

## ALTERNATIVE FUELS — A PROMISING DIRECTION FOR THE ENERGY COMPLEX OF UKRAINE

A. Osmak, A. Seregin

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Plant biomass waste  
Wood sunflower husks  
Renewable energy*

**Article history:**

Received 06.02.2014  
Received in revised form  
03.03.2014  
Accepted 28.03.2014

**Corresponding author:**

A. Osmak  
**E-mail:**  
ingmex@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The perspectives of processing biomass to raise it to the country's energy mix. The results of studies of fuel characteristics most commonly used renewable energy in Ukraine — wood waste and agricultural industries. In order to determine the flammability of the analysis of the chemical composition of the waste wood and sunflower husk. Presents estimates of effective thermal conductivity zasypok sunflower husks and wood waste (chips) depending on porosity, temperature and moisture content.

---

## АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА — ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

О.О. Осмак, О.О. Сєрьогін

Національний університет харчових технологій

*У статті обґрунтовано перспективу переробки рослинної біомаси з метою залучення її до паливного балансу країни. Наведено результати досліджень паливних характеристик найбільш розповсюджених відновлюваних джерел енергії України — відходів деревини і сільськогосподарських виробництв. З метою визначення горючості проведено аналіз хімічного складу відходів деревини і лушпиння соняшнику. Представлено розрахунки ефективної теплопровідності засипок з лушпиння соняшнику та відходів деревини (стружка) з урахуванням пористості, температури і вмісту вологи.*

**Ключові слова:** *рослинна біомаса, відходи деревини, лушпиння соняшнику, відновлювані джерела енергії.*

В останні роки на фоні стрімкого розвитку енергетичної кризи у всьому світі все більш актуальним стає залучення до паливного балансу економічно привабливих, альтернативних і відновлюваних джерел енергії. Розвиток відновлюваної енергетики має величезне значення з огляду на подальшу долю людства, оскільки горючі корисні копалини, що є основою виробництва

енергії на початку XXI ст., мають обмежені запаси, які рано чи пізно будуть вичерпані. Розроблення енергетичної концепції встановлення балансу між виробництвом і споживанням доступних енергоносіїв — єдиний вірний шлях економічного розвитку кожної країни.

Щорічно приріст біомаси у світі оцінюється в 200 млрд. т в перерахунку на суху речовину, що енергетично еквівалентно 80 млрд. т нафти. Біомаса — це четверте за значенням паливо у світі, яке забезпечує близько 2 млрд. т в рік (або 14 %) загального споживання первинних енергоносіїв. Аналіз енергетичних балансів зарубіжних країн свідчить, що частка відновлювальних джерел енергії в первинному енергоспоживанні країн Європейського Союзу та України становить у Латвії — 40,03 %, у Швеції — 29,63 %, у Фінляндії — 22,94 %, у Данії — 13,86 %, у Португалії — 12,82 %, у Франції — 6,03 %, в Україні — 1,7 % [7, 8].

З огляду на вищесказане, значним ресурсом для енергетики є залучення до паливного балансу країни хімічної енергії біомас. У розвинених країнах впровадження енергетичних технологій, що базуються на рослинній біомасі, відбуваються в межах законодавчої, економічної й організаційної підтримки держави. Наприклад, департаменти енергетики спільно з сільським господарством США здійснюють спільну програму з демонстрації енергетичних установок на біомасі [8].

Світовий досвід свідчить, що високий рівень енергозалежності не перешкоджає надійному й сталому забезпеченню енергетичних потреб та ефективному розвитку національної економіки. Проблемними питаннями забезпечення енергетичної безпеки залишаються висока залежність України від джерел імпорту енергоносіїв, що не дає змоги підвищити рівень інтегрального показника енергетичної безпеки й наблизити його до оптимального значення. Україна має не лише нагальну потребу у переході до енергетично ефективних та екологічно чистих технологій, а й відповідний потенціал альтернативної енергетики.

Враховуючи світовий досвід використання сучасних енергетичних технологій, науковці України все більше уваги приділяють залученню альтернативних відновлюваних видів палива до енергетичного балансу держави. Основними складовими потенціалу серед альтернативних джерел енергії в Україні є відходи деревини та сільськогосподарських виробництв і енергетичні культури. Шляхом залучення цього потенціалу до виробництва енергії можна задовольнити близько 13 % потреб України в первинній енергії [4, 6, 9].

Згідно з експертними оцінками, щорічний теоретичний потенціал біомаси становить близько 45 млн. т умовного палива (у.п.), технічно-досяжний — 32 млн. т у.п., а економічно доцільний — 24 млн. т у.п. (табл. 1) [9].

Серед сільськогосподарських відходів найбільший економічний потенціал мають відходи виробництва соняшнику (лушпиння, стебла), дещо менший — відходи виробництва кукурудзи (стебла, листя). Солома зернових культур та солома ріпаку посідають третє й четверте місця відповідно.

Однією з найбільш перспективних технологій отримання енергії, що набула широкого розвитку, є процес термічного перетворення рослинної біомаси. Перехід на використання твердого низькокалорійного палива —

досить складна проблема, яка потребує застосування принципово нових технологій, що, у свою чергу, повинні забезпечувати сучасні екологічні вимоги, бути більш економічними і менш чутливими до якості палива, яке використовується [2, 3, 10].

*Таблиця 1. Потенціал енергетичної біомаси в АПК України*

Вид біомаси	Енергетичний потенціал, млн. т у.п. на рік		
	теоретичний	технічний	економічний
Солома зернових культур	10,39	5,21	1,34
Солома ріпаку	1,65	1,15	1,15
Відходи кукурудзи і соняшнику (стебла, листя, лушпиння тощо)	9,97	6,85	5,65
Сировина для дизельного біопалива (ріпак, соняшник, соя тощо)	0,78	0,50	0,25
Сировина для біоетанолу (зерно, меляса тощо)	2,33	2,33	0,86
Сировина для біогазу (силос кукурудзи, гній тваринницьких ферм, харчові відходи тощо)	5,63	4,02	2,13
Енергетичні культури	14,58	12,39	12,39
Всього	45,33	32,45	23,77

Однією з найбільш перспективних технологій отримання енергії, що набула широкого розвитку, є процес термічного перетворення рослинної біомаси. Перехід на використання твердого низькокалорійного палива — досить складна проблема, яка потребує застосування принципово нових технологій, що, у свою чергу, повинні забезпечувати сучасні екологічні вимоги, бути більш економічними і менш чутливими до якості палива, яке використовується [2, 3, 10].

Основні паливно-технологічні характеристики рослинної біомаси, що використовується як паливо, мають низку особливостей, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів. Так, аналіз паливних властивостей залишків деревини показує їх значну схожість і незалежність від роду деревини і місця зростання. На відміну від деревини, теплотехнічні характеристики сільськогосподарських відходів значно різняться, в основному, за рахунок суттєвих коливань зольності і складу мінеральної частини.

Слід наголосити, що на паливні характеристики рослинної біомаси значний вплив чинять умови транспортування й зберігання. Наприклад, досвід показує, що відходи переробки деревини, які мають у момент утворення вологість  $W_p$  близько 40 %, після року зберігання можуть збільшити свою вологість до 68...70 % [1, 5].

Вибір шляхів переробки рослинної біомаси пов'язують із властивостями біомаси, технологічними можливостями її переробки в різних конкретних умовах. Одним із перспективних видів рослинної біомаси для утворення генераторного

газу є лушпиння соняшнику. Відомо, що на масложирових комбінатах, де проводиться первинна обробка плодів соняшнику, утворюється значна кількість лушпиння, яке, як правило, не піддається утилізації з отриманням додаткового прибутку. Зважаючи на це, у статті розглянуто доцільність утилізації лушпиння соняшнику шляхом газифікації з отриманням генераторного газу і подальшим виробництвом тепла й електроенергії за допомогою когенератора. Дослідження проводилися з групою основних видів рослинної біомаси, а саме: деревні відходи (щепа), сільськогосподарські відходи (лушпиння соняшнику).

Аналіз хімічного складу лушпиння соняшнику (визначення горючості) підтверджує, що його характеристики наближені до характеристик палива рослинного походження — деревини (табл. 2). Враховуючи цю властивість, доцільно газифікувати лушпиння соняшнику з метою отримання генераторного газу і мінерального залишку у вигляді золи.

*Таблиця 2. Хімічний склад рослинної біомаси*

Найменування палива	Склад палива % (мас.)							Теплотворна здатність кДж/кг ккал/кг
	Cdt	Hdt	Od	Sdt	Nd	Wrt	Ad	
Лушпиння соняшнику	50,92	6,31	33,2	0,17	1,12	4,66	3,62	6450 1543
Відходи деревини (сосна)	50,2	6,0	43,4	—	0,4	20,0	1,2	4710 1125

Відходи мають близький елементний склад за вмістом вуглецю (близько 50 %) і кисню (42 %). Низький вміст сірки і помірний вміст азоту свідчать про те, що викиди оксидів сірки й азоту при будь-якій технології спалювання навряд чи перевищать 600 мг/м<sup>3</sup>. Також слід зазначити, що вказані сільськогосподарські відходи — це високореакційне паливо з великим (близько 80 %) виходом летких.

Під час утилізації відходів використовують технології, які базуються на процесах, що не передбачають зміну агрегатного стану основних компонентів [3]. У зв'язку з цим досить перспективним є отримання економічного й екологічного ефектів від використання технологій, заснованих на зміні агрегатного стану речовин відходів, тобто з їх переведенням від твердого в рідкий або газоподібний стан. Вирішення цього завдання значно спрощує те, що в лушпинні соняшнику наявний вуглець, який можна перетворити на горючий генераторний газ, завдяки чому створюється дешева енергетична база для технологій, що використовують зміну агрегатного стану початкових продуктів.

Накопичений досвід, технічні й економічні можливості дають змогу стверджувати, що найбільш доцільним є застосування термохімічних процесів газифікації в газогенераторах [3, 10]. У процесі газифікації вуглець, що міститься в лушпинні соняшнику, переходить з твердого агрегатного стану в газоподібний, в основному у вигляді монооксиду і двоокису вуглецю, за одночасного утворення водню і метану. Середні значення результатів експериментальних досліджень термічного перетворення лушпиння соняшнику і відходів деревини наведені в табл. 3.

## ТЕПЛО- І ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Таблиця 3. Склад генераторного газу з лушпиння соняшнику

Компонент генераторного газу	Вміст в генераторному газі % мас.	
	лушпиння соняшнику	відходи деревини (сосна)
Вихід генераторного газу, м <sup>3</sup> /кг	2,21	2,4
Теплотворна здатність, кДж/м <sup>3</sup> (ккал/м <sup>3</sup> )	6117 (1460)	4710 (1125)
CO <sub>2</sub>	12,1	11,0
O <sub>2</sub>	0,3	0,4
CO	16,0	13,6
H <sub>2</sub>	16,9	17,6
CH <sub>4</sub>	6,3	3,0
N <sub>2</sub>	48,4	54,4
Разом	100,0	100,0

\* генераторний газ, отриманий при газифікації сировини на дослідно-промисловій установці ГЕКА-3; аналіз хімічного складу виконаний у хімічній лабораторії АК «САТЕР»

Варто підкреслити, що газифікація проходить з виділенням тепла, кількість якого достатня для розігріву всієї маси сировини і здійснення цілого ряду технологічних процесів.

Важливою характеристикою рослинної біомаси, що використовується як тверде біопаливо, є її газова проникність. Експерименти проводилися на лушпинні соняшнику та відходах деревини (стружка) при різній висоті засипки й вологості (10 % і 75 %). Узагальнені результати експериментів представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Газова проникність рослинної біомаси (лушпиння, стружка) при вільній засипці

Лушпиння соняшнику		
вологість, %	10	75
K, м <sup>2</sup>	$10,6 \cdot 10^{-9}$	$9,1 \cdot 10^{-9}$
Відходи деревини (стружка)		
вологість, %	10	75
K, м <sup>2</sup>	$5,8 \cdot 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-9}$

Результати розрахунків ефективної теплопровідності засипок з лушпиння соняшнику та відходів деревини (стружка) з урахуванням пористості, температури й вмісту вологи наведені на рис. 1 і 2.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що теплопровідність лушпиння соняшнику при пористості 0,4 і при підвищенні температури до 600 К практично не змінюється, навіть спостерігається незначне його зменшення. При підвищенні температури засипки вище 600 К спостерігається тенденція до збільшення теплопровідності лушпиння соняшнику.

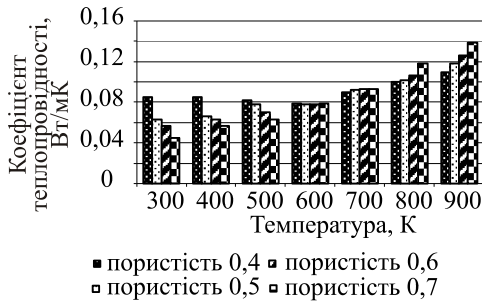


Рис. 1. Теплопровідність лушпиння соняшнику

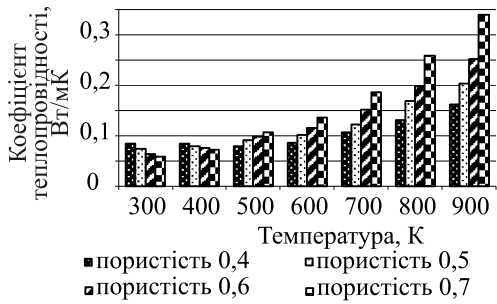


Рис. 2. Теплопровідність відходів деревини

Також слід зазначити, що при збільшенні пористості структури теплопровідність лушпиння соняшнику зростає в усьому діапазоні температур. Залежність теплопровідності відходів деревини має зростаючий характер і залежить від температури у всьому дослідженому діапазоні. Це пов'язано з тим, що розмір частинок відходів деревини на порядок вищий і промениста складова теплопровідності більше впливає за низьких температур.

Одним із побічних продуктів процесу термохімічної конверсії лушпиння соняшнику є зола. Зола — це складна, різнорідна речовина, що складається з декількох класів мінеральних домішок. Відомо, що в будь-яких рослинах в їх органічній масі містяться елементи, що входять до складу ферментів клітин (марганець, кобальт, молібден тощо). При термічній обробці лушпиння соняшнику утворюються тверді і газоподібні продукти. Хімічний склад золи лушпиння соняшнику, отриманої при газифікації, наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Хімічний склад золи лушпиння соняшнику і деревини

№ п/п	Найменування оксиду	Вміст (% мас) в	
		зола деревини	лушпиння соняшнику
1	SiO <sub>2</sub>	5,0	5,2
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,5	1,45
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,0	1,9
4	CaO	46,9	14,2
5	MgO	8,0	9,7
6	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,0	19,4
7	K <sub>2</sub> O	18,0	32,15
8	Na <sub>2</sub> O		0,3

### Висновки

1. Підтверджено доцільність використання рослинної біомаси як палива в регіонах, позбавлених централізованого енергопостачання і доступних ресурсів викопного палива, та на підприємствах з переробки деревини й сільськогосподарської продукції (деревообробні та целюлозно-паперові комбінати, оліе-екстракційні заводи тощо), де утворюються велика кількість відходів переробки рослинної сировини.

2. Залучення в паливний баланс країни рослинної біомаси надасть можливість істотно знизити потребу в традиційних видах палива (нафта, природний газ, мазут, вугілля тощо) й одночасно вирішити екологічні завдання, пов'язані з утилізацією та накопиченням органічних відходів.

3. Проведені дослідження підтверджують необхідність детального врахування характеристик твердої біомаси при створенні обладнання для її використання як основного палива.

### **Література**

1. *Богданович В.П.* Перспективы использования альтернативного топлива в сельском хозяйстве [Текст] / В.П. Богданович, Н.В. Шевченко // Техника в сельском хозяйстве. — 2012. — № 5. — С. 38—40.

2. *Dubrovin V., Melnychuk M.* Agricultural & environmental engineering for Bioenergy Production / Proceedings of the 33TH CIOSTA & 5TH cigr Conference — Reggio Calabria. — 2009. — Vol. 2. — P. 1121—1123.

3. *Волостнов Б.И.* Энергосберегающие технологии и проблемы их реализации [Текст] / Б.И. Волостнов, В.В. Поляков, В.И. Косарев // Информационные ресурсы России. — 2010. — № 3. — С. 12—16.

4. *Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Жовмир Н.М., Матвеев Ю.Б.* Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине // Промышленная теплотехника. — 2005. — Т. 27. — № 1. — С. 78—85.

5. *Желих В.М.* Нетрадиційні джерела енергії / О.Т. Возняк, Ю.С. Юркевич — Львів: В-во НУ «Львівська політехніка», 2009. — 83 с.

6. *Калетник Г.М.* Біопаливна галузь і енергетична та продовольча безпека України / Г.М. Калетник // Вісник аграрної науки. — 2009. — № 8 — С. 62—64.

7. *Каныгин П.* Альтернативная энергетика в ЕС: возможности и пределы [Текст] / П. Каныгин // Экономист. — 2010. — № 1. — С. 49—57.

8. *Перспективы* мировой энергетики [Текст]: WEO 2009 // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. — 2010. — № 6. — С. 71—85.

9. *Потенциал* и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Украине [Текст] / Н.М. Мхитарян [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. — 2011. — № 8 (100). — С. 150—163.

10. *Превращение* органических отходов сельского хозяйства в топливо для альтернативной энергетики [Текст] / С.М. Абрамов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2010. — № 1. — С. 8—11.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА — ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНЫ**

**А.А. Осьмак, А.А. Серёгин**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье обосновано перспективу переработки растительной биомассы с целью привлечения ее к топливному балансу страны. Приведены результаты*

исследований топливных характеристик наиболее распространенных возобновляемых источников энергии Украины — отходов древесины и сельскохозяйственных производств. С целью определения горючести проведен анализ химического состава отходов древесины и лузги подсолнечника. Представлены расчёты эффективной теплопроводности засыпок из лузги подсолнечника и отходов древесины (стружка) в зависимости от пористости, температуры и содержания влаги.

**Ключевые слова:** растительная биомасса, отходы древесины, лузга подсолнечника, возобновляемые источники энергии.