

# ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.311

[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24\(38\)-37](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-37)

## ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛИСТЯНОЇ БІОМАСИ ТА РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**О. Грубник,**

e-mail: [fixik0@ukr.net](mailto:fixik0@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-1851-1939>

**М. Подольський,** канд. тех. наук, доц., Тел.: +380508001727

e-mail: [Podolsky.Mihail@gmail.com](mailto:Podolsky.Mihail@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1149-4275>

Херсонський національний технічний університет

**І. Лілевман,**

email: [igorlilevman@ukr.net](mailto:igorlilevman@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-3123-5684>

Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

### **Анотація**

**Вступ.** Через нестачу власних традиційних енергоресурсів (нафти, газу, вугілля) та проблеми з їх імпортом пошук можливостей та технологій використання нетрадиційних енергоджерел є актуальним завданням. Зелені насадження населених пунктів, садів, сільгоспугідь щорічно восени створюють значні обсяги біомаси, яка, як правило, не використовується, а в деяких випадках створює проблеми з її прибиранням та утилізацією. Для фермерських господарств, малих сільськогосподарських підприємств, віддалених від мереж електро-, газопостачання, вирішення проблеми автономного енергозабезпечення давно назріло.

**Мета.** Обґрунтування можливості та дослідження ефективності варіантів утилізації листяної біомаси й інших рослинних відходів як енергетичного ресурсу.

**Методи досліджень:** теоретичні – аналіз досліджуваних літературних інформаційних ресурсів, синтез, індуктивний, дедуктивний, розрахунково-порівняльний.

**Результати.** Оцінені щорічні обсяги ресурсної бази листяної біомаси, яка може бути використана для виробництва енергії. На основі проведеного порівняльного дослідження сучасних технологій переробки подібних відходів (виробництво паливних брикетів та їх подальше використання як палива для індивідуальних твердопаливних котлів; централізоване спалення у піролізних котлах; виробництво біогазу за допомогою технології бродіння у біогазових генераторах) визначений найбільш ефективний метод утилізації листяної біомаси – бродіння з виробництвом біогазу. Розрахунки показують, що за виходу 300 м<sup>3</sup> біогазу з 1 т листяної маси із середньою теплотворною здатністю 24 МДж/м<sup>3</sup> отримувана питома енергоефективність 1 т переробленої у біогаз маси складе 7200 МДж/т, що перевищує величини інших розглянутих методів утилізації. Розраховано можливі обсяги отримуваного палива та енергії, оцінено долю в структурі енергоспоживання.

**Висновки.** Розглянуто проблему утилізації листяної біомаси й інших рослинних відходів у сільськогосподарських підприємствах, фермерських господарствах, сільських населених пунктах. Показано можливість ефективного вирішення проблеми корисним використанням рослинних відходів, як джерела енергоресурсів. Оцінено щорічні обсяги ресурсної бази біомаси, яка може бути використана для виробництва енергії. На основі проведеного порівняльного дослідження сучасних технологій переробки подібних відходів визначено найбільш ефективний метод утилізації листяної біомаси – бродіння з виробництвом біогазу.

**Ключові слова:** утилізація рослинних відходів, зелені насадження, листяна біомаса, біогаз, нетрадиційні джерела енергії, енергонезалежність.

**Постановка проблеми.** На сьогодні одною з найгостріших проблем не тільки України, а й світу, є проблема дефіциту енергоресурсів. Темпи приросту використання енергетичних ресурсів становлять 3-4 % на рік. За прогнозом Всесвітньої Енергетичної Ради і Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (WEC/IIASA) у 2020 р. глобальне енергоспоживання людства складе 19,4 млрд. т. у.п. [1]. Потенціал розвитку країни в значній мірі визначається енергоозброєністю. Енергетичні ресурси у поєднанні з машинними системами є домінантою економічного зростання і національної безпеки країни. Доступність та низька вартість енергії є запорукою підвищення рівня життя населення та конкурентоздатності економіки. Через нестачу власних викопних енергоресурсів (нафти, газу, вугілля) в Україні та низки проблем з їх імпортом пошук можливостей та технологій використання нетрадиційних енергоджерел є актуальним завданням.

Розвиток технологій використання нетрадиційних енергоресурсів зумовлює зниження їхньої вартості створює передумови поступового зростання їхньої частки в енергогенерації. Все більше уваги багато дослідників та підприємців звертають на використання вітрової та сонячної енергії. Однак одним з суттєвих недоліків цих нетрадиційних джерел є неможливість регулярного і передбачуваного у часі режиму енергогенерації, що ускладнює їх використання без систем акумуляції або резервування. Масова заготівля деревного палива (наявна навіть у розвинених країнах) призводить до вирубування лісових насаджень, часто невідновного, з усіма негативними наслідками для екологічного стану довкілля.

Зелені насадження населених пунктів, садів, сільгоспугідь щорічно восени створюють значні обсяги самовідновної природним чином біомаси, яка, як правило, не використовується, а в деяких випадках створює проблеми з її прибиранням та утилізацією. Для фермерських господарств, малих сільськогосподарських під-

приємств, віддалених від мереж електро-, газопостачання, вирішення проблеми автономного енергозабезпечення давно назріло.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні поновлювані джерела енергії займають значне місце в енергобалансі країн світу. Як свідчать дані Міжнародного енергетичного агентства [2], 13,1 % первинної енергії в світі в 2010 р було вироблено з відновлюваних джерел енергії, більшу частину яких склала біомаса - 9,9 %. За період з 1991 р. споживання енергії з відновлюваних джерел в ЄС збільшилося в два рази і склало в 2009 р. 153 млн. т/рік, або 9 % загального енергоспоживання ЄС-27. Енергія з біомаси склала 107,1 млн. т. (70 % від усіх відновлюваних джерел) [3].

Виробництво електроенергії в ЄС в останні роки тримається на рівні 3200...3300 ТВт•год/рік. На частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) припадає близько 21 % загального обсягу виробництва електроенергії. У структурі виробництва електроенергії з поновлюваних джерел перше місце займає гідроенергетика (57 % усіх ВДЕ), друге і третє місце – енергія вітру (21 %) і біомаси (19 %). Всього за рахунок відновлюваних джерел енергії в ЄС в 2020 р. повинно бути забезпечено 34 % загального споживання електроенергії. Виробництво електроенергії з біомаси (тверда біомаса, органічні відходи, біогаз) має потроїтися і досягти 300 ТВт•год/рік [4].

Природною заміною викопної паливної сировини була і залишається паливна сировина рослинного походження. Альтернативою твердому паливу (вугіллю) у розвинених країнах вже не перший рік є пелети – гранульовані відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска) і сільського господарства (лузга соняшника, солома зернових). Теплота згоряння пелет близька до вугільної, але при їх згоранні викид  $\text{CO}_2$  в 10-50 разів менший, а золи – в 15-20 разів. Відповідно до технології, в альтернативні паливні брикети можна перетворювати будь-яке сміття: тирсу, кору дерев, очерет, соломку, сіно, відходи кукурудзи і соняшника [5].

Останнім часом значна увага приділяється технологіям вирощування і переробки технічних культур, таких як: ріпак, соя, кукурудза та ін. для виробництва палива (біодизель, біоетанол та ін.), але такий підхід потребує відведення для їх вирощування сільгоспугідь, що можна використовувати для забезпечення людства їжею, якої на сьогодні не вистачає. Крім того, сьогодні в Україні спостерігається стрімке зниження продуктивності ґрунтів через зменшення вмісту гумусу. Тільки за останні 20 років запаси гумусу скоротилися на 25-30 %, щорічні втрати загалом по Україні становлять 11,4 млн. т., а щорічні втрати гумусу в чорноземах складають у середньому 0,5-0,8 т/га. У 1991-1995 рр. дефіцит балансу гумусу збільшився в 2,5 раза порівняно з попереднім періодом, а станом на 2011 р. – майже у 8 разів [6]. Водночас, за даними Державної служби статистики, внесення мінеральних добрив у 2017 р. порівняно з 1990 р. скоротилося в 2,15 раза, а органічних добрив - у 27,8 раза [7]. Тому, на наш погляд, вирішення проблеми дефіциту енергоресурсів вирощуванням і переробкою технічних культур, які інтенсивно виснажують землі, в умовах, які склалися, є не тільки недоцільним, а й неприпустимим.

**Мета дослідження.** Обґрунтування можливості та дослідження ефективності варіантів утилізації листяної біомаси й інших рослинних відходів як енергетичного ресурсу.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Зелені насадження є природними акумуляторами сонячної енергії, яку вони запасують протягом свого життя синтезом органічних сполук, формуючи з них крону та корені. Найпростіший спосіб використання частини цієї енергії – це заготівля та спалення деревини у вигляді дров, який здавна використовується людством, але призводить до знищення лісових масивів. Частина біомаси багаторічних зелених насаджень, яка самовідновлюється щороку і може бути використана без знищення рослин – це листяний покрив. Можливість використання листяної біо-

маси обмежується проблемами доступності, збирання та транспортування. Опале листя можна розглядати як енергоресурс багаторічних зелених насаджень населених пунктів, садів, але майже не дає користі у цьому розрізі, а часто потребує витрат на прибирання та вивезення.

Щоб оцінити об'єми листяної маси зелених насаджень парків, населених пунктів можна використовувати такі дані: на одному гектарі росте в середньому 260 дерев; вага листя одного дерева середнього віку - 35 кг, молодого - близько 10 кг (молоді займають близько 40% загальної площі зелених насаджень). Загальна вага листової маси в середньовікових насадженнях з 1 гектара становить 9,1 т, молодих – 2,6 т, вага 1 м<sup>3</sup> вологого листя – 300 кг [5, 8].

Для оцінки об'ємів листяної маси у садівництві, можна виходити з того, що плодові та ягідні дерева висаджують зі щільністю в середньому 2000 -5000 дерев/га. Взявши типовим представником яблуню за даними досліджень [9] для середнього дерева діаметром стовбура 8 см маса листя в сухому стані важить 838 г, що в перерахунку на 50 % вологість складе приблизно 1676 г (прийємо для зручності 1,6 кг листяної маси в середньому з дерева). Тоді вираховуємо питомий об'єм листяної маси з одного гектара саду:

$$m_{га} = 3500 * 1,6 / 1000 = 5,6 \text{ т/га.}$$

За даними Державної служби статистики, площа плодових та ягідних насаджень у 2018 р. в Україні склала 228 тис. га. З них площа зерняткових (яблуня, груша, айва) та кісточкових (абрикос, вишня, слива та ін.) насаджень у плодоносному віці сільськогосподарських підприємств сягає 46,1 тис. га, цих же культур у господарствах населення – 120,1 тис. га [9].

Звідси можливий щорічний об'єм листяної біомаси садів сільськогосподарських підприємств

$$m_{сп} = 46100 * 5,6 = 258 \text{ тис.т,}$$

загальний із садів з урахуванням господарств населення

$$m_c = (46100+120100) * 5,6 = 931 \text{ тис.т.}$$

Якщо буде зібрана і перероблена лише половина всього опалого листя, то фактична, доступна для переробки листяна біомаса для садів сільгосппідприємств

$$m_{\text{сп ф}} = 258 * 0,5 = 129 \text{ тис.т.}$$

загальна із садів з урахуванням господарств населення

$$m_{\text{с ф}} = 7,5 * 0,5 = 465 \text{ тис.т.}$$

Для визначення найбільш доцільного та ефективного методу переробки опалого листя проведено порівняльне дослідження трьох, на наш погляд, найбільш привабливих сучасних технологій переробки подібних відходів, а саме:

- виробництво паливних брикетів та їх подальше спалення;
- централізоване спалення листяної маси у піролізних котлах;
- виробництво біогазу за допомогою технології бродиння у біогазових генераторах.

В основі технології виробництва паливних брикетів лежить процес пресування відходів і дуже подрібнених відходів деревини (тирси) під високим тиском (з нагріванням або без нього). На паливні брикети можна перетворювати різні відходи: тирсу, кору дерев, очерет, соломку, сіно, опале листя, відходи кукурудзи, і соняшника. Міцність і форму брикети набувають пресуванням і максимальним висушуванням. Іноді для поліпшення якості продукту додають один екологічно чистий зв'язувальний компонент.

Для всіх видів сировини оптимальна вологість повинна становити 8 %. Діапазон вологості для успішного пресування має межі від 5 до 12 %. За вологості до 15 % брикет пресується, але його якість погіршується до нетоварного вигляду, а продуктивність процесу – мінімальна. За вологості менше 5 % процес формування брикету ускладнюється.

Паливні брикети, отримані з рослинної сировини, є екологічно чистим продуктом. Сполучною речовиною є натуральний лігнін. Порівняно з природними дровами - брикети через більшу щільність довше горять. Тому підкладати в піч (котел) брикети можна рідше в 2-4

рази. Зола після згоряння складає 1-3 % від початкової маси. Для порівняння: зола від згоряння кам'яного вугілля дорівнює 30-40 %, природних дров – 8 -16 %, деревної тріски – 11-18 % [12]. До того ж золу можна використовувати як екологічно чисте добриво. Паливні брикети мають високу теплотворність – у середньому в 2 рази більшу проти дров. Їхня теплотворна здатність порівняна з теплотворністю кам'яного вугілля і складає 14,51 МДж/кг (14510 МДж/т).

Але, як показали проведені нами розрахунки, для виробництва 1 т паливних брикетів вологістю 8 %, необхідно переробити 2,3 т листяної маси вологістю 60 %. За цих умов з неї необхідно буде видалити 1,3 т води. Тож теоретична паливна ефективність 1 т листяної маси (без урахування витрат енергії на сушіння і виробництво брикетів (подрібнення маси, пресування) становитиме 6309 МДж/т, а з урахуванням витрати 2933 МДж на штучне випаровування 1,3 т води отримаємо лише 3376 МДж/т паливної ефективності. Наведені міркування не дозволяють рекомендувати цей метод для вирішення поставленої задачі.

Піроліз - процес розпаду органічних речовин під дією високих температур. Для того щоб термічний розпад не перетворився на звичайне спалювання, до матеріалу, який піддається піролізу, штучно обмежують доступ кисню. Піролізний котел (рис. 1) містить камеру первинного

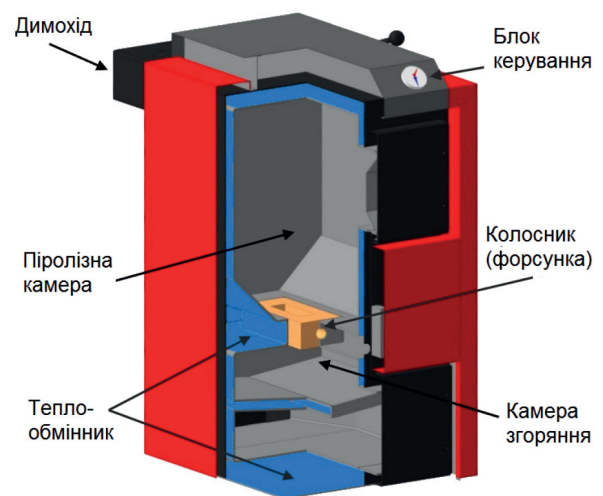


Рисунок 1 - Піролізний котел

спалювання або піролізну камеру, схожу на топку звичайної печі.

Тверде паливо (дрова, тирса, деревні або торф'яні брикети, пелетні гранули) поміщається на колосник, що забезпечує приплив до палива первинного повітря. Після виходу котла на робочий режим доступ первинного повітря значно обмежують, внаслідок чого горіння практично припиняється, продовжує горіти тільки частина палива. Теплоти, яка виділяється за таких умов, вистачає для розкладання решти палива з виділенням піролізного газу – суміші легких органічних речовин.

Піролізний газ примусово, рідше самопливом, потрапляє у вторинну камеру – камеру згоряння або камеру допалювання, в яку подається достатня кількість вторинного повітря. Від контакту з киснем нагрітий (понад 300 °С) газ горить з виділенням великої кількості тепла.

Піролізні твердопаливні котли тривалого горіння, як правило, ефективніші від звичайних. Однак суттєвою вимогою до палива для піролізних котлів є низька вологість (до 8-10 %), що не дозволяє безпосередньо використовувати технологію піролізного спалення для листяної маси, а потребує попереднього висушування, яке є складним і енерговитратним процесом. Крім того, централізоване спалення листяної маси потребує вирішення комплексу задач щодо інтеграції відповідного обладнання, яке буде завантажено протягом лише нетривалого періоду у системи теплопостачання, якщо вони існують, або перетворення отриманої теплової енергії в інші види (електричну) для передачі її споживачам. Вказані обставини не дозволяють рекомендувати цей метод для вирішення поставленої задачі у сільському господарстві.

Біогаз утворюється під час мікробіологічного розкладання біомаси чи біовідходів (розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій), твердих і рідких органічних відходів, які добувають із відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод, твердих побутових відходів, зі спеціально вирощених

енергетичних культур, наприклад, силосної кукурудзи, водоростей. Принципова схема установки наведена на рисунку 2.

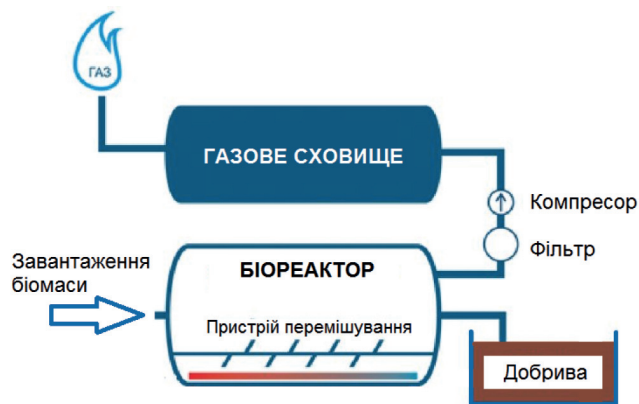


Рисунок 2 - Принципова схема біогазової установки

Склад біогазу нестабільний і залежить від багатьох факторів, здебільшого це: 55-75 % метану, 25-45 % вуглекислого газу, незначні домішки водню і сірководню, азоту, ароматичних вуглеводнів, галогено-ароматичних вуглеводнів. Його теплота згоряння складає від 21 до 27,2 МДж/мі. Від переробки 1 т трави, листя, силосу можна отримати від 200 до 400 мі біогазу (табл. 1). За теплою згоряння 1 мі біогазу еквівалентний 0,8 мі природного газу, 0,7 кг мазуту або 0,6 кг бензину [11].

Таблиця 1 - Вихід біогазу для різних типів сировини [11]

Тип сировини	Вихід газу, м <sup>3</sup> на тону сировини
Гній коров'ячий	38-52
Гній свинячий	52-88
Послід пташиний	47-94
Відходи бійні	250-500
Жир	1300
Зерно	400-500
Трава, бадилля, силос, водорості	200-400
Гліцерин технічний	400-600
Дробина пивна	130-150

Загальними перевагами технології переробки органічних відходів для виробництва біогазу є такі:

- крім газу на виході з сухого залишку переробленої сировини отримують

високоякісні біогумусні добрива, які запобігають ерозії ґрунту і збагачують родючий шар;

- економічні вигоди такого процесу полягають в ефективній та екологічній переробці відходів з отриманням на виході корисних у господарстві речовин;

- широта й практична невичерпність сировинної бази. Біогазові установки можуть ефективно використовуватися у сільському господарстві для утилізації посліду тварин, підстилки на фермах, макухи, різноманітних рослинних відходів, запобігаючи забрудненню довкілля [13].

Добовий вихід біогазу залежить від типу сировини (табл. 1) і добової порції завантаження. Для роботи побутових газових кухонних та опалювальних приладів як сировина цілком придатний «натуральний» біогаз, без будь-якого очищення. У Швеції, Фінляндії та Австрії біогазом забезпечується до 20 % всього внутрішнього споживання [11].

Розрахунки показують, що за виходу 300 м<sup>3</sup> біогазу з 1 т листяної маси середньою теплотворною здатністю 24 МДж/м<sup>3</sup> отримувана питома енергоефективність 1 т опалого листя після переробки у біогаз складе 7200 МДж/т, а це більше ніж у попередньо розглянутих методів.

Тому найбільш ефективним та екологічно безпечним методом утилізації листяної біомаси нами визначений метод бродіння з виробництвом біогазу, який забезпечить отримання близько  $v=300$  м<sup>3</sup> біогазу з кожної тонни листяної біомаси.

Наведемо розрахунки можливих обсягів отриманої енергії за такою технологією від переробки листяної біомаси з садів сільгоспідприємств та господарств населення.

Враховуючи визначені вище доступні об'єми листяної біомаси, отримуваний об'єм біогазу з продуктивністю  $v=300$  м<sup>3</sup> біогазу з кожної тонни листяної біомаси складе:

із садів сільгоспідприємств

$$V_{\text{бр сгп}} = m_{\text{сгп}} \cdot \phi * v = 129000 * 300 = 38,7 \text{ млн. м}^3;$$

загальний із садів з урахуванням господарств населення

$$V_{\text{бр с}} = m_{\text{сф}} * v = 465000 * 300 = 1125000 \text{ м}^3 = 139,5 \text{ млн. м}^3.$$

Виходячи з теплотворних здатностей природного газу  $q_{\text{пр}} = 33,5$  МДж/м<sup>3</sup> та біогазу 21-27 МДж/м<sup>3</sup> (прийемо середнє значення  $q_{\text{біогаз}} = 24$  МДж/м<sup>3</sup>), перерахуємо отримані об'єми біогазу у рівнозначні за теплотворною здатності об'єми природного газу відповідно

$$V_{\text{пр сгп}} = V_{\text{біогаз}} \cdot q_{\text{біогаз}} / q_{\text{пр}} = 38,7 * 24 / 33,5 = 27,7 \text{ млн. м}^3;$$

$$V_{\text{пр с}} = V_{\text{біогаз}} \cdot q_{\text{біогаз}} / q_{\text{пр}} = 139,5 * 24 / 33,5 = 99,9 \text{ млн. м}^3,$$

що відповідає кількості енергії

$$Q_{\text{сгп}} = V_{\text{пр сгп}} * q_{\text{пр}} = 27,7 * 10^6 * 33,5 \approx 928 \text{ ТДж} \approx 258 \text{ ГВт*год} \approx$$

$$\approx 22,5 \text{ тис. т нафтового еквівалента};$$

$$Q_{\text{с}} = V_{\text{пр с}} * q_{\text{пр}} = 99,9 * 10^6 * 33,5 \approx 3347 \text{ ТДж} \approx 929 \text{ ГВт*год} \approx$$

$$\approx 81,1 \text{ тис. т нафтового еквівалента}$$

За даними зі зведеного енергетичного балансу [14], річне споживання природного газу у сільському господарстві у 2017 р. склало 131 тис. т нафтового еквівалента.

Отже, об'єм біогазу, який можна отримати з листя садів, здатний забезпечити 17 % щорічної потреби сільського господарства у природному газі від переробки листяної маси садових насаджень с.-г. підприємств і майже 62 % щорічної потреби від переробки листяної маси загальних садових насаджень з урахуванням господарств населення.

**Висновки.** Розглянута проблема утилізації листяної біомаси й інших рослинних відходів у с.-г. підприємствах, фермерських господарствах, сільських населених пунктах. Показана можливість ефективного вирішення проблеми використанням рослинних відходів як джерела енергоресурсів. Оцінені щорічні об'єми ресурсної бази біомаси, яка може бути використана для виробництва енергії. На основі проведеного порівняльного дослідження сучасних технологій переробки подібних відходів визначений найбільш ефективний метод утилізації листяної біомаси – бродіння з виробництвом біогазу.

## Література

1. Энергоспоживання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергоспоживання>
2. Renewables Information. IEA, 2010; Eurostat. Режим доступу: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
3. Solid Biomass Barometer, 2010; EU energy and transport in figures, 2010; AEBIOM Annual Statistical Report, 2011.
4. Renewables Information. IEA 2010; Europe in figures – Eurostat Yearbook 2010:
5. Куфтов А.Ф., Кузьмина Ю.С. Перспективы применения твердых топлив из биомассы // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». -2011. - № 8. С. 1-6.
6. Оцінка і прогноз якості земель / Барвінський А.В., Тихенко Р.В. - Київ: Медінформ, 2015.- 642 с.
7. Державна служба статистики України (сайт). Статистична інформація / Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство / Внесення мінеральних та органічних добрив (1990-2017). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/cg.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm)
8. Сайт біобрікет [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.biobriquette.com/news/brikety-iz-opavshix-listev-25.html>
9. Державна служба статистики України (сайт). Статистична інформація / Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство / Рослинництво (1990-2018) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg\\_rik/sg\\_u/rosl\\_u.html](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rosl_u.html)
10. Игатова М. В., Аткина Л. И. Масса и площадь листьев у яблони ягодной, боярышника кроваво-красного, клена ясенелистого и рябины обыкновенной // Лесной вестник. – 2007. - №8. – С.22-23.
11. Гелетуха Г. Г., Кучерук П. П., Матвеев Ю. Б. Перспективы производства и использования биогаза в Украине. Аналитическая записка БАУ №4. – 2013. С.3.

12. Новохацький М. Дослідження технологічних рішень технологій вирощування багаторічних енергетичних культур для виробництва твердого біопалива / М. Новохацький, О. Бондаренко, І. Гусар // Техніка і технології АПК. - № 4(91) - 2017. - с. 26-30.

13. Кравчук В. Інноваційні технології збільшення біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств / В. Кравчук, М. Павлишин, С. Пономаренко, В. Гусар // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України : зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Дослідницьке, - 2015. - Вип.. 19(33) - с. 344-349.

14. Державна служба статистики України (сайт). Статистична інформація / Економічна статистика / Економічна діяльність / Енергетика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en\\_bal/arh\\_2012.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm)

## Literature

1. Energy consumption [electronic resource]. - Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергоспоживання>
2. Renewables Information. IEA, 2010; Eurostat. Access mode: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
3. Solid Biomass Barometer, 2010; EU energy and transport in figures, 2010; AEBIOM Annual Statistical Report, 2011.
4. Renewables Information. IEA 2010; Europe in figures - Eurostat Yearbook 2010:
5. Kuftov A. F. Kuzmin Yu. Prospects for the use of solid fuels from biomass // Elektronnoe scientific and technical magazine «Science and Education». -2011. - № 8. P.1-6.
6. Estimates and projections as land / Barvinsky AV, RV Tyhenko - Kyiv: Medinform, 2015.- 642 p.
7. State Statistics Service of Ukraine (site). Statistical information / Economic statistics / Economic activities / Agriculture, forestry and fisheries /Adding mineral and

- organic fertilizers (1990-2017). [Electronic resource]. - Access mode: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/cg.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm)
8. Site biobriquettes [electronic resource] - Access: <http://www.biobriquette.com/news/brikety-iz-opavshix-listev-25.html>
9. State Statistics Service of Ukraine (site). Statistical information / Economic statistics / Economic activities / Agriculture, forestry and fisheries / Plant (1990-2018) [electronic resource]. - Access: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg\\_rik/sg\\_u/rosl\\_u.html](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rosl_u.html)
10. Iगतova M. V., Atkin L. I. Mass and leaf area of apple berry, hawthorn blood-red, maple and mountain ash yasenelistogo // Forest bulletin. - 2007. - №8. - P.22-23.
11. Geletukha G. G. Kucheruk P. P., Matveev Y. B. Prospects Using biogas production and in Ukraine. Note Analytyc BAU №4. - 2013. C.3.
12. Novohatsky M. Investigation technology solutions technologies of perennial energy crops for solid biofuels / Novohatsky M., Bondarenko O., Husar I. // Engineering and Technology APC. - number 4 (91) - 2017. - p. 26-30.
13. V. Kravchuk Innovative technologies increase the potential of bioenergy farms / V. Kravchuk, M. Pavlyshyn, S. Ponomarenko, V. Gusar // Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of scientific works. L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske 2015 - Vol .. 19 (33) - p. 344-349.
14. State Statistics Service of Ukraine (site). Statistical information / Economic statistics / Economic activities / Power [electronic resource]. - Access mode: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energy\\_bal/arh\\_2012.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energy_bal/arh_2012.htm)
- Eurostat. Rezhym dostupu: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
3. Solid Biomass Barometer, 2010; EU energy and transport in figures, 2010; AEBI-OM Annual Statistical Report , 2011.
4. Renewables Information. IEA 2010; Europe in figures – Eurostat Yearbook 2010:
5. Kuftov A.F., Kuz'myna Yu.S. Perspektyvy prymerenyia tverdykh topliv yz byomassy // Elektoronnoe nauchno-tekhnycheskoe yzdanye «Nauka y obrazovanye». -2011. - № 8. P. 1-6. [In Russian].
6. Otsinka i prohnoz iakosti zemel' / Barvins'kyj A.V., Tykhenko R.V. - Kyiv: Medinform, 2015.- 642 p. [In Ukrainian].
7. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (sajt). Statystychna informatsiia / Ekonomichna statystyka / Ekonomichna diial'nist' / Sil's'ke, lisove ta rybne hospodarstvo / Vnesennia mineral'nykh ta orhanichnykh do-bryv (1990-2017). [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/cg.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm)
8. Sajt biobryket [Elektronnyj resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.biobriquette.com/news/brikety-iz-opavshix-listev-25.html>.
9. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (sajt). Statystychna informatsiia. Ekonomichna statystyka. Ekonomichna diial'nist'. Sil's'ke, lisove ta rybne hospodarstvo / Roslynnystvo (1990-2018) [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg\\_rik/sg\\_u/rosl\\_u.html](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/sg/sg_rik/sg_u/rosl_u.html)
10. Yhatova M.V., Atkina L.Y. Massa y ploschad' lyst'ev u iablony iahodnoj, boiaryshnyka krovavo-krasnoho, klena iasenelystoho y riabyny obyknovennoj. Lesnoj vestnyk. – 2007. - №8. – P.22-23. [In Russian]
11. Heletukha H.H., Kucheruk P.P., Matveev Yu.B. Perspektyvy proyzvodstva y yspol'zovanyia byohaza v Ukrayne. Analytycheskaia zapyska BAU №4. – 2013. P.3. [In Ukrainian].
12. Novokhats'kyj M. Doslidzhennia tekhnolohichnykh rishen' tekhnolohij vyroshuvannia bahatorichnykh enerhetychnykh kul'tur dlia vyrobnytstva tverdoho biopalyva. M. Novokhats'kyj, O. Bondarenko, I. Husar . Tekhnika i tekhnolohii APK. - № 4(91) - 2017. - P. 26-30. [In Ukrainian].

## Literatura

1. Enerhospozhyvannia [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Enerhospozhyvannia>
2. Renewables Information. IEA, 2010;



13. Kravchuk V. Innovatsijni tekhnolohii zbil'shennia bioenerhetychnoho potentsialu sil's'kohospodars'kykh pidpriemstv. V. Kravchuk, M. Pavlyshyn, S. Ponomarenko, V. Husar. Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnolohii dlia sil's'koho hospodarstva Ukrainy : zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L.

Pohoriloho; Doslidnyts'ke, - 2015. - Vyp.. 19(33) - P. 344-349. [In Ukrainian].

14. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (sajt). Statystychna informatsiia Ekonomichna statystyka / Ekonomichna diial'nist'. Enerhetyka [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: [http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en\\_bal/arh\\_2012.htm](http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/energ/en_bal/arh_2012.htm)

UDC 621.311

## BACKGROUND OF USE HARDWOOD BIOMASS AND PLANT WASTE FOR ENERGY SUPPLY IN AGRICULTURE

**O. Hrubnyk,**

e-mail: [fixik0@ukr.net](mailto:fixik0@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-1851-1939>

**M. Podolsky,** PHD in engineering. associate professor,

e-mail: [Podolsky.Mihail@gmail.com](mailto:Podolsky.Mihail@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1149-4275>

Kherson National Technical University

**I. Lilevman,**

e-mail: [igorlilevman@ukr.net](mailto:igorlilevman@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-3123-5684>

Southern-Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT

### Summary

*Due to lack of their traditional energy sources (oil, gas, coal) and problems with their import, search capabilities and the use of alternative energy sources technologies - an actual problem. Green areas populated areas, gardens, farmland every year in autumn create significant amounts of biomass, which typically is not used, and in some cases creates problems of its cleaning and recycling. For farmers, small farms, far from electricity networks and gas supply, the problem is especially true independent power supply.*

**Goal.** *Substantiation of possibility and efficacy recycling options hardwood biomass and other plant waste as an energy resource.*

**Methods Research:** *theoretical - analysis studied literature information resources, synthesis, inductive, deductive, cash-comparative.*

**Results.** *Estimated annual volume of resource base for hardwood biomass that can be used for energy production. On the basis of Comparative study of modern technologies of such waste, namely the production of fuel pellets and their subsequent use as fuel for individual solid fuel boilers; centralized incineration of pyrolysis boilers; Biogas production using fermentation technology in biogas generator - The most effective method of disposal hardwood biomass - fermentation biogas. According to estimates, the output of biogas from 1 ton. Leaf weight - 300 m<sup>3</sup> with an average calorific value of 24 MJ / m<sup>3</sup> The resulting specific energy of 1 ton. Weight the processing of biogas will be 7200 MJ / t is greater than other considered methods of disposal. The estimated potential volumes of the resulting fuel and energy, estimated share in the structure of energy consumption.*

**Conclusions.** *Problem of hardwood biomass utilization plant waste and other agricultural enterprises, farms, rural communities is considered. The possibility of effectively solving the problem of recycling useful as a source of energy. Estimated annual volume of resource base of biomass that can be used for energy production. On the basis of Comparative study of modern technologies of processing such waste The most effective method of disposal hardwood biomass - fermentation biogas.*

**Keywords:** *waste recycling, green spaces, hardwood biomass, biogas, alternative energy sources, energy independence.*