

УДК 620.92

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З БІОМАСИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ В УКРАЇНІ. ЧАСТИНА 2

Гелетуха Г.Г., канд. техн. наук, Желєзна Т.А., канд. техн. наук, Драгнєв С.В., канд. техн. наук, Баштовий А.І., канд. техн. наук

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

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.9>

Метою роботи є аналіз існуючих передумов та бар'єрів для широкого запровадження виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси в Україні. Розглянуто законодавчі аспекти виробництва брикетів з біомаси, питання стандартизації та сертифікації продукції. Запропоновано рекомендації для прискорення розвитку даного сегменту біоенергетики в Україні.

Целью работы является анализ существующих предпосылок и барьеров для широкого внедрения производства и потребления топливных брикетов из биомассы в Украине. Рассмотрены законодательные аспекты производства брикетов из биомассы, вопросы стандартизации и сертификации продукции. Предложены рекомендации для ускорения развития данного сегмента биоэнергетики в Украине.

Purpose of the work is analysis of existing preconditions and barriers for the wide introduction of the production and consumption of biomass briquettes in Ukraine. The article considers legislative aspects of biomass briquettes production as well as the product standardization and certification issues. Recommendations for the accelerated development of this bioenergy segment in Ukraine are suggested.

Бібл. 15, табл. 2.

Ключові слова: альтернативні види палива, біоенергетика, біомаса, біопаливо, тверде біопаливо, брикети, пелети.

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
ТУ – технічні умови;

W – вологість.

Метою роботи є аналіз існуючих передумов, рушійних сил і перешкод для широкого запровадження виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси в Україні. **Завдання** роботи полягає у визначенні переваг і перспектив цього процесу, в першу чергу, для побутових споживачів, а також у розробці рекомендацій для створення сприятливих умов для розвитку цього сегменту біоенергетики в Україні. **Методи** дослідження включають збір, критичний аналіз і узагальнення статистичних та фактичних даних. **Результати** виконання першої частини завдання представлені у першій частині статті, інші результати – у даній публікації.

Види брикетів та їх паливні характеристики

Паливні брикети, вироблені з біомаси, являють собою спресовані матеріали циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми з поперечним розміром не менше 25 мм і довжиною 100...400 мм. Типовий діаметр 60...75 мм, а довжина брикетів зазвичай не перевищує п'ятьох величин діаметру. Стандартних розмірів у даного виду продукту немає.

Брикети характеризуються різноманітністю форм, але загалом, виділяють три основні типи – NESTRO (NIELSEN), RUF та Pini&Kaу, назви яких походять від назв фірм, що виробляють найбільш популярні преси для отримання даних типів брикетів.

Брикети NESTRO (NIELSEN) – довгі циліндричної форми або багатокутного перерізу брикети, переважно,

без внутрішнього отвору, отримані за рахунок застосування високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на гідравлічних пресах, а NIELSEN – на ударно-механічних пресах. Брикети даного типу при виробництві мають нескінченну довжину і можуть бути розділені як на «шайби», так і на «поліна». Форму брикету замовляє покупець. Виробничий процес характеризується невисокими вимогами до кваліфікації персоналу і до організації виробництва. Переваги брикетів типу NESTRO (NIELSEN) – невисока собівартість і достатньо висока щільність (1,0...1,15 т/м³). Недоліки – низька вологостійкість (необхідна хороша упаковка) [1, 2].

Пресовані куби-цеглини RUF виробляються на гідравлічних пресах за рахунок високого тиску. Розміри брикету залежать від пухкості вихідної сировини і прикладеного тиску. Виробничий процес характеризується мінімальними вимогами до персоналу і до організації виробництва. Перевагою брикетів RUF є низька собівартість виготовлення. Недоліки: найнижча щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (0,75...0,80 т/м³), нестійкість до вологи і до механічних пошкоджень, що негативно впливає на стан біопалива після тривалого транспортування.

Брикети Pini&Kaу мають циліндричну або багатогранну форму з наскрізним отвором всередині. Наявність такого отвору забезпечує кращий рух повітря при горінні біопалива. Брикети даного типу виробляються екструзійно.

дерним способом на механічних (шнекових) пресах шляхом поєднання високого тиску і термічної обробки. Висока температура пресування (250...350 °С) сприяє оплавленню і зміцненню поверхні брикетів, що є важливим для їх транспортування без пошкоджень. Виробничий процес характеризується жорсткими вимогами до вологості сировини (< 8%), необхідністю подрібнення сировини до малих фракцій, значною енергоємністю та потребою у висококваліфікованому персоналі. Переваги паливних брикетів Pini&Kaу: стійкість до механічних пошкоджень та впливу вологи, найвища щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (1,1...1,4 т/м³). Недолік – висока собівартість.

На ринку України представлене обладнання широкого діапазону продуктивності, починаючи від 50 кг/год для виробництва брикетів з біомаси всіх зазначених типів. Приклади такого обладнання і їх порівняльний аналіз представлено в роботі [1].

Щільність є основним фактором, що визначає механічну міцність і водостійкість брикету. Зазвичай вона становить 0,8...1,2 т/м³ при вологості пресованої біомаси 8...14%. Теплотворна здатність брикету залежить від виду сировини, з якого він виготовлений, і від вологості. Типовий діапазон значень нижчої теплоти згорання брикетів з біомаси 16...17 МДж/кг (табл. 1).

Брикет з лушпиння соняшника характеризується високою теплотворною здатністю за рахунок відносно невеликої зольності і наявності олії у їх складі. З іншого боку, через вміст олії такі брикети інтенсивніше забруднюють димоходи сажею при горінні. Деревні брикети мають малу зольність і достатньо високу теплоту згорання. Брикети з соломи поступаються по якості двом попереднім видам через більшу зольність і нижчу теплотворну здатність. Крім того, брикети з соломи мають дещо меншу щільність. З розглянутих в таблиці 1 видів сировини брикети з лушпайки рису мають найнижчу якість (висока зольність, низька теплота згорання).

Важливою перевагою брикетів як палива є сталість температури при горінні протягом кількох годин. Брикети з біомаси можливо спалювати у побутових (15...30 кВт) та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до 100...150 кВт), які часто вже наявні у населення, закладах бюджетної або соціальної сфери. Також на ринку України представлені автоматизовані котли з бункером (до 200...250 кВт), пристосовані для використання брикетів із біомаси. Брикети меншої щільності (тобто «м'якші» за рахунок пресування вологішою сировини) можна використовувати у більш потужних котлах із шнековою подачею. Очікується, що шнек, виконаний з міцного металу, буде здатний розламувати такі брикети і забезпечувати їх безперебійну подачу до топки.

В країнах Європи фахівцями було проведено низку досліджень по спалюванню брикетів з біомаси у пічках та побутових твердопаливних котлах, і їх результати є, переважно, позитивними. Так, наприклад, в Німеччині групою компаній було виміряно емісійні характеристики спалювання брикетів з соломи у пічці 6 кВт та твердопаливному котлі з ручним завантаженням 50 кВт, призначеному для дров. Результати дослідження показали, що емісія пилу склала 55...223 мг/нм³, що у більшості випадків нижче німецьких норм (150 мг/нм³). Емісія NO_x при спалюванні брикетів у котлі трохи перевищила існуючий ліміт у 600 мг/нм³, а викиди CO та SO₂ знаходилися в межах національних норм. Було визначено, що температура плавлення золи становить більше 900 °С. За отриманими результатами зроблено висновок про можливість використання брикетів з соломи в існуючих пічках та малих твердопаливних котлах [1].

Групою дослідників з Великобританії, Чехії та Польщі було виконано порівняння рівнів емісії шкідливих речовин при спалюванні деревних брикетів, брикетів з суміші деревини та вугілля, вугілля і кускової деревини у котлі 30 кВт. По викидам CO та пилу бри-

Табл. 1. Типові характеристики брикетів, вироблених з різних видів біомаси [1, 3-6].

Матеріал брикету	Зольність, %	Вологість, %	Нижча теплота згорання, МДж/кг	Щільність, т/м ³
Солома	4,0...8,0	6,0...10,0	15,4...15,7	0,70...0,9
Качани, стебла кукурудзи	3,0	7,5	14,1...15,9	0,75...0,92
Стебла соняшника	4,3	6,0...12,0	н.д.	0,85...0,89
Лушпиння соняшника	2,9...3,6	6,0...8,0	18,6...18,9	1,09...1,15
Лушпайка рису	12,0...20,0	5,0...12,0	13,2...13,8	1,0...1,1
Деревна тирса	0,5...1,1	4,0...8,0	17,0...18,9	1,15...1,25
Виноградна лоза	1,5%	н.д.	14,0	н.д.
Очерет	4,0%	н.д.	16,8	1,12
Міскантус	3,1...4,5%	7,5...8,0	17,5...17,7	0,85

н.д. – немає даних.

кети з деревини мають найкращі показники, по SO_2 та NO_2 трохи поступаються показникам при спалюванні кускової деревини (табл. 2) [7]. Огляд результатів деяких інших досліджень представлено в роботі [1].

Законодавчі аспекти виробництва паливних брикетів з біомаси

Нормативно-правова база виробництва брикетів з біомаси прописана в Законі України «Про альтернативні види палива» [8]. Згідно Закону, брикети з біомаси відносяться до твердих біологічних видів палива а також класифікуються як вид альтернативного палива. Законом визначено, що належність палива до альтернативного підтверджується документом про ідентифікацію палива, яке видається уповноваженим органом виконавчої влади в порядку, визначеному КМУ. Біологічні види палива, призначені для реалізації як товарна продукція, підлягають обов'язковій сертифікації відповідно до законодавства.

Виробниками альтернативних видів палива вважаються суб'єкти господарювання всіх форм власності, що виготовляють тверде, рідке та газове паливо з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини. Суб'єкти господарської діяльності, які реалізують свою продукцію, на вимогу покупця надають документ, що підтверджує якість палива та його належність до альтернативних видів палива.

Діяльність у сфері виробництва та використання біопалив може здійснюватися суб'єктами господарювання всіх форм власності відповідно до законодавства України. Суб'єкти господарювання, що використовують різні технології виробництва біопалив, мають рівні права на доступ до ринку біологічних видів палива. Виробники біопалива зобов'язані вести облік виробленого ними біопалива та біокомпонентів у порядку, встановленому законодавством.

Стандарти, якими встановлюються вимоги щодо якості альтернативних видів палива, повинні забезпечувати ефективне та економічне використання енергетичного потенціалу палива. Показники споживчої якості кожного альтернативного виду палива встановлюються у відповідних стандартах. Ці показники мають бути основою для всіх розрахунків щодо альтернативних видів палива (обсяги виробництва та реалізації, техніко-економічні, комерційні та інші показники). Нормативи екологічної безпеки альтернативних видів палива та показники щодо безпеки для здоров'я і праці людей повинні перебувати в межах, встановлених законодавством для традиційних видів палива.

Постановою КМУ «Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного» [9] визначено, що таке свідоцтво видається Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження у встановленому порядку. Це свідоцтво видається строком на два роки. Держенергоефективності має забезпечити веден-

ня реєстру альтернативних видів палива.

Треба зазначити, що у 2014 р. було скасовано звільнення від ПДВ операцій з продажу біопалив, у тому числі дров, тріски, гранул, брикетів, тому наразі відсутня необхідність обов'язкового отримання свідоцтва про належність палива до альтернативного. Але таке свідоцтво має отримуватися і надаватися за вимогою покупця.

Згідно Закону України «Про ліцензування видів господарської діяльності» [10], виробництво твердих біопалив, у тому числі брикетів, не підлягає ліцензуванню.

Питання сертифікації та стандартизації

Як вже було зазначено, в Україні біопалива, призначені для реалізації як товарна продукція, підлягають обов'язковій сертифікації. Сертифікація – це процедура підтвердження стабільної якості продукції, до якої залучаються відповідно акредитовані органи сертифікації, аудиту і лабораторії. Вона передбачає постійний контроль якості на виробництві і ретельне виконання правил виготовлення, зберігання і транспортування твердого біопалива. Проте, у зв'язку з відсутністю затверджених державних стандартів (за виключенням лушпиння соняшнику), сертифікація не здатна повністю гарантувати належну якість твердого біопалива [11].

Сертифікація тісно пов'язана з питаннями стандартизації. На думку експертів, в Україні необхідне запровадження сертифікації за нормами ENplus, яка відповідає кращим світовим стандартам якості твердого біопалива – EN 14961 та ISO EN 17225. Система сертифікації ENplus базується на ряді європейських стандартів, що стосуються, в першу чергу, покращеного твердого біопалива з деревини.

Для сертифікації пелет та брикетів з агросировини єдиний стандарт в ЄС відсутній, тому з метою забезпечення якості агропелет та брикетів, у європейських країнах використовують стандарти, що прийняті в інших країнах ЄС. Наприклад, у Франції діють стандарти AGRO+, AGRO.

В якості єдиного стандарту для різних видів твердого біопалива у світовій практиці використовується міжнародний стандарт ISO EN 17225. Він вступив у дію у 2014 році і визначає класи якості палива та специфікації для твердого біопалива з сировини і оброблених матеріалів, що мають походження з лісового господарства та розведення лісів, сільського господарства і садівництва, аквакультури [11].

Протягом довгого часу в Україні існував лише один державний стандарт на тверде паливо з біомаси, а саме – з лушпиння соняшника: ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшникове пресоване гранульоване. Технічні умови» (уведено в дію 01.01.2012, внесено зміни у 2014 році) [12]. Також в Україні діє Технологічний регламент на виробництво брикетів і гранул паливних з лушпиння

Табл. 2. Результати вимірювання емісії шкідливих речовин при спалюванні деревини та вугілля в котлі потужністю 30 кВт [7].

Речовина	Брикет з деревини (W 9,8%)	Брикет з деревини та вугілля (W 5,4%)	Вугілля (W 3,3%)	Кускова деревина (W 9,8%)
CO, г/ГДж	1760	2140	2990	2400
SO ₂ , г/ГДж	16	110	283	5
NO ₂ , г/ГДж	42	96	162	32
Пил, г/ГДж	39	63	294	116

соняшника [13]. Згідно Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», технічний регламент – нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, додержання яких є обов'язковим.

У 2015 році був затверджений ДСТУ 8358:2015 «Брикет з гранули паливної з деревинної сировини. Технічні умови», який набрав чинності 1 липня 2017 року [14]. На брикети з інших видів біомаси державних стандартів ще немає.

Згідно Закону України «Про стандартизацію», національні стандарти застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами. Наразі українські виробники брикетів з біомаси користуються, головним чином, власними технічними умовами або орієнтуються на європейські стандарти (у разі експорту продукції в Європу).

Законом «Про стандартизацію» визначено, що технічні умови – це нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинна відповідати продукція, процес або послуга, та визначає процедури, за допомогою яких може бути встановлено чи дотримані такі вимоги. Підприємства, установи та організації мають право у відповідних сферах діяльності та з урахуванням своїх господарських і професійних потреб організувати та виконувати роботи із стандартизації, зокрема, розробляти, приймати, переглядати, застосовувати, скасовувати прийняті ними технічні умови, а також мають право власності на ці ТУ. Технічні умови, прийняті підприємствами, установами та організаціями, застосовуються на добровільній основі. Наразі в Україні існує кілька десятків ТУ, розроблених підприємствами-виробниками брикетів з різних видів біомаси. Перелік вибраних ТУ наведено в роботі [1].

Треба зазначити, що в Україні вже прийнято ряд стандартів (гармонізованих із європейськими), які стосуються загальних питань якості і методів визначення показників якості твердого біопалива, в тому

числі брикетів. Ці стандарти стосуються методики досліджень та не базуються на основних стандартах, які передбачають технічні, фізичні та екологічні вимоги щодо якісних показників твердого біопалива. Перелік вибраних стандартів наведено в роботі [1].

За думкою фахівців, в Україні є нагальна потреба в імплементації ще 36 європейських стандартів на тверде біопаливо та обладнання, які необхідні для впровадження на підприємствах-виробниках твердого біопалива сучасних систем сертифікації (наприклад, ENplus), захисту прав споживачів твердого біопалива, додержання екологічних норм та критеріїв сталості [15].

Висновки та рекомендації

Брикети з біомаси – вид твердого біопалива, який має велику нішу на біопаливному ринку України і може користуватися достатньо високим попитом, в першу чергу у побутовому секторі для індивідуального опалення. Законодавча база виробництва паливних брикетів з біомаси прописана, головним чином, в Законах України «Про альтернативні види палива» та «Про ліцензування видів господарської діяльності». Одним зі стримуючих факторів розвитку даного сегменту біоенергетики є відсутність достатньої кількості відповідних державних стандартів та надійної системи сертифікації. Вирішення зазначених питань сприятиме підвищенню якості брикетів з біомаси і, відповідно, покращенню їх паливних характеристик. Також рекомендується розробка фахівцями типових ТЕО та бізнес-планів виробництва паливних брикетів з біомаси для демонстрації економічної привабливості цього виду діяльності і її практичної реалізації. Особливий акцент необхідно робити на використанні біомаси сільськогосподарського походження як сировини для виробництва брикетів. Очікується, що позитивний вплив на розвиток виробництва та споживання брикетів з біомаси матиме впровадження в Україні системи електронної торгівлі біопаливом, над створенням якої працюють фахівці ІТТФ НАН України у співпраці з Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України № 20, 2018
<http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-20-ua.pdf>
2. Г. Гелетуха, С. Драгнев, П. Кучерук, Ю. Матвеев. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників агропромислового комплексу). Підготовлено в рамках проекту ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні», 2017
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/f5/9c/f59c3f7f-8eca-4b6d-94cd-ffda1150f3ae/biofin.pdf
3. О.О. Серьогін, О.О. Осмак, А.В. Баїта. Фізико-хімічні основи проектування обладнання для термохімічної конверсії сумішей біотехнічних відходів. Вісник НТУ «ХП», 2014, №52, с.125-130.
4. J. Kowalczyk, J. Zarajczyk, P. Sobczak et al. The usefulness of briquettes and pellets from selected plant materials for energy purposes. TeKa. Commission of motorization and energetics in agriculture – 2012, Vol. 12, No. 2, p. 311–313.
5. A.E. Daraban, S. Jurcoane, I. Voicea, G. Voicu. Miscanthus giganteus biomass for sustainable energy in small scale heating systems // Agriculture and Agricultural Science Procedia 6 (2015), p. 538-544.
6. O. Urbanovicova, K. Kristof, P. Findura et al. Physical and mechanical properties of briquettes produced from energy plants // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, V. 65, 2017, p. 219-224
https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2017065010219.pdf
7. A.B. Ross, J.M. Jones, S. Chaiklangmuang et al. Measurement and prediction of the emission of pollutants from the combustion of coal and biomass in a fixed bed furnace // Fuel, 2002, № 81, p. 571-582
<http://www.equichannel.cz/data/userfiles/1349325-1-coalBM.pdf>
8. Закон України «Про альтернативні види палива» № 1391-XIV від 14.01.2000 (із змінами)
<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
9. Постанова КМУ «Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного» №1307 від 5.10.2004 (із змінами)
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1307-2004-п>
10. Закон України «Про ліцензування видів господарської діяльності» № 222-VIII від 02.03.2015 (із змінами)
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/222-19>
11. Данчук. Документування найкращих практик застосування біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні. Підготовлено в рамках проекту ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні», 2015
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/2a/3d/2a3da499-5057-4a5f-8e5b-565a52daf34c/dokumentuvannia_naikrashchikh_praktik_zast_bioenerget_tekhnologii.pdf
12. ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшнику пресоване гранульоване. Технічні умови»
http://auek.kpi.ua/Standards_energy/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%207124-2009.pdf
13. М. Коломийченко, С. Апальков, Т. Ігнатенко. Посібник «Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів та стандартів ЄС», 2014 р.
[http://sae.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](http://sae.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf)
14. Наказ ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» № 101 від 21.08.2015
http://www.leonorm.lviv.ua/p/NL_DOC/UA/2015/Nak_101.htm
15. Коломийченко М.В. Дорожня карта з розвитку ринку твердого біопалива України. Підготовлено в рамках проекту ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні», 2016
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-943a-a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdogo_biopaliva_ukrayini.pdf

**ANALYSIS OF POSSIBILITIES FOR THE
PRODUCTION AND CONSUMPTION OF
AGROBIOMASS BRIQUETTES IN UKRAINE.
PART 2**

**Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V.,
Bashtovyi A.I.**

*Institute of Engineering Thermophysics of the National
Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv,
03680, Ukraine*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.9>

The purpose of the work is to analyze existing preconditions, driving forces, and barriers for the widespread introduction of the production and use of fuel briquettes from biomass in Ukraine. The task of the work is to determine the advantages and prospects of the process, first of all, for domestic consumers, as well as to develop recommendations for creating a positive environment for the development of this segment of bioenergy in Ukraine. In this part of the paper, the main types of briquettes from biomass and their fuel characteristics are considered. It is shown that density is the main factor determining the mechanical strength and water resistance of the briquettes. Usually, it is 0.8...1.2 t/m³ with a water content of pressed biomass of 8...14%. The calorific value of the briquettes depends on the type of the initial feedstock and on the moisture content. The typical range of the lower calorific value of briquettes from biomass is 16...17 MJ/kg. The legislative aspects of the production of briquettes from biomass, issues of standardization and certification of the products are analyzed. The legislative basis for the production of fuel briquettes from biomass can be found, mainly, in the Laws of Ukraine "On Alternative Fuels" and "On Licensing Types of Economic Activities". It was determined that one of the constraining factors for the development of this segment of bioenergy is the lack of a sufficient number of relevant state standards and the reliable certification system. Solutions to these issues will help to improve the quality of briquettes from biomass and, accordingly, improve their fuel characteristics. It is also recommended that experts should develop standard feasibility studies and business plans for the production of fuel briquettes from biomass to demonstrate the economic attractiveness of this type of activity and its practical implementation. Particular emphasis should be put on the use of biomass of agricultural origin as feedstock for the production of briquettes. It is expected that the introduction of the biofuel electronic trading systems in Ukraine, which is already under development, will have a positive impact on the development of production and consumption of briquettes from biomass.

References 15, tables 2.

Key words: alternative fuel types, bioenergy, biomass, biofuel, solid biofuel, briquettes, pellets.

1. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V.* Analiz mozhlivostei vyrobnytstva ta vykorystannia bryketiv z ahrobiomasy v Ukraini. Analitichna zapyska Bioenerhetychnoi asotsiatsii Ukrainy № 20, 2018 [Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V. Analysis of the possibilities of production and use of briquettes from agro biomass in Ukraine. UABio Position Paper No. 20, 2018]. (Ukr.)

<http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-20-ua.pdf>

2. *Geletukha G., Drahnev S., Kucheruk P., Matveev Yu.* Praktychnyi posibnyk z vykorystannia biomasy v yakosti palyva u munitsypalnomu sektori Ukrainy (dlia predstavnykiv ahropromyslovoho kompleksu). Pidhotovleno v ramkakh proektu PROON/HEF "Rozvytok ta komertsializatsiia bioenerhetychnykh tekhnolohii u munitsypalnomu sektori v Ukraini" [Practical guide on the use of biomass as a fuel in the municipal sector of Ukraine (for representatives of the agroindustrial complex). Prepared within the UNDP/GEF project "Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine"], 2017. (Ukr.)

http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/f5/9c/f59c3f7f-8eca-4b6d-94cd-ffda1150f3ae/biofin.pdf

3. *Serehin O.O., Osmak O.O., Bashta. A.V.* Fyzyko-khimichni osnovy proektuvannia obladnannia dlia termokhimichnoi konversii sumishei biotekhnichnykh vidkhodiv [Physicochemical principles of designing equipment for thermochemical conversion of mixtures of biotechnological waste]. Visnyk NTU «KhPI» [Bulletin of the National Technical University "KhPI"], 2014, No. 52. P. 125-130. (Ukr.)

4. *J. Kowalczyk, J. Zarajczyk, P. Sobczak et al.* The usefulness of briquettes and pellets from selected plant materials for energy purposes. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture – 2012*, Vol. 12, No. 2, p. 311–313.

5. *A.E. Daraban, S. Jurcoane, I. Voicea, G. Voicu.* Miscanthus giganteus biomass for sustainable energy in small scale heating systems // *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6 (2015), p. 538-544.

6. *O. Urbanovicova, K. Kristof, P. Findura et al.* Physical and mechanical properties of briquettes produced from energy plants // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, V. 65, 2017, p. 219-224

https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2017065010219.pdf

7. *A.B. Ross, J.M. Jones, S. Chaiklangmuang et al.* Measurement and prediction of the emission of pollutants from the combustion of coal and biomass in a fixed bed furnace // *Fuel* 81 (2002), p. 571-582

<http://www.equichannel.cz/data/userfiles/1349325-1-coalBM.pdf>

8. *Zakon Ukrainy* “Pro alternatyvni vydy palyva” № 1391-XIV vid 14.01.2000 (iz zminamy) [Law of Ukraine “On Alternative Fuels” No. 1391-XIV of 14.01.2000 (as amended)]. (Ukr.)

<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>

9. *Postanova KМУ* “Pro poriadok vydachi svidotstva pro nalezhnist palyva do alternatyvnoho” №1307 vid 5.10.2004 (iz zminamy) [CMU Resolution “On the procedure for issuing a certificate of a fuel belonging to the alternative fuels” No. 1307 dated 5.10.2004 (as amended)]. (Ukr.)

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1307-2004-п>

10. *Zakon Ukrainy* «Pro litsenzuvannia vydiv hospodarskoi diialnosti» № 222-VIII vid 02.03.2015 (iz zminamy) [Law of Ukraine “On licensing types of economic activity” No. 222-VIII of 02.03.2015 (as amended)]. (Ukr.)

<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/222-19>

11. *Danchuk I.* Dokumentuvannia naikrashchikh praktyk zastosuvannia bioenerhetychnykh tekhnolohii v munitsypalnomu sektori v Ukraini. Pidhotovleno v ramkakh proektu PROON/HEF “Rozvytok ta komertsializatsiia bioenerhetychnykh tekhnolohii u munitsypalnomu sektori v Ukraini” [“Documenting best practices in the application of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine”. Prepared within the UNDP/GEF project “Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine”], 2015. (Ukr.)

http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/2a/3d/2a3da499-5057-4a5f-8e5b-565a52daf34c/dokumentuvannia_naikrashchikh_praktik_zast_bioenerget_tekhnologii.pdf

12. *DSTU 7124:2009* “Lushpynnia soniashnyku presovane hranulovane. Tekhnichni umovy” [State Standard of Ukraine “Pressed and granulated sunflower husks. Specifications”]. (Ukr.)

http://auek.kpi.ua/Standarts_energy/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%207124-2009.pdf

13. *Kolomyichenko M., Apalkov S., Ihnatenko T.* Posibnyk “Ekonomichne obgruntuvannia dotsilnosti perekhodu na opalennia tverdym biopalyvom. Harmonizatsiia ukrainskykh standartiv ta standartiv ES” [Handbook “The economic justification of the feasibility of switching to solid biofuels heating. Harmonization of Ukrainian standards and EU standards”], 2014. (Ukr.)

[http://sae.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](http://sae.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf)

14. *Nakaz DP* “Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti” № 101 vid 21.08.2015 [An order of the State Enterprise “Ukrainian research and training center of standardization, certification and quality” No. 101 of 21.08.2015]. (Ukr.)

http://www.leonorm.lviv.ua/p/NL_DOC/UA/2015/Nak_101.htm

15. *Kolomyichenko M.V.* Dorozhnia karta z rozvytku rynku tverdoho biopalyva Ukrainy. Pidhotovleno v ramkakh proektu PROON/HEF “Rozvytok ta komertsializatsiia bioenerhetychnykh tekhnolohii u munitsypalnomu sektori v Ukraini” [Road map on the development of the market for solid biofuels in Ukraine. Prepared within the UNDP/GEF project “Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine”], 2016. (Ukr.)

http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-943a-a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdoho_biopaliva_ukrayini.pdf

Отримано 22.08.2018

Received 22.08.2018