

# ЕНЕРГІЯ БІОМАСИ: ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ В УКРАЇНІ

*А.А. Голубенко, Н.М. Цивенкова*

*Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир*

*Проведена оцінка відновлювальних сировинних баз дешевих альтернативних палив на Україні. Подана техніко-економічна характеристика умов і методів, які забезпечують найвищу економіко-екологічну ефективність використання різних видів місцевого палива на основі біомаси. Розглянуто роль паливної біомаси в подоланні енергетичної кризи в Україні.*

## BIOMASS ENERGY: WAYS OF ENERGY CRISIS OVERCOMING

*Anna Golubenko, Nataliya Tsyvenkova*

*Zhytomir national agroecological university*

*The estimation of renewed raw-material bases of cheap alternative fuels in Ukraine is lead. The technical and economic characteristics of conditions and methods providing for the highest economic and ecological efficiency of using various kinds of local biomass-based fuel are given. The role of fuel biomass in energy crisis overcoming in Ukraine is done.*

**Постановка проблеми.** Скорочення споживання природного газу, з огляду на складну енергетичну ситуацію, є однією з найактуальніших проблем для України. Ціна природного газу постійно зростає, через що ряд галузей народного господарства опинився на межі виживання. Постало питання швидкого розвитку альтернативних джерел енергії та впровадження енергоощадних технологій. Одним з основних шляхів скорочення споживання природного газу в Україні може стати широке застосування технологій виробництва енергії з місцевих відновлюваних видів палива, в першу чергу – з біомаси.

Сьогодні біомаса за значенням посідає четверте місце серед палив і забезпечує близько 2 млрд.т.у.п. на рік (це від 14% до 50% загального споживання первинних енергоносіїв за даними різних країн світу). Виробництво енергії з біомаси динамічно розвивається і в більшості європейських країн.

США споживають біля 800 млн.т. нафти, потреба в нафті на Україні складає близько 30–40 млн. т. В подальшому споживання нафти в світі буде зростати. При цьому Україна має величезний біоенергетичний потенціал, який, за умови розвитку високоефективних технологій переробки, може створити реальну альтернативу імпортованим паливам викопного походження. Україна споживає біомасу переважно у вигляді деревинного палива - близько 1 млн.т.у.п./рік при традиційному спалюванні дров для опалення приватних будинків і в котлах [1], встановлених на підприємствах лісової та деревообробної промисловості.

Але справа не тільки в самій біомасі – важливі ефективні технології її перетворення в різні види енергії, вони ж в Україні перебувають на початковій стадії розвитку, хоча і мають значні перспективи для комерціалізації в найближчому майбутньому, особливо за умови подальшого підвищення вартості природного газу. Таким чином, процес широкого впровадження біоенергетичних технологій треба починати із введення в експлуатацію сучасних газогенераторних установок для спалювання деревинних відходів, соломи та торфу. Інші технології виробництва енергії з біомаси (біогаз, пальне, енергетичні культури) - не менш

важливі і набудуть пріоритетного значення в найближчому майбутньому за умови підтвердження конкурентоспроможності їхніх економічних показників.

**Аналіз останніх досліджень та постановка завдання.** Проведені дослідження показують, що вартість палива складає 20–30 % і 5–7 % від вартості продукції рослинництва і тваринництва відповідно. Отже, здешевлення палива в 2 рази приведе до зниження собівартості продукції рослинництва на 10–15 % і тваринництва на 25–35 %.

Згідно зі статистичними даними, в 2002 р. для потреб сільського господарства було використано 4,3 млн. т. пального нафтового походження на загальну суму близько 8 млрд. грн. В той же час потенційні ресурси надлишку соломи і стебел складають в середньому 21 млн. т. (або 10,1 млн. т. у.п.) [2]. Отже, потенційні ресурси соломи і стебел майже у 2,62 рази перевищують річні потреби в паливі для проведення сільськогосподарських робіт, тобто тільки частина ресурсів соломи і стебел може бути використана для потреб сільськогосподарської техніки, і це не враховуючи запасів деревини та інших аналогічних видів палива. Сумарні потенційні ресурси надлишку відходів деревини (включаючи кору) в лісовому господарстві та деревопереробних галузях промисловості становлять 3743 тис. м<sup>3</sup> [3], що еквівалентно 984 тис. т.у.п. Вирощування швидкоростучих рослин дає можливість отримувати 10–11 т. біомаси з 1 гектару насаджень. В цілому по Європі на долю біомаси приходить 135 млн. т. нафтового еквіваленту (н.е.) – за даними 2003–2005 р – і безупинно зростає [4].

Важливим також є те, що сільськогосподарська техніка, яка працює на газогенераторному паливі, дозволяє значно зменшити викиди в атмосферу вихлопних і парникових газів. Тобто виникають потенційні можливості продажу одиниць зниження викидів CO<sub>2</sub> та інших парникових газів, якої було б досягнуто при оснащенні сільськогосподарської техніки газогенераторами (за попередніми розрахунками ці заходи зменшать кількість шкідливих викидів до 38 млн. т. за рік). Таким чином, використання газогенераторів в сільському господарстві дозволить залучити додаткові кошти (≈ 340 млн. євро/рік), що можуть бути інвестовані в подальший розвиток використання альтернативних видів палива [5].

Таким чином, газогенератори в Україні набувають популярності з точки зору комерційного використання. Використання газогенераторних автомобілів на Україні на відміну від ряду Західноєвропейських країн визначається не жорсткою екологічною політикою, а економічною доцільністю використання місцевих видів палива. Порівняльні характеристики використанні біомаси в якості палива в порівнянні з природним газом і дизельним паливом представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Порівняльні характеристики різних видів палива**

Найменування показника	Дизельне пальне		Стиснутий газ		Біомаса	
	од. виміру	величина	од. виміру	величина	од. виміру	величина
Витрати пального	л./100км	15...25	м <sup>3</sup> /100км	40...55	т./100км	0,11...0,16
Вартість пального	грн./л.	1,78...2,1	грн./м <sup>3</sup>	0,38...0,39	грн./т.	36,5...37,5
Витрати на пальне	грн./100км	26,7...52,5	грн./100км	15,3...21,2	грн./100км	4,17...6
Витрати на транспортування	$\frac{грн}{т \cdot 100км}$	30...34	$\frac{грн}{м^3 \cdot 100км}$	8...10	$\frac{грн}{т \cdot 100км}$	15...17
Вартість золи як мінерального добрива	-	-	-	-	грн./кг	4...4,5
Оплата праці водіїв	грн./100км	2,5...3,5	грн./100км	-	грн./100км	2,7...3,9
Загальні експлуатаційні витрати	грн./100км	≈59...90	грн./100км	≈23,3...31	грн./100км	18...22

Характеристики різних видів біомаси з точки зору їх використання в якості палива для газогенераторних установок, представлені в табл. 2. Найбільш перспективними сьогодні є використання в якості газогенераторного палива

соломи та сухих стебел, що фактично є відходами сільськогосподарського виробництва, а також палив на основі торфу, особливо для областей, які мають його великі запаси.

Як свідчить закордонний досвід, вартість деревної біомаси залежить від відстані транспортування. Так у Швеції вартість деревної тріски/гранул для дрібних споживачів при транспортуванні на 50, 100 і 200 км складає відповідно 4,0/8,3; 4,4/8,6; 5,3/9,1 євро за 1 ГДж. За фінськими даними, вартість відходів лісозаготівель складає від 2,3 євро за 1 ГДж. при транспортуванні на 20 км. до 2,9 євро за 1 ГДж. при транспортуванні на 100 км. З урахуванням значного впливу на вартість відстані транспортування, ресурси біомаси, потенційно доступної для виробництва моторного палива по регіонам України наведені в [2].

Таблиця 2

Характеристика різних видів біомаси як палива

Найменування палива	Розмір кусків палива, мм	Вміст шкідливих домішок, % за вагою		Температура плавлення попелу, °С	Теплота згорання кВт·ч/кг		Об'ємна щільність *, кг/м <sup>3</sup>	Енергетична щільність, кВт·год/м <sup>3</sup>
		вологи W <sup>p</sup>	золи А <sup>c</sup>		вища**	нижча*		
Дизельне пальне	-	-	-	-	-	11,8		
Бензин АИ-93	-	-	-	-	-	12,2		
Дерев'яні цурки	50×50×60	20	1	1400	5,5	4,8		
Деревинне вугілля	5-25	20	до 3	1400	5,6	4,8		
Деревно-вугільні брикети	Ø20, h=15	12	до 3	1400	10,5	8,5		
Дерев'яні гранули		10	1,5	1400	5,5	4,6	600	2756
Деревинні щіпки твердих порід		50	1,5	1400	5,5	2,2	450	1009
Теж просушені***		30	1	1400	5,5	3,4	320	1094
Деревинні тріски м'яких порід		50	1,3	1350	5,5	2,3	350	785
Теж просушені***		30	0,8	1350	5,5	4	250	855
Торф'яний кокс	10-25	5-8	$\frac{6}{4-8}$	1200	-	9,6	240	
Малозольний торф	50×60	30	до 4	1500	10	7,5		
Багатозольний торф	50×60	30	до 8	1500	10	7,5		
Хлібні злаки****		15	0,8	1050	5,2	4	175	703
Солома озимої пшениці****1		15	0,8	1050	5,2	4	120	482
Кора		50	1,2	1150	5,6	2,3		727
Трава****		18	1	1050	5,1	3,8		750
Антрацит	5-16	6	$\frac{6}{4-8}$	1250	-	13,5		

\* Розрахунок за масою вологої сировини.; \*\* Розрахунок за масою сухої сировини; \*\*\* Сушка проводилась протягом 6 міс.; \*\*\*\* У вигляді сильно спресованих брикетів.

Дослідами було встановлено, що будь-який вид твердого палива, призначеного для газогенераторних автомобілів, повинен мати: певний розмір фракції; певну вологість; мінімальну кількість шкідливих домішок, зокрема золи; температура плавлення попелу не повинна перевищувати певні межі; мінімальний вміст летючих, не більший за норму; високі реакційні властивості; достатню механічну міцність; здатність до транспортування; високу теплотворну здатність в одиниці об'єму; невисоку вартість (включаючи вартість підготування та транспортування).

При цьому перші сім показників забезпечують гнучкість та стійкість процесу газифікації, надійність роботи газогенератора та періодичність завантаження палива.

**Об'єктом дослідження** є біомаса, як важливий відновлюваний елемент енергетичних запасів країни, джерело дешевої енергії.

**Предметом дослідження** є виявлення характеристик різних видів біомаси, як палива, аналіз перспективних високоефективних технологій отримання енергії з біомаси, визначення пріоритетних шляхів розвитку цих технологій в галузях сільського та лісового господарств України.

**Завданням дослідження** є теоретичне узагальнення властивостей біомаси як джерела енергії, виокремлення найбільш перспективних за даних умов шляхів переробки біомаси в енергію, таких як використання газогенераторних установок, з метою подолання енергетичної кризи в найбільш вразливих галузях народного господарства.

### **Результати досліджень**

Проведені експерименти показали що найбільш перспективними з точки зору розширення номенклатури використаних палив на основі біомаси є газогенератори з оберненим процесом газифікації, оскільки вони відмінно працюють на різних її видах.

Процес газифікації твердих палив в основному протікає за наступною схемою: спочатку при відносно низьких температурах (до 160 °С) випаровується волога, а потім починається термічне розкладання органічної маси. По мірі протікання процесу видаляється кисень, водень, азот, а залишок збагачується воднем.

На початкових стадіях при температурах нижче 200°C кисень виділяється в основному у вигляді двооксиду вуглецю і пірогенетичної води. У цьому температурному інтервалі відбувається відщиплення функціональних груп, супроводжуване реакціями конденсації радикалів, що залишаються. Азот палива виділяється у вигляді аміаку, інших азотистих з'єднань і у вільному вигляді. Кисень, що міститься в паливі, крім зазначених продуктів починає перетворюватися у феноли, жирні кислоти й інші речовини, що містять кисень.

Газ з низькою теплоотою згоряння утворюється при використанні повітряного чи пароповітряного продування. У відповідності з цим його називають повітряним чи пароповітряним (змішаним). Він характеризується великим вмістом азоту (до 40 – 50 % (об.)), що обумовлює низьку теплооту згоряння.

Гази з середньою теплоотою згоряння отримують в процесах парової чи парокисневої газифікації в сучасних автомобільних газогенераторах під тиском 2-2,5 МПа. За складом вони представляють собою суміші азоту, водню, оксидів вуглецю, з невеликою кількістю метану та інших вуглеводнів.

Основна вимога до сучасних газогенераторів - одержання генераторного газу заданого складу з різних видів біомаси при сталій конструкції газогенератора. Це досягається шляхом підбора концентрації (СО) і зменшення вмісту вихідної речовини (СО<sub>2</sub>). В реальних умовах газифікації рівноважний стан, як правило, не досягається, тому концентрації СО, Н<sub>2</sub> і СН<sub>4</sub>, а також ступінь розкладання водяної пари завжди нижче рівноважних.

В залежності від реакційної здатності різних видів палива визначають доцільність їхньої газифікації тим чи іншим способом. Використання сучасних досягнень в галузі електроніки, які дозволяють контролювати і скеровувати процеси газифікації палив в пальнику (температура, турбонаддув, об'ємні витрати газогенераторного газу), в поєднанні з новими видами фільтрів в установці дозволяє значно підвищити якість газогенераторного газу. Ці заходи, наряду з підвищенням ступеню стискування, дозволяють перевести бензинові та дизельні двигуни сільськогосподарських машин на використання генераторного газу практично без втрати потужності. В результаті роботи встановлено ряд недоліків, які обмежують використання біомаси, як палива для газогенераторних установок:

– властивості біомаси, такі як підвищена вологість вихідної сировини, низька температура плавлення попелу, підвищена зольність, низька об'ємна щільність вимагають особливих підходів до організації процесу газифікації;

- такі особливості технологічного циклу отримання газогенераторного газу з біомаси, як необхідність перемішування сировини та складності, пов'язані із її завантаженням, вимагають нових конструктивних рішень.

Вирішення цих проблем дозволить значно підвищити ефективність використання біомаси в якості дешевого поновлюваного джерела енергії.

Сьогодні в якості провідної технології отримання енергії з біомаси доцільно використовувати газогенераторні установки. Подальші роботи слід спрямувати на усунення виявлених проблем, що створить тенденцію переважного використання газогенераторних установок, в першу чергу в сільському господарстві.

#### **Висновки**

1. Україна має значний потенціал біомаси, доступний для отримання газоподібних моторних палив. Біомаса (без долі, яка використовується іншими секторами економіки) може забезпечити на 100 % загальні потреби сільського господарства України в моторному паливі.

2. Впровадження автотракторних газогенераторних установок в сільському господарстві технічно можливе, економічно вигідне, екологічно доцільне.

3. Технологія використання біомаси в якості газогенераторного моторного палива досягла комерційного рівня, отримала широке використання в розвинутих промислових країнах та високо затребувана на Україні.

4. Пріоритет використання біомаси в якості моторного палива передбачено в “Енергетичній стратегії України на період до 2020 року та подальшу перспективу”, та в Національній енергетичній програмі України до 2010 року, на основі закону “Про альтернативні види рідкого та газоподібного палива” (№ 1391-ХІV від 14.01.2000 р.), відповідно до якого даний напрямок може отримувати інвестиційну підтримку від держави, а тому має високу ймовірність успішного впровадження.

5. Розвиток використання автотракторних газогенераторів в сільському господарстві приведе до заміни приблизно 4,3 млн. т.у.п. на місцеві відновлювальні ресурси біомаси, що зменшить залежність галузі від імпортованих енергоносіїв, підвищить конкурентоспроможність виробленої продукції.

#### **Перспективи подальших досліджень**

Технологія перетворення біомаси в газоподібне моторне паливо знаходиться на початковому розвитку в Україні та має гарні перспективи комерціалізації в близькому майбутньому. Подальші дослідження слід зосередити на активній роботі з реалізації технічних заходів, спрямованих на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів на основі поновлюваних місцевих видів палив і відходів виробництва, що створить передумови для подальшого стійкого розвитку економіки України за рахунок ресурсозбереження і зниження енергоємності продукції. Слід також стимулювати роботи з стандартизації твердих палив на основі біомаси, які є необхідною умовою і запорукою успіху вищевказаних перспектив.

#### **Література**

1. Г.Г. Гелетуха *Енергія з біомаси 2008//Зелена енергетика.–2008.–№3.–С. 24.*
2. Г.Г. Гелетуха *Развитие биоэнергетической технологии в Украине / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная, С.В. Тишаев, С.Г. Кобзарь// Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. - №3. – С. 3-11.*
3. Л.М. Шугуров *Автомобили России и СССР. - М.: ИЛБИ, 1993. – Т.1. - 256 с.*
4. Г.Г. Гелетуха *Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999.-Ч.1. - №5. – С. 3-12.*
5. *Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. - Bruxelles, 1997. – 53 p.*