12,2 | 250 | 3050 |
| Кора | 50 | 8,2 | 320 | 2620 |
| Тирса | 50 | 8,0 | 240 | 1920 |
| Солом'яні тюки високої щільності | 15 | 14,5 | 120 | 1740 |
| Трав'яні тюки високої щільності | 18 | 13,7 | 200 | 2740 |
| Оливкові відходи | 63 | 6,1 | 1130 | 6890 |

палива. При робочій зольності деревної біомаси 4 % й зміні вологості від 10 % до 60 % жаропродуктивність різко знижується з 1940 °С до 1182 °С [7].

Проведені дослідження [8, 9] показали, що формування NO_x під час спалювання БМ відбувається при температурах 800...1100 °С й головним чином залежить від вмісту азоту в паливі, конструкції топкової камери та способу підводу повітря. При спалюванні деревної тріски з вмістом азоту 0,15 % (на суху масу) в киплячому шарі рівень викидів NO_x нижчий ніж при шаровому спалюванні й складає 30...100 мг/м³. До первинних заходів по боротьбі з утворенням NO_x в продуктах згорання відносяться: правильний розподіл первинного та вторинного повітря, вибір зони підводу повітря та використання рециркуляційних димових газів. До вторинних – можна віднести системи каталітичного й некаталітичного очищення продуктів згорання шляхом додавання аміаку в холодну чи гарячу зону котла.

Хлор (Cl_2) повністю випаровується під час горіння й утворює HCl , Cl_2 та лужні сполуки хлоридів. При зменшенні температури димових газів, луки та хлориди будуть конденсуватися на поверхнях нагріву та на частках летючої золи. В результаті складання матеріального балансу було встановлено, що при спалюванні на решітці 40...85 % хлору залишається в золі. Важливим в дослідженні впливу хлору є роз-

рахунок емісії HCl та дослідження умов формування поліхлоридів, діоксинів та бензофуранів, а також визначення впливу корозії на елементи обладнання [10].

Вміст сірки (S) визначає формування оксидів сірки SO_x та лужних сульфатів, які конденсуються на поверхнях нагріву та частках летючої золи. Оскільки вміст S в БМ незначний, то емісія при спалюванні не викликає особливих труднощів, адже 40...90 % сірки залишається зв'язаною в золі, тому особлива увага приділяється процесам корозії. На ефективність зв'язування S впливає наявність лужних металів в золі, особливо Ca [7].

Вміст золи для різних типів БМ коливається в широкому діапазоні і складає 0,5 % для деяких видів чистої деревини й 12 % для деяких видів соломи та зерна, що додатково забруднені сторонніми домішками. Негорючі елементи, що входять до складу палива (Si, Ca, Mg, K, Na та P) утворюють золу частину палива. Рівень їх вмісту в різних типах БМ змінюється в широкому діапазоні (табл. 4). Вміст золи в паливі впливає на вибір технології перетворення енергії з біомаси, вибір обладнання, спосіб видалення золи, а також впливає на емісію твердих часток в димових газах, вибір та розмір системи очистки, розмір золових відвалів.

K, P та Mg є поживними речовинами й відіграють важливу роль при використанні БМ та її золи в якості біологічних добрив. Вміст

Табл. 3. Хімічний склад та вихід летючих різних видів біомаси, % на суху масу

| Елементи | Деревна тріска | Відходи деревини | Кора | Солома пшенична | Водорості | Оливкові відходи | Органічні відходи |
|---------------|----------------|------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|-------------------|
| C | 47...51 | 42...51 | 48...51 | 30...47 | 52,7 | 48...50 | 24...48 |
| H | 5,7...6,3 | 5...8 | 4,6...6,2 | 3,9...6,3 | 7,22 | 5,4...6,5 | 4,3...5,9 |
| N | 0,1 | 0,1...3,9 | 0,1...0,6 | 0,3...1,3 | 8,01 | 0,5...0,7 | 0,7...3,5 |
| O | 38...45 | 34...47 | 38...42 | 23,8...49,3 | 28,9 | 34...37 | 18...40 |
| S | 0,1 | 0...0,1 | 0...0,2 | 0,1...0,5 | 0,49 | 0,1 | 0...1,1 |
| Cl_2 | 0,0 | 0...0,4 | 0,0 | 0...3,3 | 0,177 | 0,1 | 0,0 |
| Вихід летючих | 76...86 | 44...86 | 69...77 | 47...81 | - | - | 45...50 |

Табл. 4. Рівень вмісту негорючих елементів в паливі та золі біомаси [7]

| Елементи | Деревна тріска | Кора | Солома пшениці | Злакові зерна | Відходи оливи |
|--------------------------------------|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
| Зольність, % | 1...2,5 | 5...8 | 3...8 | 4...12 | 2...4 |
| Вміст в паливі, мг/кг (на суху масу) | | | | | |
| Si | 440...2900 | 2000...11000 | 4200...27000 | 6800...12000 | 80...1800 |
| Ca | 2900...7000 | 7700...18000 | 440...7000 | 1400...2800 | 1500...3400 |
| Mg | 310...800 | 960...2400 | 100...3200 | 1100...1200 | 320...710 |
| K | 910...1500 | 1500...3600 | 320...21000 | 6000...8900 | 7500...16000 |
| Na | 20...110 | 71...530 | 56...4800 | 19...78 | 74...440 |
| P | 97...340 | 380...670 | 110...2900 | 2200...3400 | 560...1200 |
| Вміст в золі, мг/кг (на суху масу) | | | | | |
| Si | 4...11 | 7...17 | 16...30 | 16...26 | 0,3...4,9 |
| Ca | 26...38 | 24...36 | 4,5...8,0 | 3...7 | 5,1...13,5 |
| Mg | 2,2...3,6 | 2,4...5,6 | 1,1...2,7 | 1,2...2,6 | 1,3...1,8 |
| K | 4,9...6,3 | 5...9,9 | 10...16 | 11...18 | 30,5...42,1 |
| Na | 0,3...0,5 | 0,5...0,7 | 0,2...1,0 | 0,2...0,5 | 0,2...1,1 |
| P | 0,8...1,9 | 1,0...1,9 | 0,2...6,7 | 4,5...6,8 | 2,3...3,1 |

Табл. 5. Температури плавкості золи деяких біомасових палив, °C [7, 11]

| Тип біомаси | Температура початку деформації | Температура початку розм'якшення | Температура початку плавлення |
|----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Деревина | 1110...1340 | 1410...1640 | 1340...1700 |
| Кора | 1250...1390 | 1320...1680 | 1410...1700 |
| Солома пшениці | 800...850 | 850...900 | 1080...1290 |
| Зерно пшениці | 970...1010 | 1020 | 1180...1220 |
| Трави | 890...980 | 950...1020 | 1100...1330 |

Ca та Mg призводить до зростання температури розм'якшення золи, на відміну від Na та K в поєднанні з Si. Вивчення цих процесів важливе для запобігання спіканню золи, шлакуванню поверхонь та утворенню відкладень на поверхнях нагріву. Наведені дані в табл. 5 про температури початку деформації та плавлення золи для різних типів БМ вказують на те, що зола соломи, злакових зерен та трав, які містять низькі концентрації кальцію та високі концентрації калію, починають плавитися значно раніше,

ніж зола деревних палив.

В останні роки широкого інтересу набуло питання отримання біопалив з водоростей. Зростання інтересу пов'язане з новими досягненнями в сфері науки, що дають можливість отримання рідких біопалив з високопродуктивних морських та індустріальних біоферм. Особливий інтерес викликають червоні та бурі водорості, а також спеціальні штами водоростей, здатних до швидкого розмноження й утворення великої кількості біологічної маси в

одиниці об'єму за короткий проміжок часу. Таким чином, велика продуктивність отримання біологічної сировини створює значний потенціал біомаси з водного басейну океанів, морів, річок та є екологічно чистою технологією перетворення вуглекислого газу в органічну речовину під дією світла та фотосинтезу. Основними енергетичними продуктами, що можуть бути отримані з водоростей, є тверда біомаса, біогаз після зброджування, генераторний газ та біонафта після піролізу та етанол. Важливими перевагами даної технології отримання біосировини є: 1) можливість отримання сировини з водного басейну, що значно переважає площу родючих земель; 2) можливість вирощування в морській солоній воді; 3) вирощування з продуктивністю, що переважає врожайність традиційних агрокультур. На даний час існують лабораторні дослідження та кілька демонстраційних об'єктів, проте дана технологія широкого розповсюдження ще не набула.

Тверді побутові відходи (ТПВ), разом з промисловими відходами, є одними з основних забруднювачів природного середовища, що створюють екологічну небезпеку в місцях їх накопичення. Субстрати полігонів ТПВ являють

собою суміш повсякденних побутових відходів населення, будівельного сміття, промислових відходів та відходів по догляду за зеленими насадженнями. Неоднорідність морфологічного складу ТПВ не дає можливість чітко визначити джерела походження та хімічний склад відходів. Узагальнений морфологічний склад ТПВ, який визначався за даними складу ТПВ в українських містах, що були зібрані протягом останнього десятиліття, наведений в табл. 6 [12, 13]. На прикладі морфологічного складу ТПВ, що утворюються в м. Харків [14], відходи в середньому складаються з наступних (в % по масі):

– в житловому секторі: харчові відходи – 54,07 %, папір та картон – 7,61 %, полімери – 7,71 %, скло – 6,3 %, чорні метали – 2,18 %, кольорові метали – 0,23 %;

– на підприємствах виробничої сфери: харчові відходи – 22,68 %, папір та картон – 29,84 %, полімери – 11,91 %, скло – 10,72 %, чорні метали – 2,7 %, кольорові метали – 2,16 %.

З наведених даних видно, що значну частину ТПВ можливо використати для вторинної переробки, частину – для отримання енергетичної сировини для спалювання та зброджу-

Табл. 6. Морфологічний склад ТПВ України за даними вимірювань, %

| Вид відходів | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Середнє |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Харчові відходи | 30,0 | 39,0 | 41,5 | 29,3 | 12,5 | 34,7 | 41,4 | 33,1 |
| Папір, картон | 18,4 | 5,9 | 2,8 | 12,6 | 5,4 | 11,6 | 13,5 | 8,6 |
| Дерево | 2,2 | 1,8 | 0,0 | 10,5 | 2,1 | 2,3 | 1,7 | 3,0 |
| Чорний металобрухт | 3,7 | 2,5 | 1,8 | 0,0 | 2,0 | 2,0 | 2,3 | 1,8 |
| Кольоровий металобрухт | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,1 |
| Текстиль | 4,1 | 3,2 | 2,7 | 4,2 | 2,5 | 2,7 | 3,8 | 3,2 |
| Кістки | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,6 |
| Скло | 5,1 | 7,1 | 7,7 | 0,0 | 5,1 | 4,6 | 7,7 | 5,4 |
| Шкіра, резина | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 |
| Каміння, штукатурка | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| Пластмаса | 3,3 | 7,9 | 2,3 | 6,5 | 5,0 | 9,4 | 7,7 | 6,5 |
| Інше | 0,0 | 4,2 | 17,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,9 | 7,2 |
| Відсів (менше 15 мм) | 33,3 | 24,6 | 23,3 | 28,7 | 65,3 | 32,6 | 0,5 | 29,2 |

вання, а залишок піддати захороненню. По даним [15] середній фізико-хімічний склад ТПВ для середньої кліматичної зони наступний: зольність на суху масу – 20...32 %, органічних речовин на суху масу – 68...80 %, вологість – 35...60 %, щільність – 190...200 кг/м³, теплота згорання на робочу масу – 5...8 МДж/кг. Агрохімічні показники на суху масу: азот (N) – 0,8...1 %, фосфор (P) – 0,7...1,1 %, калій (K) – 0,5...0,7 %, кальцій (Ca) – 2,3...3,6 %. Значний вміст важких металів в ТПВ значно перевищує допустимі норми та викликає ряд проблем з вторинною переробкою й використанням відходів для енергетичних цілей. Кроком до енергетичного використання ТПВ може стати поліпшення законодавства в сфері забруднення навколишнього середовища та правил поводження з відходами, зокрема впровадження сортування відходів, вторинна переробка відходів, попередня обробка відходів перед захороненням.

Використання стічних вод та осаду (мулу) є одним з напрямків енергетичного використання рідких відходів для отримання теплової та електричної енергії, а також здійснюється з метою біологічного очищення води. В залежності від походження, складу та якісних характеристик забруднення (домішок) стічні води розділяють на три основні категорії: побутові (господарсько-фекальні), виробничі (промислові) та атмосферні. Забруднення стічних вод

розділяють на мінеральні (пісок, глина, солі та ін.), органічні й біологічні (мікроорганізми та бактерії). Органічні забруднення рослинного та тваринного походження, основним складовим хімічним елементом яких є вуглець (C) та азот (N), прирівнюються до органічної сировини. Як свідчать дані [16], стічні води харчової промисловості характеризуються високими концентраціями органічних забруднень, що включають компоненти сировини рослинного та тваринного походження (табл. 7).

Середній вміст мінеральних домішок в побутових стічних водах складає 42 %, органічних – близько 58 % на суху масу. Вміст вологи в непідготовленому відстої складає 95 %. Для типових відстоїв вміст азоту (N) досягає 2 %, фосфору (P₂O₅) – 4 %, калію (K₂O) – 0,5 %. Енергетична цінність осаду приблизно складає 16 284 кДж/кг сухої речовини [17]. Практичне використання осаду в якості палив має певні труднощі, які в першу чергу пов'язані з високою вологістю сировини та високими витратами на дотримання екологічних норм при спалюванні. Одним з найбільш ефективних методів отримання енергії із стічних вод є виробництво метану шляхом анаеробного зброджування. Цей метод досить привабливий, оскільки надійний, не потребує великої кількості обслуговуючого персоналу, дозволяє зменшити неприємні запахи стоків та зменшити кількість патогенної флори в ньому, зменшити об'єм осаду й отримати

Табл. 7. Показники забруднень підприємств харчової промисловості [16]

| Найменування | Значення показників забруднень стічних вод, мг/л | | | | |
|------------------|--|---------------|----------------|------------|-------------------------------|
| | м'ясо-комбінат | птахо-фабрика | міськ-молзавод | пивзавод | виробництво крохмалю і патоки |
| pH | 6,2...7,6 | 6,8...7,0 | 3,7...9,8 | 5,0...10,5 | 4,7...7,4 |
| Завислі речовини | 1793 | 6235 | 493 | 1392 | 831 |
| ХПК | 3430 | 6687 | 4116 | 4187 | 941 |
| БПК ₅ | 1697 | 2639 | 3335 | 2596 | 518 |
| Амонійний азот | 178 | 77 | 7,2 | 14 | 6 |
| Фосфати | 128 | 175 | 210 | 19 | - |
| Жири | 483 | 1341 | 66 | - | - |

Табл. 8. Склад відходів тваринництва

| Параметр | Курячий послід | Гній корів |
|--|----------------|------------|
| Вміст сухої речовини, % (на робочу масу) | 10,1 | 16,4 |
| Вологість, % | 89,9 | 83,6 |
| Зольність, % (на суху масу) | 20,3 | 18,8 |
| Вміст сухих органічних речовин, % (на суху масу) | 79,7 | 81,2 |
| Загальний азот, % (на суху масу) | 1,4 | 0,3 |
| Фосфати (P ₂ O ₅), % (на суху масу) | 2,4 | 1,44 |

біогаз з теплотворною здатністю 18...25 МДж/м³. Основна частка використання установок анаеробного зброджування припадає на агрохарчові підприємства, де існує можливість використання не лише стічних осадів але й сумісного зброджування відходів тваринництва та рослинництва, що значно збільшує вихід біогазу. Отримані лабораторні дані складу відходів тваринництва наведені в табл. 8.

Висновки

В роботі розглянута схема класифікації біопалив та фізико-хімічні характеристики біосировини, що може бути використана в якості палива. Виконано порівняння складових біопалив та проведена оцінка їх впливу на енергетичні показники. Наведено характеристики та властивості палив, що створюють труднощі, пов'язані з використанням біопалив, й можуть викликати проблеми технічного та екологічного характеру.

Робота виконана в рамках першого етапу комплексної програми наукових досліджень НАН України «Об'єднання» наукового проекту «Оцінка технічних можливостей, енергетичної, економічної та екологічної ефективності використання біомаси на ТЕС, ТЕЦ та когенераційних станціях в Україні».

ЛІТЕРАТУРА

1. *Renewables Information* (2010 Edition). IEA
2. *IEA 2008*, <http://www.iea.org>

3. *Закон України* “Про альтернативні види палива” <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1391-14>

4. *Food and Agricultural Organization of the United Nations* <http://www.fao.org/docrep/007/j4504e/j4504e07.htm>

5. *Інтернет сайт* Міжнародного Енергетичного Агентства з питань спалювання біомаси та сумісного спалювання «IEA Bioenergy Task 32» <http://www.ieabcc.nl/>

6. *The handbook of biomass combustion and co-firing*/edited by Sjaak van Loo and Jaap Koppejan.

7. *Головков С.И., Конерин И.Ф., Найденов В.И.* Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. пром-сть, 1987.– 224 с.

8. *Leckner B., Karlsson M.* Gaseous emissions from circulating fluidised bed combustion of wood // *Biomass and Bioenergy*, – V. 4, № 5, – P. 379–389, – 1993.

9. *Kilpinen P.* Kinetic modelling of gas-phase nitrogen reactions in advanced combustion processes // Report 92–7, PhD thesis, Abo Akademy University, Abo, Finland, 1992.

10. *Obernberger I., Biedermann F., Kohlbach W.* FRACTIO – Fraktionierte Schwermetallabscheidung in Biomasseheizwerken, annual report for a research project funded by the ITF and the Bund-Bundeslanderkooperation, Institute of Chemical Engineering, Graz University of Technology, Austria, 1995.

11. *Schmidt A., Zschet A., Hantsch-Linhart W.* Analysen von biogenen Brennstoffen, Endbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt, Bundes-

ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (ed.), Vienna, Austria, 1994.

12. *Посібник з моніторингу* полігонів твердих побутових відходів – Донецьк: Тасіс. – 2004. – 291 с.

13. “*Ukraine National Municipal Solid Waste Management Strategy: Existing Situation and Strategic Issues Report*”, Danish Cooperation for Environment in Eastern Europe (DANCEE), Ukrainian State Committee for Housing and Municipal Services, 2004.

14. *Горюх Н.П.* ГКП «Харьковкоммуниствод» Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов.

Научно-технический сборник № 63. С.– 172-181.

15. *Официальный интернет сайт «Экология окружающей среды стран СНГ»* www.ecplogylife.ru

16. *Ковальчук В.А.* Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности // Материалы IV междунар. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков, 2007. – С. 248-252.

17. *Biomass Conversion process for Energy and Fuels.* University of Oklahoma, 1981.

Получено 08.04.2011 г.