

С. Л. Семірненко, к.т.н., доцент;

Ю. І. Семірненко, к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

Оптимальний вибір сировини для виготовлення паливних брикетів дозволить вирішити як енергетичні проблеми, так і проблеми утилізації рослинних залишків і поліпшення родючості ґрунтів.

Проведений аналіз негативних наслідків від спалювання солом'яної біомаси в котлах та запропоновано на основі цього використання в енергетичних цілях соломи озимої пшениці.

Ключові слова: біопаливо, біомаса, відходи, утилізація, зола, ошлакування, добрива, домішки, важкі метали, озима пшениця.

Постановка проблеми. Постійне збільшення обсягів споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів веде до їх вичерпання і при цьому зумовлює інтенсивне забруднення довкілля. При цьому Україна володіє великим потенціалом біомаси, доступної для виробництва екологічно чистої енергії. Виробництво і використання біопалива в Україні має епізодичний характер і освоєно лише окремими підприємствами, а участь нашої держави зводиться до постачання біоенергетичної сировини на світовий ринок. Визначення шляхів, способів і перспектив використання біомаси в якості альтернативного енергоносія є однією з найбільш актуальних проблем сьогодення і сприятиме завданню збереження здоров'я людини, збереження й відновлення навколишнього середовища.

Упровадження технологій застосування відходів біомаси з енергетичною метою є одним із напрямів оптимізації процесів утилізації цих відходів і не може розглядатися безпосередньо як створення великих енергетичних потужностей у країні, тобто може розглядатися лише як місцеве паливо. Таке упровадження дає змогу в багатьох випадках зменшити витрати на утилізацію відходів та одержати додатковий економічний та екологічний ефект [3].

Одним із вагомих джерел відновлювальних ресурсів є біомаса агропромислового комплексу, найбільш технічно доступною з яких є солома, надлишки якої спалюються прямо на полях.

Аналіз результатів останніх досліджень. Порушена проблема досліджується як у світовій, так і у вітчизняній науковій літературі. Теоретичні засади та практичні механізми екологічно безпечної та економічно ефективною утилізації біомаси рослинного походження знайшли відображення в працях вітчизняних дослідників, серед яких: А. Долінський, М. Жовмір, Г. Гелетука, Т. Железна, Е. Олейник, Г. Голуб, В. Мироненко, В. Здановський, В. Білодід, А. Кузнецова, В. Месель-Веселяк та ін.

Незважаючи на накопичені наукові здобутки та значний практичний досвід у сфері техноло-

гії утилізації біомаси, подальшої активізації потребують дослідження проблеми оцінки ефективності утилізації біомаси сільськогосподарського походження, розвитку науково-методичних підходів до визначення доцільності їх використання.

Мета досліджень. Сільськогосподарська біомаса, яка використовується, як паливо, має ряд особливостей, що відрізняє її від традиційних енергоресурсів. Вивчення цих особливостей необхідно для раціонального використання біомаси та правильного підбору сировини для різних методів використання. Оптимальний вибір сировини для виготовлення паливних брикетів дозволить вирішити як енергетичні проблеми, так і проблеми утилізації рослинних залишків і поліпшення родючості ґрунтів.

Результати досліджень. Забруднення зовнішніх поверхонь нагріву котлів на солом'яному паливі відбувається значно інтенсивніше, ніж, наприклад, в котлах на газоподібних або на рідких паливах. Із-за відкладень знижується охолодження газів в котлах, ККД котлів і їх теплова потужність. Зовнішні відкладення поверхонь нагріву котлів на біопаливі залежатимуть як від самої біомаси, так і від режиму горіння палива.

Деякі з характеристик твердого біопалива, передусім зовнішні (щільність, розміри часток, специфічність поверхні), через подрібнення і ущільнення можуть бути змінені, проте його основні паливно-технологічні характеристики прийнято розглядати як постійні. Енергетична цінність соломи залежить від її вологості, а також від хімічного складу, який змінюється залежно від типу соломи (зернові, рапс і т. д.) та від умов вегетації рослин.

Усі тверді палива з біомаси містять різні домішки у вигляді частин негорючих компонентів – золи. Одні частки золи соломи формуються з часток ґрунту і піску, які осідають на листостебельну масу в процесі росту, збирання та потрапляють разом з соломом у топку. Інші частки потрапляють з ґрунту в стебла з солями в період вегетації рослин. Це, передусім, негорючі елементи: Si, Ca, Mg, K, Na, P (табл. 1).

Таблиця 1 – Вміст негорючих елементів в паливі і золі біомаси [2]

Елементи	Солома пшениці
Зольність, %	3-8
Максимальний вміст в паливі, мг/кг (на суху масу)	
Si	27000
Ca	7000
Mg	3200
K	21000
Na	4800
P	2900
Максимальний вміст в золі, мг/кг (на суху масу)	
Si	30,0
Ca	8,0
Mg	2,7
K	16,0
Na	1,0
P	6,7

Із вказаних негорючих елементів найбільш негативно впливають на роботу котла солі калію і натрію: призводять до утворення липкої золи, яка викликає відкладення в котлі.

Зольність соломи злакових культур, як і ін-

ших твердих біопалив, досить низька (табл. 2). Але, незважаючи на низьку зольність, її характеристики плавкості значно впливають на роботу котлів, що використовують біопаливо.

Таблиця 2 – Зольність соломи злакових культур [4]

Зольність на суху масу, %	Культури				
	Жито	Пшениця	Ячмінь	Овес	Середня
	4,5	5,1	5,2	4,9	5,0

Найбільшою проблемою при спалюванні соломи сільськогосподарських культур, у тому числі і у вигляді брикетів, є низька температура плавлення золи, яка обумовлює утворення золошлакових агломератів, що перешкоджають горінню і нормальній роботі котлів.

Плавлення золи може викликати ошлакування в топці і виникнення щільних відкладень на

конвективних поверхнях нагріву, які значно впливатимуть на ККД котла і на рівень шкідливих викидів в продуктах згорання.

Вміст летких компонентів в соломі коливається від 60 до 70%, це дещо нижче, ніж у деревини. В той же час температура плавлення золи соломи деяких зернових культур може бути значно нижча, ніж золи деревних палив (табл. 3).

Таблиця 3 – Плавкісні характеристики золи соломи зернових [4]

Зернова культура	Температура, °C		
	розм'якшення	утворення напівсфери	точка розтікання
Озима пшениця	1050	1350	1400
Жито	840	1150	1330
Ячмінь	765	1035	1190
Овес	735	1045	1175
Щепа відходів рубки	1205	1230	1250

Як видно з табл. 3, розм'якшення золи соломи жита, вівса і ячменю починається при дуже низьких температурах (735-840°C), що призводить до спікання золи, ошлакування поверхонь, утворенню відкладень на поверхнях нагріву. Це необхідно враховувати при виборі технології спалювання і наладці режиму горіння в топці.

Температура плавлення золи озимої пшениці приблизно така, як і деякої деревини і складає 1050 °C, це ще раз підкреслює ефективність використання в енергетичних цілях соломи озимої пшениці.

Як відомо, солома озимих зернових культур має менший вміст хлору, який призводить до корозії елементів котлів, крім того, вона не використовується для годівлі худоби. Тому даний факт також вказує на необхідність використання в енергетичних цілях солому озимої пшениці.

Одним із доцільних способів утилізації золи при спалюванні соломи є використання її як добрива. Особливо це актуально при обмеженому внесенні в ґрунт органічних і мінеральних добрив. Тобто, поліпшити родючість ґрунтів можна шляхом внесення золи, яка утворилася в результаті спалювання сільськогосподарських рослинних відходів з метою вироблення енергії, а саме – соломи озимої пшениці.

Основними елементами, які виносяться з ґрунту при зростанні сільськогосподарських рослин, є азот, фосфор і калій. Вміст компонентів в золі соломи деяких культур приведений в табл. 1.

Процес спалювання солом'яної біомаси залежить значною мірою від виду соломи, її фізико-механічних властивостей і хімічного складу[5].

Усю золу, яка утворюється при згоранні соломи, розділяють на зольний залишок і летку

золу (циклонну і фільтраційну). Окрім великої кількості поживних речовин, зола має у своєму складі і небезпечні для довкілля важкі метали,

такі як цинк, кадмій. Внесення її в ґрунт може бути обмеженим і навіть небажаним. Фактичний вміст цих елементів в золі приведений в табл. 4.

Таблиця 4 – Вміст важких металів в золі (мг/кг) [1, 6]

Вид золи	Hg	Cu	Zn	Cr	Pb	Ni	Cd
Солома пшенична	0,08	22,7	212	2,1	5,99	5,45	1,195
Середнє значення для соломи злакових	0,1	30,0	140	2,0	9,0	5,0	2,0

Але проведені дослідження вказують на те, що ці елементи у своїй переважній більшості знаходяться у фільтраційній золі [6]. Це пов'язано з тим, що леткі з'єднання важких металів (Cd, Zn) у більшості палива, що випаровуються при згоранні, потім осідають на поверхні часток леткої золи. Склад золи значною мірою залежить не лише від виду біомаси, але і від агротехнічних чинників, таких як кількість опадів, обробка посі-

вів отрутохімікатами, внесення добрив і тому подібне. Тому перед внесенням золи в ґрунт необхідно не лише проводити аналіз ґрунту, але і аналіз самої золи. Величини допустимих значень цих елементів для різних країн дещо відрізняються. Середні допустимі значення граничного вмісту важких металів в золі для більшості європейських країн наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Граничний вміст важких металів в золі, яка використовується в сільському господарстві (мг/кг) [6]

Zn	Cu	Pb	Ni	Hg	Cr	Cd
1000	250	250	100	0,8	250	5

Як видно з табл. 4, загальний вміст важких металів у пшеничній соломі в більшості менший від середнього значення для соломи злакових культур і не перевищує граничний вміст важких металів (див. табл. 5). Це ще раз підкреслює доцільність її застосування у якості біопалива.

Слід відмітити також, що при використанні соломи у вигляді рулонів, пакунків і брикетів, в топку потрапляє і незначна кількість механічних домішок, таких як пісок і ґрунт. Поява цих домішок є наслідком підбирання соломи з валків на полі. Причому, більший відсоток ґрунту і піску знаходиться в тюках і рулонах, менший – в паливних брикетах.

Великі об'єми золи, які будуть утворюватися при спалюванні солом'яної біомаси в котлах будуть створювати екологічну небезпеку. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом утилізації золи з урахуванням наявності в золі важких металів. Для зменшення попадання важких металів в ґрунт і утилізації механічних домішок пропонується внесення в ґрунт в якості добрива тільки зольного залишку і циклонної золи. Із-за низької концентрації важких металів в таких видах золи, не буде ніяких екологічних перешкод відносно її внесення в ґрунт [5].

Фільтраційну золу, а її доля складає приблизно 10%, можна утилізувати шляхом промислової переробки за певних умов в дорожньому будівництві або додаванням в незначній кількості

до органічних добрив для подальшого внесення в ґрунт за умови недопущення граничного значення.

Калій в золі, який утворюється при спалюванні біомаси, нічим не відрізняється від промислових добрив.

Фосфор, який утворюється в золі при спалюванні біомаси, може лише частково підтримувати стабільний рівень фосфору в ґрунті, оскільки цей елемент в такій золі є в незначній кількості і слабо розчиняється в ґрунті. Проте, вміст фосфору в золі соломи вищий, ніж в золі спаленої деревини. Відновлення нестачі фосфору можливе за рахунок внесення відповідних мінеральних добрив.

Висновок. Оскільки значна частина соломи не використовується сільгоспвиробниками, а отже утилізується різними способами, в тому числі й спалюванням на полях, що призводить до значного антропогенного впливу на довкілля і втрати енергетичних можливостей АПК.

Приведений аналіз негативних наслідків від спалювання солом'яної біомаси в котлах та запропоновано на основі цього використання в енергетичних цілях соломи озимої пшениці.

Проведений аналіз досліджень застосування соломи як палива вказує на необхідність в майбутньому утилізації утвореної золи. Запропонований найбільш доцільних способів утилізації такої золи – використання її у якості добрива.

Список використаної літератури:

1. Билинска Е.Я. Возможности утилизации золы биомасы / Е.Я. Билинска, Е. Меллер, С. Станковски // Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка складирование: материалы III научно-практического семинара, 22-23 апр. 2012 г.: тези
2. Біомаса як паливна сировина / Г.Г. Гелетуца, М.М. Жовмір, Є.М. Олійник, С.В. Радченко // Пром. теплотехніка. – 2011. – т. 33. – №5. – С. 76–84.
3. Зеркалов Д. В. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс]: монографія / Д. В. Зерка-

лов. – Електрон. дані. – К. : Основа, 2012. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium; 512 Mb RAM; Windows 98/2000/XP; Acrobat Reader 7.0. – Назва з тит. екрана.

4. Справочник потребителя биотоплива / [В. Варес, Ю. Каськ, П. Муйсте. и др.]; под ред. Виллу Вареса. – Таллин: Таллинский технический ун-т, 2005. – 183 с.

5. Станковски С. Золошлаки от сжигания биомассы – ценные побочные продукты или отходы / С. Станковски, Р. Мациоровски, М. Гибжинска // Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка складирование: материалы IV научно-практического семинара, 19-20 апр. 2012 г.: тези доповідей. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – С. 106–109.

6. Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе / Программа развития ООН (ПРООН), Глобальный экологический фонд (ГЭФ), Департамент по энергоэффективности Государственного Комитета по Стандартизации; [составитель Норберт Вильдбахер]. – Минск, 2007. – 28 с.

Семирненко С.Л., Семирненко Ю.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ СОЛОМЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Определение путей, способов и перспектив использования биомассы в качестве альтернативного энергоносителя является одной из наиболее актуальных проблем. Поскольку значительная часть соломы не используется сельхозпроизводителями, а следовательно утилизируется различными способами, в том числе и сжиганием на полях, это приводит к значительному антропогенному воздействию на окружающую среду и потери энергетических возможностей АПК.

Приведен анализ негативных последствий сжигания соломенной биомассы в котлах и предложено на основе этого использование в энергетических целях соломы озимой пшеницы.

Проведенный анализ применения соломы в качестве топлива указывает на необходимость в будущем утилизации образованной золы. Предложен наиболее целесообразный способ утилизации такой золы – использование ее в качестве удобрения.

Ключевые слова: биотопливо, биомасса, отходы, утилизация, зола, шлакование, удобрения, добавки, тяжелые металлы, озимая пшеница.

Semirnenko Y.I., Semirnenko S.L. USE AS ENERGY WINTER WHEAT STRAW

Identify ways, means and prospects for the use of biomass as an alternative energy source is one of the most pressing problems of today and will facilitate the task of preserving health, conservation and restoration of the environment.

The optimal choice of raw materials for the production of fuel pellets will solve energy problems as well as problems of disposal of plant debris and improve soil fertility.

Since much of the straw is not used farmers and thus utilized in various ways, including burning of fields, resulting in significant human impact on the environment and loss of energy capacity of agriculture.

The analysis of the negative effects of biomass burning straw in boilers and proposed on the basis of the use for energy purposes straw winter wheat.

The analysis studies the use of straw as fuel indicates a need for future utilization of ash formed. The proposed utilization of the most appropriate ways such ash - use it as fertilizer.

Keywords: biofuels, biomass, waste, recycling, fly ash, slagging, fertilizers, additives, heavy metals, winter wheat.

Стаття надійшла в редакцію: 06.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.