

УДК 620.92

АНАЛІЗ БАР'ЄРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ З АГРОБІОМАСИ В УКРАЇНІ. ЧАСТИНА 1

Гелету́ха 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, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2019.11>

Розглянуто місце біомаси аграрного походження в енергетичному потенціалі біомаси в Україні. Представлено погляди вітчизняних та зарубіжних експертів на можливість вилучення частини рослинних відходів з поля. Проаналізовано технологічні бар'єри використання агробіомаси для енергетичних потреб. Запропоновано шляхи подолання цих бар'єрів.

Рассмотрено место биомассы аграрного происхождения в энергетическом потенциале биомассы в Украине. Представлены взгляды отечественных и зарубежных экспертов на возможность удаления части растительных отходов с поля. Проанализированы технологические барьеры использования агробиомассы для энергетических нужд. Предложены пути преодоления этих барьеров.

The place of biomass of agrarian origin in the potential of biomass for energy in Ukraine is considered. The views of national and foreign experts on the possibility of partial removal of crop residues from the field are presented. The technological barriers to using agribiomass for energy are analyzed. The ways of overcoming these barriers are proposed.

Бібл. 10, табл. 1.

Ключові слова: біомаса, агробіомаса, потенціал біомаси, заготівля агробіомаси, рослинні рештки, побічна продукція рослинництва.

W – вологість;

n.e. – нафтовий еквівалент;

c.p. – суха речовина.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю залучення біомаси аграрного походження до паливно-енергетичного балансу України для забезпечення виконання цілей з розвитку біоенергетики, поставлених національними стратегічними документами. Одним з таких документів є Енергетична стратегія України на період до 2035 року. **Метою** роботи є визначення та аналіз бар'єрів для виробництва енергії з агробіомаси в Україні. Для можливості кращого аналізу бар'єри згруповано за категоріями: технологічні, організаційні та законодавчі, економічні, екологічні. **Завдання** роботи полягає в розробці рекомендацій для подолання ідентифікованих і описаних бар'єрів. **Методи дослідження** включають вивчення статистичних та інших даних, аналіз нормативно-правових актів, проведення розрахунків. **Результати** виконання першої частини завдання представлені у даній статті, інші результати – у другій частині публікації.

Місце агробіомаси в енергетичному потенціалі біомаси в Україні

Сільськогосподарське виробництво є стабільним джерелом значної кількості різних видів відходів та побічної продукції: солома зернових культур та ріпаку, стебла та стрижні кукурудзи, стебла та кошики соняшника, а також гній великої рогатої худоби і свиней, пташиний послід та ін. Особливо це стосується

рослинництва, оскільки протягом останніх 15-20 років спостерігається стала позитивна динаміка росту обсягів виробництва зернових культур та соняшника в Україні. У врожайності цих культур протягом зазначеного періоду спостерігалися певні коливання, але загальною тенденцією також було збільшення врожайності, яке у 2018 р. у порівнянні з 2000 р. склало 2,6 разів для кукурудзи на зерно, 1,9 разів – для пшениці, 1,9 разів – для соняшника.

У 2018 році в Україні було зібрано рекордний врожай і досягнуто рекордних показників врожайності кукурудзи на зерно – 35,8 млн. т (78,4 ц/га) та соняшника – 14,2 млн. т (23 ц/га). Крім того, вперше обсяг виробництва кукурудзи на зерно перевищив сумарний обсяг виробництва інших зернових та зернобобових (34,3 млн. т). За оцінками експертів, найближчими роками Україна може збільшити виробництво зернових і олійних культур до 100 млн. т на рік. Таким чином, можна очікувати, що обсяги агробіомаси в майбутньому будуть тільки зростати.

На сьогодні біомаса аграрного походження залишається основною складовою енергетичного потенціалу біомаси в Україні. За даними 2018 р., енергетичний потенціал первинних відходів та побічної продукції рослинництва складає більше 9 млн. т *n.e.*/рік, що становить понад 41% загального потенціалу біомаси (близько 22 млн. т *n.e.*/рік). Повне використання потенціалу агробіомаси може задовольнити близько 18% кінцевого

споживання енергії в Україні, яке у 2017 р. склало 50,1 млн. т н.е. [1].

Енергетичною стратегією України на період до 2035 року поставлено наступні цілі по внеску біомаси та відходів до загального постачання первинної енергії: 6 млн. т н.е. у 2025 р., 8 млн. т н.е. у 2030 р., 11 млн. т н.е. у 2035 р. [2]. Аналіз ресурсної бази біомаси, доступної для виробництва енергії в Україні, показує, що досягнення зазначених цілей можливе тільки за умови активного залучення агробіомаси до паливно-енергетичного балансу країни [3].

Підходи українських та зарубіжних експертів до визначення частки рослинних решток, яка може бути використана для виробництва енергії

Важливо зазначити, що виконана авторами оцінка енергетичного потенціалу рослинних решток (термін вживається у відповідності до ДСТУ 4884:2007 «Добрива органічні та органо-мінеральні. Терміни та визначення понять») враховує інші напрямки їх використання, зокрема на власні потреби сільського господарства, такі як органічні добрива у рослинництві та підстилка і корм у тваринництві. Тому максимальний обсяг агробіомаси, який можна залучити для виробництва енергії, в цілому визначається як 30-40% теоретичного потенціалу, тобто загального обсягу утворення відходів рослинництва [4].

Відчуження (тобто вилучення з поля) до 30% рослинних решток, що за підходом авторів відноситься до соломи зернових культур, означає, що солома забирається з поля один раз на три роки, а інші два роки вона залишається на полі і використовується як органічне добриво. Відчуження до 40% побічної продукції виробництва кукурудзи на зерно (кукурудзиння) та соняшника означає, що, по-перше, ці рослинні відходи забираються з поля один раз на 2-3 роки; по-друге, для кожної культури збирається лише частина рослинних решток, наприклад стрижні кукурудзи або обмолочені кошики соняшника, а все інше залишається у полі. При підготовці конкретних біоенергетичних проектів, для кожного агрогосподарства можливий відсоток вилучення рослинних решток необхідно ретельно уточнювати, беручи до уваги повний спектр місцевих умов, таких як врожайність культур, рівень розвитку місцевого тваринництва, стан ґрунту, обсяг внесення мінеральних та органічних добрив та ін. В результаті, в реальних умовах частка потенціалу агробіомаси, доступної для енергетики, може коливатися від 0 до 100%.

Дане питання було всебічно обговорено на міжнародному семінарі «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення» (27.09.2018, Київ). Найбільш

важливі погляди українських та зарубіжних експертів, представлені на семінарі, наступні:

- Обсяг можливого відчуження нетоварної частини врожаю сільськогосподарських культур напряму залежить від рівня внесення добрив на гектар посівної площі. При внесенні мінеральних добрив з нормою NPK(45) можна забирати з полів до 30% нетоварної частини врожаю культур, при NPK(90) – до 40%, а при внесенні 9 т гною на гектар та $N_{45}P_{68}K_{36}$ – до 70% [5].

- Обсяг сталої заготівлі соломи та інших рослинних відходів для потреб енергетики може складати від 0% до 100% в залежності від врожайності культури, місцевих ґрунтових та кліматичних умов. Краще відчувувати з поля кукурудзиння, ніж солону зернових. Необхідно повертати на поля золу від спалювання рослинних решток, а також вносити органічні добрива, такі як зброжений субстрат з біогазових установок, гній та інші [6].

- Моделювання абсолютної зміни органічного вуглецю ґрунту при видаленні різних часток рослинних решток з поля для умов Європи протягом 2015-2030 рр. показало, що максимальний відсоток відчуження рослинних решток може складати 50% [7].

Отже, можна зробити загальний висновок про можливість використання агробіомаси для енергетичних потреб за умови раціонального та зваженого підходу до цього питання.

Бар'єри для енергетичного використання агробіомаси в Україні та можливі шляхи їх подолання

Незважаючи на наявність великого потенціалу біомаси аграрного походження в Україні, його практичне застосування для виробництва енергії розвивається недостатньо швидко. Наразі використання потенціалу соломи складає лише близько 3%, а стебла кукурудзи та соняшника майже не використовуються.

Можна виділити різні ланцюжки енергетичного використання агробіомаси в Україні, наприклад, виробництво та споживання брикетів, виробництва та споживання пелет, заготівля тюків соломи для фермерських (< 1 МВт) та більш потужних котлів і теплогенераторів, заготівля стебел кукурудзи для виробництва палива та/або енергії та інші. Одні напрямки розвиваються вже зараз достатньо успішно, інші – дуже повільно через наявність специфічних бар'єрів.

Прикладом успішних ланцюжків є виробництво брикетів з соломи для населення та об'єктів соціальної сфери, яке почало розвиватися останніми роками. Вважаємо виробництво саме брикетів з агробіомаси більш перспективним напрямком, ніж виробництво пелет, оскільки брикети можуть використовуватися в

існуючих пічках, побутових та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням, тобто не потребують спеціалізованого обладнання на відміну від більш дорогих пелет [8].

Іншим позитивним прикладом є впровадження зерносушарок на соломі. Сьогодні близько 150 зерносушильних комплексів української компанії «Бриг» продуктивністю 16 т/год. і 8 т/год. працюють у господарствах Вінницької, Сумської, Чернігівської, Кіровоградської та інших областей.

Реалізація крупних проектів на біомасі аграрного походження розвивається поки дуже повільно. На сьогодні в Україні працюють лише два потужних котла (5 МВт кожний) чеського виробництва на тюкованій соломі на птахокомплексі Дніпровський у Дніпропетровській області. Очевидно, що розвиток цього напрямку потребує додаткової уваги та зусиль, у тому числі по подоланню існуючих бар'єрів. Проаналізуємо ці бар'єри, згрупувавши їх по типам – технологічні, організаційні/законодавчі, економічні та екологічні.

Технологічні бар'єри

Відсутність у агровиробників техніки для заготівлі побічної продукції рослинництва для енергетичних потреб

Для агровиробників головною метою є отримання максимального прибутку від виробництва основної товарної продукції. Для забезпечення збирання побічної продукції їм необхідно частково змінювати відпрацьовану агротехнологію, інвестувати у спеціалізовану техніку та задіяти додаткові ресурси. Наприклад, для заготівлі побічної продукції вирощування кукурудзи на зерно спочатку кукурудзиння необхідно зібрати у валки, потім ущільнити у тюки прес-підбирачами, після чого зібрати тюки по полю та завезти на зберігання у підготовлені для цього склади.

Може статися, що після формування валків почнуться сильні та тривалі дощі, що перешкодить тюкуванню та отриманню агробіомаси із необхідними якісними показниками. Тоді потрібно буде використовувати додаткову техніку для розподілення побічної продукції по поверхні поля. В результаті цього агровиробник може понести значні матеріальні витрати, тоді як при звичайній технології збирання кукурудзи на зерно, коли зернозбиральний комбайн зразу розкидає рослинні рештки по полю, такого ризику немає. Крім того, внаслідок переміщень по полю важкої техніки ущільнюється ґрунт, особливо вологий. Якщо не вжити відповідних заходів, то це може негативно вплинути на врожайність наступного року. Якщо після валкуван-

ня кукурудзиння дощі будуть нетривалими, а далі буде суха і тепла погода, можна виконати ворущіння валків, що створить умови для висушування біомаси та подальшого її тюкування.

Існують й інші варіанти часткової заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно. Наприклад, перспективною є технологія відокремлення та збирання стрижнів качанів у зернозбиральному комбайні, реалізована у інноваційній системі *HarcoB*, яка була досліджена проектом *BeCool* Програми ЄС Горизонт 2020 [9]. Використання цієї системи дозволило зібрати 1,8...2,1 т/га стрижнів з вологістю 37,2...56,6% у додатковому бункері зернозбирального комбайна. Таким чином, агровиробник та/або спеціалізоване заготівельне підприємство повинні мати необхідні технічні засоби та ресурси для оперативного реагування на зміну ситуації під час збирання врожаю основної та побічної продукції [10].

Невирішеним на сьогодні залишається питання про можливість і оптимальні підходи до заготівлі стебел соняшника. З огляду на їх високу природню вологість (40-50%) на момент збору врожаю (серпень-вересень), в якості стратегічного напрямку використання, з певними обмеженнями, можна рекомендувати силосування стебел соняшника з подальшим виробництвом біогазу. Альтернативний варіант – залишити стебла в полі до кінця зими/початку весни, щоб вони достатньо підсохнули, а потім зібрати їх у вигляді тюків або подрібненої маси. Заготовлена таким чином біомаса може використовуватися як паливо для котлів або як сировина для виробництва брикетів/пелет. Запропонований варіант заготівлі стебел соняшника підходить для випадку сівозміни, коли після соняшника висаджуються ярі культури.

Наразі в Україні практично немає прикладів використання рослинних решток соняшника для виробництва енергії. Активно утилізується лише лушпиння соняшника – для виготовлення брикетів/пелет та як паливо для котлів, що працюють на олійноекстракційних заводах та інших підприємствах олійно-жирової галузі.

Пропозиції по подоланню бар'єру

Для прийняття рішення про заготівлю побічної продукції рослинництва для енергетичного використання агровиробнику важливо розуміти, що при цьому не зменшиться урожайність основної продукції, особливо якщо передбачаються довгострокові контракти на постачання біомаси. Тому необхідно максимально виявити ризики агровиробника та спланувати заходи для їх зменшення, зокрема, визначити необхідні зміни агротехнологій, передбачити закупівлю спеціалізованої техніки. З іншого боку, покупець має гарантовано

отримати необхідну кількість агробіомаси із відповідними якісними характеристиками. Окремі істотні умови повинні бути детально описані у договорі на постачання агробіомаси. Для біоенергетичних проєктів необхідно розробити типові форми таких договорів.

З огляду на великий потенціал відходів та побічної продукції рослинництва в Україні, видається доцільним реалізація низки відповідних пілотних/демонстраційних проєктів. В таких проєктах, які мають бути профінансовані, головним чином, за рахунок грантових коштів, можна відпрацювати технології заготівлі і постачання різних видів агробіомаси, знайти найбільш оптимальні технічні та технологічні рішення. Вважаємо перспективними наступні напрямки для реалізації пілотних/демонстраційних біоенергетичних проєктів: заготівля стебел кукурудзи, заготівля стрижнів кукурудзи, заготівля стебел соняшника, впровадження котелень на тюкованій соломі та стеблах кукурудзи.

Складність організації ланцюжка «заготівля-поставка»

Рослинні рештки – це біомаса, розосереджена по площі поля. Її обсяги суттєво залежать від сортових особливостей сільськогосподарських культур, ґрунтово-кліматичних умов, застосованої агротехнології тощо. Існуючі технології заготівлі дозволяють частково зібрати лише надземну частину культури – побічну продукцію, наприклад, солому та полову, яких зазвичай збирають від 2...5 т/га. При цьому стерня та підземна частина рослини залишаються у полі.

Побічна продукція рослинництва характеризується низькою насипною щільністю, наприклад, солома у неущільненому вигляді має 20...50 кг/м³). Тому для забезпечення ефективної логістики таку біомасу доцільно ущільнювати у тюки (рулони), брикети або пелети.

Вологість агробіомаси впливає, головним чином, на її теплотворну здатність. Крім цього, волога спричиняє псування біомаси під час зберігання. Ці та інші особливості рослинних решток треба враховувати при плануванні та організації ланцюжка «заготівля-поставка».

Необхідність використання спеціалізованих машин і обладнання для збирання, переробки та логістики побічної продукції рослинництва і вироблених з неї твердих біопалив призводить до значних капітальних витрат. Прикладами спеціалізованої техніки є прес-підбирачі великих прямокутних тюків, самозавантажувальні причепи, потужні трактори, навантажувачі, автотранспорт, дробарки, прес-брикетувальники, гранулятори

тощо. Для досягнення економічної ефективності ця техніка повинна бути максимально завантажена, що потребує ретельного планування з огляду на сезонність сільськогосподарської діяльності, залежність від погодних умов та агротехнологічні обмеження. Ефективність заготівлі, переробки та логістики агробіомаси суттєво залежить від професіоналізму працівників. Крім того, особливу увагу необхідно приділити підготовці складів, які мають забезпечити належні умови для зберігання біомаси та біопалива. Також важливо налагодити контроль та моніторинг якості і кількості поставленої сировини та виробленої готової продукції.

Пропозиції по подоланню бар'єру

Для впровадження проєктів з енергетичного використання побічної продукції рослинництва рекомендується використовувати існуючий передовий досвід вітчизняних та закордонних проєктів. Також доцільно враховувати результати наукових досліджень відповідної біоенергетичної технології, особливо на початкових етапах розробки проєкту та підготовки техніко-економічного обґрунтування. Вважаємо за необхідне сконцентрувати зусилля науковців і практиків на відпрацюванні базових технологій та підходів для організації ланцюжків «заготівля-постачання», пріоритетних для вітчизняних умов і видів агробіомаси.

Складність використання агробіомаси як палива

Паливні характеристики біомаси сільськогосподарського походження є специфічними і відрізняються від деревної біомаси у негативний бік, що вимагає ретельнішого підходу до вибору енергетичного обладнання і організації процесу спалювання. Наприклад, солома містить хлор і лужні метали, через що в процесі її спалювання утворюються такі хімічні сполуки як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання, особливо при високих температурах. Іншою особливістю соломи як палива є відносно низька температура плавлення золи – 900...1000 °С (табл. 1), що може привести до шлакування елементів енергетичного обладнання.

Однак на сьогодні у світі вже знайдені конструктивні та інші технологічні рішення, які мінімізують зазначені негативні впливи і дозволяють успішно використовувати солому як паливо. Прикладами таких рішень є сумісне спалювання з вугіллям, деревиною та іншими паливами або ж використання не «жовтої» (свіжої) соломи, а «сірої», тобто з тривалим терміном зберігання під відкритим небом. В результаті промивання дощами в «сірій» соломі міститься значно менше хлору і калію у порівнянні з «жовтою» соломою. Важливо, що вміст

хлору і лужних металів в соломі українського походження суттєво менше, ніж в соломі інших країн. Це пов'язано зі значним скороченням внесення мінеральних добрив під посіви протягом останніх 25 років.

Стебла кукурудзи також містять хлор і лужні метали на рівні, близькому до показників соломи. Але температура плавлення золи у стебел кукурудзи вище, майже на рівні деревини, що є позитивним фактором з точки зору застосування як палива. Крім того, вміст сірки в стеблах кукурудзи майже на порядок менше, ніж у соломі зернових.

Інформації про паливні властивості стебел соняшника небагато. Відомо, що їх елементарний склад близький до соломи і стебел кукурудзи, але вміст золи вище, близько 11% маси с.р. Вміст лужного металу калію також вище – до 5% маси с.р. Тим не менше, в Україні вже існують перші доволі успішні спроби ви-

робництва енергії зі стебел соняшника, і ми вбачаємо перспективність розвитку цього напрямку.

Пропозиції по подоланню бар'єру

Для спалювання агробіомаси необхідно використовувати сучасне спеціалізоване обладнання і дотримуватися оптимальних режимів його роботи, а також вимог до якості палива. Для ТЕЦ як паливо рекомендуємо використання кукурудзиння, а соломі зернових культур та ріпаку краще застосовувати в котельнях.

Висновки

Україна має великий потенціал біомаси аграрного походження, який має сталу тенденцію до зростання. Виконання стратегічних національних цілей з розвитку біоенергетики можливо тільки за умови широкого використання агробіомаси. Для успішного впровадження відповідних проектів необхідно подолати низку

Табл. 1. Паливні характеристики різних видів біомаси [4]

Показники	Свіжа солома («жовта»)	Солома, яка зберігалася у полі («сіра»)	Стебла кукурудзи*	Стебла соняшника*	Деревна тріска (для порівняння)
Вологість, %	10...20	10...20	45...60** 15...18***	40...50** ~20***	40
Нижча теплота згорання, МДж/кг	14,4	15	5...8 (W 45...60%) 15...17 (W 15...18%)	16 (W<16%)	10,4
Вміст летючих речовин, %	>70	>70	>60...70	>70	>70
Зольність, %	4	3	5...9	10...12	0,6...1,5
Елементарний склад, %:					
вуглець	42	43	45,5	44,1	50
водень	5	5,2	5,5	5,0	6
кисень	37	38	41,5	39,4	43
хлор	0,75	0,2	0,2	0,7-0,8	0,02
калій	1,18	0,22	6,1 мг/кг с.р.	5,0	0,13...0,35
азот	0,35	0,41	0,3...0,7	0,7	0,3
сірка	0,16	0,13	0,04	0,1	0,05
Температура плавлення золи, °С	800...1000	950...1100	1100...1200	800...1270	1000...1400

* Дані по вмісту летючих речовин, зольності, елементарному складу наведено у відсотку маси с.р.

** Після збирання.

*** Висушені на повітрі.

бар'єрів, у тому числі організаційних, законодавчих, економічних та екологічних. В якості одного з першочергових заходів рекомендуємо відпрацювання базових технологій та підходів для організації ланцюжків «заготівля-постачання», пріоритетних для вітчизняних умов і видів агробіомаси.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Енергетичний баланс України за 2017 рік*. Експрес-випуск Державної служби статистики України від 20.12.2018.
2. *Енергетична стратегія України на період до 2035 року*. Схвалено Розпорядженням КМУ № 605-р від 18.08.2017
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
3. *Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Баитовий А.І., Гелетуха Г.І.* Проблеми та перспективи розвитку біоенергетики в Україні // *Промислова теплотехніка*. – 2018, т. 40, № 2, с. 41-48. <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.06>
4. *Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Трибой А.В.* Перспективы использования отходов сельского хозяйства для производства энергии в Украине. Часть 2 // *Промышленная теплотехника*. – 2014, т. 36, № 5, с.73-80.
5. *Юрій Кривда*. Стан родючості ґрунтів України. Презентація на міжнародному семінарі «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ
<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/2-yuri-kryvda-workshop-agro-residues-27092018-small.pdf>
6. *Ян Петер Лешен*. Вплив використання аграрних залишків для біоенергетики на ґрунтовий вуглець та можливі рішення. Презентація на міжнародному семінарі «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ
<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/5-jan-peter-lesschen-workshop-agro-residues-27092018.pdf>
7. *Ніколя Скарлат*. Просторово-деталізована оцінка сталого потенціалу рослинних решток в Європі. Презентація на міжнародному семінарі «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ
<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/4-nicolae-scarlat-workshop-agro-residues-27092018.pdf>
8. *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>
9. *Pari, L., Bergonzoli, S., Suardi, A. et al.* Maize cob harvesting: First assessment of an innovative system. Proc. of 26th European Biomass Conference, 14-17 May 2018, Copenhagen, Denmark, p. 323-325 <http://www.etaflorence.it/proceedings/?detail=15215>
10. *Драгнев С.В., Железна Т.А., Гелетуха Г.Г.* Можливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно для енергетичного використання в Україні. Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України № 16, 2016
<http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-16-ua.pdf>

ANALYSIS OF BARRIERS TO THE PRODUCTION OF ENERGY FROM AGRIBIOMASS IN UKRAINE. PART 1

Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahniev 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.3.2019.11>

The aim of the work is to identify and analyze barriers to the production of energy from agribiomass in Ukraine. For better analyzing, the barriers are grouped according to their categories: technological, organizational and legislative, economic, environmental barriers. The task of the work is to develop recommendations to overcome the identified and described barriers. The place of biomass of agrarian origin in the potential of biomass for energy in Ukraine is considered in this part of the article. It is shown that today agribiomass remains the main component of this potential, and without its involvement in the fuel and energy balance of Ukraine it is impossible to ensure the fulfillment of the bioenergy development goals set by the national strategic documents. The views of domestic and foreign experts on the possibility of partial removal of crop residues from the field are presented. A general conclusion is reached on the possibility of using agribiomass for energy, provided that a rational and balanced approach to this issue is ensured. The technological barriers of using agribiomass for energy production are analyzed. It has been determined that such barriers are the lack of equipment for harvesting by-products of crop production, the complexity of establishing the whole “harvesting-supply” chain, and the specificity of fuel characteristics of agribiomass, which complicates its use. In order to overcome these barriers, it is recommended to implement some pilot/demonstration bioenergy projects in order to work out basic technologies and approaches for the organization of harvesting and supply chains that are priority for domestic conditions and types of agribiomass. To burn biofuel from crop production by-products, it is necessary to use modern specialized equipment and to adhere to optimum modes of its operation, as well as to requirements to the fuel quality.

References 10, table 1.

Keywords: biomass, agribiomass, biomass potential, agribiomass harvesting, crop residues, by-products of crop production.

1. *Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2017 rik.* Ekspres-vypusk Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy vid 20.12.2018 [Energy balance of Ukraine for 2017. Express-issue by State Statistics Service of Ukraine of 20.12.2018] (Ukr.)

2. *Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku.* Skhvaleno Rozporiadzhenniam KМУ № 605-r vid 18.08.2017 [Energy Strategy of Ukraine until 2035. Approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine Executive Order No. 605-r of 18.08.2017] (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>

3. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Bashtovyi A.I., Geletukha G.I.* Problemy ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Problems and prospects for bioenergy development in Ukraine], *Promyslova teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 2018, V. 40, № 2. P. 41-48. (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.06>

4. *Geletuha G.G., Zheleznaya T.A., Triboy A.V.* Perspektivnyi ispolzovaniya othodov selskogo hozyaystva dlya proizvodstva energii v Ukraine. Chast 2 [Prospects for the use of agricultural residues for energy production in Ukraine. Part 2] // *Promyshlennaya teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering], 2014, V. 36, № 5. P. 73-80. (Rus.)

5. *Yurii Kryvda.* Stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy. Prezentatsiia na mizhnarodnomu seminari «Ahrovidkhody dlia bioenerhetyky. Problemy ta rishennia» [State of fertility of soils of Ukraine. Presentation at the international workshop “Agricultural Residues for Bioenergy. Problems and Solutions”], 27.09.2018, Kyiv. (Ukr.)

<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/2-yurii-kryvda-workshop-agro-residues-27092018-small.pdf>

6. *Jan Peter Lesschen.* Vplyv vykorystannia ahrarykh zalyshkiv dlia bioenerhetyky na gruntovyi vuhlets ta mozhlyvi rishennia. Prezentatsiia na mizhnarodnomu seminari «Ahrovidkhody dlia bioenerhetyky. Problemy ta rishennia» [Effect of use of agricultural residues for bioenergy on soil carbon and potential solutions. Presentation at the international workshop “Agricultural Residues for Bioenergy. Problems and Solutions”], 27.09.2018, Kyiv. (Ukr.)

<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/5-jan-peter-lesschen-workshop-agro-residues-27092018.pdf>

7. *Nicolae Scarlat.* Prostorovo-detalizovana otsinka staloho potentsialu roslynnykh reshtok v Yevropi. Prezentatsiia na mizhnarodnomu seminari “Ahrovidkhody dlia bioenerhetyky. Problemy ta rishennia” [Spatially explicit assessments of sustainable crop residues potentials in Europe. Presentation at the international workshop “Agricultural Residues for Bioenergy. Problems and Solutions”], 27.09.2018, Kyiv. (Ukr.)

<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/4-nicolae-scarlat-workshop-agro-residues-27092018.pdf>

8. Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V. Analiz mozlyvosti vyrobnytstva ta vykorystannia bryketiv z ahrobiomasy v Ukraini. Analitychna zapyska Bioenerhetychnoi asotsiatsii Ukrainy №20 [Analysis of possibilities for the production and use of agribiomass briquettes in Ukraine. Position Paper No. 20 by the Bioenergy Association of Ukraine]

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

9. Pari, L., Bergonzoli, S., Suardi, A. et al. Maize cob harvesting: First assessment of an innovative system. Proc. of 26th European Biomass Conference, 14-17 May 2018, Copenhagen, Denmark, p. 323-325 <http://www.etaflorence.it/proceedings/?detail=15215>

10. Drahnev S.V., Zheliezna T.A., Geletukha G.G. Mozlyvosti zahotivli pobichnoi produktsii kukurudzy na zerno dlia enerhetychnoho vykorystannia v Ukraini. Analitychna zapyska Bioenerhetychnoi asotsiatsii Ukrainy №16 [Opportunities for harvesting by-products of grain corn for energy production in Ukraine. Position Paper No. 16 by the Bioenergy Association of Ukraine], 2016.

<http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-16-en.pdf>

Отримано 19.06.2019

Received 19.06.2019