# ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ ЯК ПАЛИВА

**Єсіпов Олександр Вікторович**, кандидат технічних наук, доцент,
Державний біотехнологічний університет,
e-mail: Iesipov_al@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7395-2892
**Ісагулов Богдан Дмитрович**, магістр,
Державний біотехнологічний університет,
e-mail: crossbons228@gmail.com

Особливе місце серед відновлюваних джерел енергії займає біомаса. Біопаливо можна отримувати з біомаси і впроваджувати як енергетичний ресурс, поступово витісняючи традиційне паливо. Біопаливо вважається альтернативою використанню викопного палива через його нижчий вуглецевий слід.

Рослинні відходи як паливо мають ряд негативних властивостей, яких вимагає достатньо ретельний підхід до їх застосування. Так, солома може містити хлор і лужні метали (табл. 1), завдяки чому утворюються хімічні сполуки, такі як хлорид натрію і хлорид калію. Ці сполуки викликають корозію сталевих елементів силового обладнання, особливо при високих температурах. Ще одна особливість соломи як палива температура плавлення золи відносно низька - 800-950 °С (для порівняння – в деревини ~1200 °С), що може призвести до зашлакованості енергетичних елементів обладнання.

Проте сьогодні у світі вже знайшли конструктивні та інші технологічні рішення, які мінімізують ці негативні наслідки та дозволяють успішно використовувати солому як паливо. Прикладами таких рішень є спільне спалювання вугіллям, дровами та іншими видами палива або використання не «жовтої» (свіжої) соломи, а «сірої», тобто з тривалим терміном зберігання на відкритому повітрі. Внаслідок «омивання» дощем «сіра» солома містить значно менше хлору та калію, ніж «жовта».

Щодо України, то цілком можна припустити, що вміст хлору та лужних металів у її соломі нижчий, ніж у соломі інших країн. Це зумовлено значним скороченням внесення мінеральних добрив під посіви за останні 20 років.

Стебла кукурудзи також містять хлор і лужні метали. За даними [9], вміст хлору становить 0,2 % від маси сухої речовини, що близько до показника «сірої» соломи. Вміст калію, виходячи з наявних даних для качанів кукурудзи, такий самий, як і в соломі (6,1 мг/кг сухої ваги). Температура плавлення золи в стеблах кукурудзи вища, ніж у соломі – 1050-1200 °С [5]. Це позитивний фактор з точки зору використання в якості палива. До того ж у стеблах кукурудзи майже на порядок менше сірки, ніж у соломі.

Проведене дослідження [6] показало можливість успішного спалювання тюків стебел кукурудзи в котлі, призначеному для тюкування соломи зернових культур. Однією з відмінностей було утворення більшої кількості золи – 9,2% для стебла кукурудзи проти 2,6% для соломи.

Таблиця 1 - Хімічний склад і деякі характеристики біопалива рослинного походження

| Показники | Свіжа солома («жовта») | Лежала солома («сіра») | Солома пшениці* | Стебла кукурудзи* | Стебла соняшника* | Деревна тріска (для порівняння) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вологість, % | 10-20 | 10-20 | нема даних | 45-60 (після збирання) 15-18 (висушені на повітрі) | 60-70% (після збирання) ~20** (висушені на повітрі) | 40 |
| Нижча теплота згоряння, МДж/кг | 14,4 | 15 | 17 (вища теплота згоряння) | 16,7 (с.р.) 5-8 (W 45-60%) 15-17 (W 15-18%) | 16 (W<16%) | 10,4 |
| Вміст летючих речовин, % | >70 | >70 | 73 | 67 | 73 | >70 |
| Зольність, % | 4 | 3 | 9,6 2,6 | 6,7 6-9 3,5; 5,3 | 10 12,2 | 0,6-1,5 |
| Елементарний склад, %: | | | | | | |
| вуглець | 42 | 43 | 43,1 | 45,5 | 44,1 | 50 |
| водень | 5 | 5,2 | 5,3 | 5,5 | 5,0 | 6 |
| кисень | 37 | 38 | 39,8 | 41,5 | 39,4 | 43 |
| хлор | 0,75 | 0,2 | 0,8 | 0,2 0,984 мг/г; 2-3 мг/г | 0,7 0,81 | 0,02 |
| калій (лужний метал) | 1,18 | 0,22 | 6,1 мг/кг с.р. | стрижні: 6,1 мг/кг с.р. | 5,0 | 0,13-0,35 |
| азот | 0,35 | 0,41 | 0,6 | 0,69; 0,3 | 0,7 | 0,3 |
| сірка | 0,16 | 0,13 | 0,2 | 0,04 | 0,1 | 0,05 |
| Температура плавлення золи, °C | 800-1000 | 950-1100 | 1040-1250 | 1050-1200 1100-1200 | 800-1270 | 1000-1400 |

*с.р. – суха речовина; W – вологість.*

** Дані по вмісту летючих речовин, зольності, елементарному складу – % маси сухої речовини. ** Експертна оцінка БАУ*

Щоб зменшити обсяг золи, рекомендується використовувати тюки стебел кукурудза не високої щільності (~105 кг с.р./м$^3$), а також низький і середній (~80 кг с.р./м$^3$). При цьому об’єм золи зменшується до 6,2%. Середній рівень викидів CO при спалюванні стебла кукурудзи була вищою, ніж для соломи (2725 мг/м$^3$ проти 2210 мг/м$^3$), а $NO_x$ і $SO_2$ – нижче (мг/м$^3$): 9,8 проти 40,4 та 2,1 проти 3,7 відповідно.

Зараз інформації про стебла соняшнику як паливо небагато. За даними [9], їхній елементний склад близький до складу соломи та стебел кукурудзи, але зольність вища – близько 10 % від маси сухої речовини. Вміст лужного металу калію також істотно вищий - до 5% маси с.р. На сьогоднішній день не знайдено прикладів виробництва енергії зі стебла соняшнику.

**Висновки**

На сьогоднішній день у світі накопичено досить великий досвід використання рослинних відходів сільського господарства для виробництва енергії. Данія, Китай, Іспанія та Велика Британія є прикладами країн, де успішно працюють комерційні солом'яні електростанції.

Україна має велику кількість рослинних відходів завдяки високорозвиненому сільському господарству. Основними з них є солома зернових культур, пожнивні рештки кукурудзи на зерно та соняшнику. Для можливості використання біомаси сільськогосподарського походження в енергетичних цілях необхідно забезпечити збір відповідних відходів.

## Література

M. Wachendorf. Thermal use of agricultural biomass. BOVA course ―Energy Crops and Biogas Production, 3-7 March 2008, Tartu, Estonia

Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк та ін. – К: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.

О. Поляков, А. Мінковський. Збирання врожаю – один із відповідальних етапів, який завершує процес вирощування культури // Пропозиція, 2014, №1

L. Nikolaisen, C. Nielsen, M.G. Larsen et al. Straw for Energy Production. Technology – Environment – Economy. The Centre for Biomass Technology, Denmark. 1998.

R. V. Morey, D. L. Hatfield, R. Sears et al. Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants

R. Morissette, Ph. Savoie, J. Villeneuve. Corn Stover and Wheat Straw Combustion in a 176- kW Boiler Adapted for Round Bales // Energies, 2013, N 6, p. 5760-5774.

Hoskinson R.L., Karlen D.L., Birrell S.J. et al. Engineering, nutrient removal, and feedstock conversion evaluations of four corn stover harvest scenarios // Biomass and Bioenergy 31 (2-3), p. 126-136.

База даних, створена в ході виконання Завдання 32 Міжнародного Енергетичного Агентства