

УДК 633.2:620.952:662.63

Крайсвітній П.А., директор групи
Компанія „Фітофьюелз Інвестментз”
Кулик М.І., кандидат с.-г. наук, науковий співробітник
Рій О.В., науковий співробітник
Науково-дослідний Центр з Біоенергетики Полтавської ДАА

СВІТЧГРАС ЯК ЕНЕРГОЄМНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

Розглянуто питання отримання якісної фітомаси (соломи) рослин світчграсу – сировини для виробництва твердого біопалива, обґрунтовано енергоємність її та подано етапи виробництва паливних гранул та європейські вимоги до їх якості.

Ключові слова: *фітомаса, світчграс, сировина, стандарт NTA, біопаливо, пелети.*

В зв'язку із значною залежністю України від імпортованих енергоносіїв назріло нагальне питання моніторингу та дослідження можливостей використання власних ресурсів для отримання екологічно безпечної та дешевої сировини із поновлюваних джерел енергії для виробництва біопалива. Це має забезпечити перетворення України на впливового та активного учасника міжнародних відносин у сфері енергетики, зокрема через участь у міжнародних і міждержавних угодах та енергетичних проектах. Для цього уряд має створювати умови для діяльності відповідних суб'єктів за такими напрямками: імпорт-експорт енергопродуктів; реалізація та розвиток транзитного потенціалу; участь у розробленні енергетичних ресурсів та спорудженні енергетичних об'єктів за межами України тощо [1].

Науковці [2, 3], в своїх роботах вказують на те, що на сьогодні назріла необхідність перегляду стратегії в паливно-енергетичному комплексі держави, впровадження новітніх розробок з альтернативних видів палива та ширше застосування наявної і спеціально вирощеної біомаси, що дозволить знизити залежність України від імпортованих енергоносіїв, а також, поряд з екологічною рівновагою агроєкосистеми, прагнути до скорочення питомого споживання природних енергоресурсів за рахунок використання палива рослинного походження. Окрім того, прийнята Верховною Радою України Національна програма на період до 2010 року, що передбачає залучення до сільського господарства відтворюваних джерел енергії [4]. Одним із джерел поновлювальної енергії є вегетативна біомаса рослин (так звана фітомаса), яка за рахунок фотосинтезу акумулює сонячну енергію у вегетативних органах та може бути перетворена в біопаливо і бути альтернативою існуючим видам палива (нафта, природний газ, кам'яне вугілля).

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення проблеми. Директива про відновлювальну енергію ЄС (ДВЕ) [5], покликана доповнити та згодом замінити чинні директиви про біопаливо та відновлювальну електроенергію, набула чинності 25 червня 2009 року. Вона встановлює нові цільові показники (частки) відновлювальної енергії та вимоги до виконання критерії сталості для певних видів біопалив. Біомаса та біопаливо, які не відповідають вимогам сталості, не зараховуються до нових високих нормативних часток відновлюваної енергії та виключаються з програм підтримки в ЄС та країнах-членах.

Згідно проведених досліджень у країнах Європи встановлено, що за використання сухої фітомаси світчграсу отримується достатня кількість енергії, зменшується чи зберігається баланс CO₂. Van den Neuvel [6] дав широкий, але все ще не завершений огляд потенційних способів переробки енергетичних культур. Оцінка їх повинна базуватися на існуючих технологіях; і це безумовно обмежує кількість альтернатив для розгляду. Проте світчграс – це не сучасне паливо з біомаси, а потенціальне паливо майбутнього, і таким чином, доцільно включити майбутні технології теплової конверсії в оцінку.

Дослідженнями вітчизняних науковців [7] виявлено, що частка сільськогосподарської сировини, яку спрямовують на виробництво біопалива, є не значною; а для виробництва біопалива практично не використовують харчових зернових культур.

Багато країн мають земельний резерв, який не використовують у сільському господарстві. Наприклад, у США площа резервних земель сягає 14 млн. га. В Європі зарезервовано 8% сільськогосподарських земель. Мексика використовує лише 13% сільськогосподарських земель, Малі – близько 30, Мадагаскар – приблизно 7%. За оцінками Стенфордського університету, в усьому світі з сільськогосподарського обороту виведено 385-472 млн. га землі. В багатьох країнах світу використання землі для аграрних потреб скорочується. У Китаї, приміром, за останнє десятиліття площа орних земель зменшилася на 8 млн. га. В Росії, яка має 10% усієї світової ріллі, за 2005-2007 роки площа орних земель скоротилася з 117,5 млн. га до 115 млн. А сукупно три великі сільськогосподарські країни – Росія, Україна й Казахстан, – за оцінками російського Інституту кон'юнктури аграрного ринку, за 15 років втратили 24 млн. га ріллі [8]. В Україні за статистичними даними налічується від 5 до 10 млн. га низькопродуктивних земель. Якщо ці землі використовувати для енергетичних плантацій, можна отримати в середньому 378 млрд. кВт·год. електроенергії на рік, що більш ніж вдвічі перевищує виробництво електроенергії на українських ТЕС.

Отже, нарощування енергетичних культур для виробництва біопалива можливе за рахунок введення в обіг резервних земель, що не вплине на обсяги виробництва сільськогосподарських культур для харчового виробництва.

Згідно твердження К.А. Кучугина [9] світова індустрія викопних палив підходить до свого логічного завершення. Дана ситуація несе за собою багатогранні наслідки для економічної, соціальної і політичної сфер. Значним чинником також є соціальна заклопотаність, пов'язана із зростаючими проблемами екології. Це приводить до розробки різних державних програм, пов'язаних з обмеженням використання викопних палив на противагу збільшенню споживання альтернативних видів палива. Виробництво біопалива – найбільш розвинений сегмент галузі поновлюваного палива. Велика кількість країн споживають біодизель і біоетанол. Дана галузь є високоінтегрованим сегментом економіки, який надає Росії, – одній з небагатьох крупних світових країн, що майже не проводять і не споживаючих біопаливо, – безліч можливостей в сільськогосподарській та інших сферах.

В.Д. Нагорний із співавторами [10] вказують на необхідність переходу Індії на альтернативні джерела енергії, що пов'язано не тільки з дорожчанням викопних енергоресурсів, але і обов'язками країни по зниженню загрози глобальної зміни клімату. Можливість отримання альтернативного палива на основі переробки рослинної маси розглядається в даний час як один з найбільш вірогідних шляхів

вирішення цієї глобальної проблеми. Згідно розрахунків, проведеними авторами, біомаса „енергетичних культур”: слонова трава (*Miscanthus giganteus* = *Elephant grass*), цукрове сорго, сесбанія (*Sesbania aculeate*, *Sesbania bispinosa*), трофа (*Jatropha esculenta*), рицина (*Ricinus communis* L.), тунг, або масляне дерево (*Aleurites cordata*, *Forst*) після переробки на відповідне паливо забезпечує позитивний баланс енергії (всі витрати енергії на вирощування і виробництво палива в 3-4 рази менше енергії отриманого від вичерпних палив), а відтворення біомаси цих культур знижує емісію CO₂ на 50-86%.

Неоднозначність думок науковців з приводу використання та переробки сировини „енергетичних рослин” змушує поставити це питання на вивчення і довести яким чином можливо отримати дешеве, енергоємне біопаливо із поновлюваних джерел в умовах України.

Мета і методика проведення досліджень. Об'єкт досліджень – процес отримання соломи світчграсу та її переробка для отримання твердого біопалива.

Предмет досліджень – хімічний аналіз сировини та процеси виробництва біопалива із соломи світчграсу.

Мета досліджень: на основі проведених експериментів розрахувати енергоємність рослинного матеріалу світчграсу різних сортів і розробити обґрунтовану технологію переробки соломи світчграсу для отримання твердого біопалива.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі завдання:

- розрахувати енергоємність фітомаси сортів світчграсу;
- визначити можливість механізованого виробництва твердого біопалива (паливних гранул) із соломи світчграсу.

Результати досліджень. Результати досліджень із світчграсом другого вегетаційного року, проведені в умовах України свідчать про високий потенціал даної культури як сировини для виробництва біопалива рослинного походження.

Згідно наших досліджень за вирощування сортів світчграсу височинного типу (Кейв-ін-рок, Картрадж), порівняно з низовинними (Канлоу і Аламо) отримуємо високий вихід біопалива, умовного палива з одиниці площі і відповідно – вихід енергії (табл. 1).

Таблиця 1. Енергетична характеристика сортів світчграсу

Сорт	Вихід біомаси, т/га	Тепло-віддача біопалива, МДж/кг	Вихід біопалива з 1 т біомаси, кг	Вихід біопалива з 1 га, кг	Вихід умовного палива, кг у.п./га	Вихід енергії, ГДж/га	Вихід енергії, ГВт. год/га
Кейв-інрок	12,0	16,6	1000,0	12000	7200	199,2	55,3
Картрадж	18,0	15,9	1000,0	18000	10800	286,2	79,5
Канлоу	8,7	14,8	1000,0	8700	5220	128,8	35,8
Аламо	7,3	16,3	1000,0	7300	4371	119,0	33,1

Згідно проведених розрахунків тепловіддача сухої маси у досліджуваних сортів була різною і залежала від вологості фітомаси рослин та варіювала у межах – від 15,9 до 16,6 МДж/кг (височинні екотипи), що в середньому складає 16,25 МДж/кг,

низовинні – від 14,8 до 16,3 МДж/кг – в середньому 15,55 МДж/кг (табл. 2). Середній вихід енергії відповідно за екотипами становив відповідно 67,40 і 34,5 ГВт·год/га.

За розв'язання практичних задач технологічного змісту проводили перерахунок одиниць енергії (тепла й роботи) і потужності, виражених в одиницях різних систем, до однієї системи – СІ користуючись таблицями їх співвідношень.

Важливою складовою отримання якісної сировини для виробництва біопалива є вміст хімічних елементів в рослинах. У соломі містяться наступні елементи (% по масі): азот 0,45-1,13, калій 0,5-1,7, хлор 0,11-0,77. Вміст сірки в соломі різних культур коливається від 0,10 до 0,77% по масі. В цілому вміст сірки в соломі можна вважати низьким.

Температура початку деформації золи сухої соломи 735-840°C, а у деревини 1150-1405°C. Зола соломи розм'якшується при 1035-1150°C, а плавиться при 1175-1330°C, а зола деревини розм'якшується при температурі 1180-1525°C, а плавиться при 1225-1650°C.

Високий вміст хлору в соломі обумовлює посилену корозію теплообмінного устаткування. Причому в «жовтій» (свіжозібраній) соломі міститься майже в чотири рази більше хлору, ніж у «сірій» (що перезимувала). Для вимивання хлоридів з соломи досить 5-7 днів. Тому, збирання врожаю соломи свічграсу наприкінці зими – початку весни є обґрунтованим заходом.

Згідно проведених досліджень та на основі глибокого теоретичного підґрунтя нами визначено основні етапи виробництва біопалива із енергетичних культур (рис. 1).



Рис. 2. Етапи виробництва біопалива із „енергетичних культур”

Умовою використання біомаси в енергетичних цілях є екологічна стійкість (сталість) вирощування біомаси. Головним критерієм виробництва біомаси із енергетичних культур є уникання непрямих змін використання землі та використання неродючих (деградованих) ґрунтів. Всі процеси вирощування і переробки біомаси енергетичних культур повинні відповідати вимогам відповідних стандартів. Зараз

найповнішим і всеохоплюючим є стандарт NTA 8080, який регулює виробництво, переробку та використання біомаси. NTA (Nederlandse Technische Afspraak або “Нідерландська технічна угода”) – мінімальна кількість вимог, які організація повинна дотримуватися у виробництві, переробці, торгівлі, транспортуванні і/або використанні в енергетичних цілях біомаси, в тому числі і «енергетичних культур» - днією з яких є світчграс.

Починаючи з 2-3 року вегетації розпочинають збирання фітомаси світчграсу: скошують рослини, тюкують, частину зберігають на полі, а іншу – переробляють на січку з якої, згідно відповідних технологій, виготовляють паливні гранули.

Існує не лише декілька способів отримання енергії з рослин, а також велика кількість потенційних способів виробництва кінцевих продуктів – в даному випадку паливних гранул. В зв’язку з чим узагальнена технологія виробництва паливних гранул із соломи світчграсу повинна поділитись на декілька етапів і включати:

1. Подрібнення сировини,
2. Сушіння,
3. Повторне подрібнення,
4. Водопідготовка,
5. Пресування,
6. Охолодження гранул,
7. Фасування і пакування гранул.

Технологічний процес виробництва пелетів включає наступні логічно поєднані складові. Рослинна сировина поступає в дробарку, де подрібнюються до стану борошна. Отримана маса поступає в сушарку, а з неї в прес, де масу пресують в гранули. Стиснення під час пресування підвищує температуру матеріалу, який розм’якшується і склеює частинки в щільні циліндрики. Готові гранули охолоджують, пакують в стандартну упаковку 12-40 кг або доставляють споживачеві розсипом.

Паливні гранули – екологічно чисте паливо із вмістом золи не більше 3%. Гранули відрізняються від звичайної деревини високою сухістю (8-12% вміст вологи порівняно із 30-50 % у дровах) і більшою в півтора рази щільністю. Ці якості забезпечують високу теплотворну здатність в порівнянні з щепою або дровами: при згоранні тонни гранул виділяється приблизно 5 тис. кВт·год. тепла, що у півтора рази більше, чим у звичайних дров.

Одна з найважливіших переваг гранул – висока і постійна насипна щільність, що дозволяє відносно легко транспортувати цей сипкий продукт на великі відстані. Завдяки правильній формі, невеликому розміру і однорідній консистенції продукту, гранули можна пересипати через спеціальні рукави, що дозволяє автоматизувати процеси завантаження-розвантаження і також спалювання цього виду палива.

На рис. 2 подано фотоматеріали паливних гранул, виготовлених із різних видів сировини.

До виробників біопалива ставляться певні вимоги, що поєднують не тільки енергоємність матеріалу, але і якість паливних гранул (пелет):

1. Паливні гранули випускають діаметром 6-8 і більше мм, завдовжки не більше 5-ти діаметрів.
2. Вологість паливних гранул повинна бути не більше 12%.
3. За основними фізико-механічними характеристиками паливні гранули відповідають вимогам німецького стандарту DIN 51731-1996 (DINplus).
4. За узгодженням із споживачем допускається виготовлення паливних гранул з

відхиленням від вказаних параметрів.

5. Облік паливних гранул проводиться в тоннах. Насипну вагу партії визначають з точністю до 0,001т.



Рис. 2. Паливні гранули із різних видів сировини

Всі гранули, незалежно з якої сировини вони виготовлені, повинні мати рівну, гладку, глянцевою поверхню, без видимих на них тріщин і здуття, що свідчить про їх міцність (щільність), мати мінімальне стирання, відносно розмірів, стандартна довжина складає 10-50 мм, діаметр може бути 4; 6; 7; 8; 10, 12 мм (рис. 2).

Окрім того, при спалюванні 1 т гранул виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні: 1600 кг деревини, 475 м³ газу, 500 л дизельного палива, або 685 л мазуту.

Перспективним напрямом ефективних технологій переробки рослинної сировини на біопалива є торефікація (спікання при високих температурах за відсутності кисню) з метою збільшення теплотворної здатності, а також використання інноваційних підходів в гранулюванні. Енергетична цінність біопалива, отриманого методом торефікації, не поступається кам'яному вугіллю і складає близько 25 МДж/кг.

На особливу увагу заслуговують також технології спалювання біомаси за допомогою мікрохвильової плазми, що дозволяють підвищити повноту згорання та зменшити шкідливі викиди.

Висновки: 1. Для отримання потужної фітомаси світчграсу (сухої речовини на рівні 18 т/га) – сировини для виробництва палива рослинного походження та забезпечення отримання 79,5 ГВт·год. енергії з одного гектара, або це 10,8 т умовного палива, пропонується господарствам зацікавленим в отриманні альтернативних видів палива рослинного походження вирощувати на землях не сільськогосподарського призначення (деградованих, малопродуктивних) просо лозовидне (світчграс) сорту

Картрадж.

2. Для використання біомаси в енергетичних цілях головним критерієм є екологічна стійкість (сталість) вирощування біомаси. Стандарт NTA 8080 є найповнішим і всеохоплюючим, що регулює виробництво, переробку та використання біомаси.

3. Етапи виробництва біопалива із „енергетичних культур” повинні включати економічно обґрунтований менеджмент переробки сировини з метою отримання біопалива згідно з європейськими вимогами.

4. Розробка і впровадження в практику технологій відтворення рослинної біомаси „енергетичних культур”, використання різних технологій отримання біопалива дозволять Україні вирішити її економічні, енергетичні, природоохоронні та соціальні проблеми.

Література

1. Калетнік, Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні : моногр. / Григорій Миколайович Калетнік ; рец. М. Й. Малік [та ін.]. – К. : Аграрна наука, 2008. – 464 с.
 2. Роїк М. В. Енергетичні культури для виробництва біопалива / В. Л. Курило, М. Я. Гументик, В. М. Квак // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Т. 7 (26). Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. – Полтава : РВВ ПДАА, 2010. – С. 12–17.
 3. Кулик М. І. Рослинництво, як енергетичний потенціал країни / М. І. Кулик, О. П. Слинько // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Т. 7 (26). Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. – Полтава : РВВ ПДАА, 2010. – С. 24–31.
 4. Гелетуша Г. Г. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Г. Г. Гелетуша, Т. А. Железная, Н. М. Жовмир, Ю. Б. // Промышленная теплотехника. – 2005. – №1. – Том 27. – С. 78–85.
 5. Директива ЄС 2009/28/ЄС „Про стимулювання використання поновлюваних видів енергії” від 25 червня 2009 р.
 6. Van den Neuvel, E., Biomass conversion routes for agricultural crops in Europe: Analysis within the context of sustainable solutions for both the agricultural and energy generation sector . BTG for Novem (EWAB 9606), 1996. – P. 224-226.
 7. Сранкін О. Місце виробництва біопалива у формуванні маркетингових стратегій підприємств АПК в контексті глобалізаційних проблем/ Пропозиція. – Вип. №06, 2009. – С. 9.
 8. Економічна та соціальна географія: Розділ перший [Електронний ресурс]: режим доступу http://subject.com.ua/geographic/ekonomichna_socialna/32.html
 9. Кучугин К.А. Мировая индустрия биотоплива: факторы развития и выводы для России / Агрожурнал. – Вып. № 16, 2011. – С.
 10. Нагорный В. Д. Прспектива производства биотоплива в Индии (социально-экономические и агрономические аспекты) / В. Д. Нагорный, Рагхав Джагендра Сингх // Весник Российского университета дружбы народов, 2011. – Вып. №2. – С. 16-22.
-