

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ВІД ОБРІЗКИ ТА ВИДАЛЕННЯ БАГАТОРІЧНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ НАСАДЖЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Гелетуха Г.Г., канд. техн. наук, Желєзна Т.А., канд. техн. наук, Драгнєв С.В., канд. техн. наук, Баштовий А.І., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

Представлено потенціал, поточний стан та перспективи виробництва біопалива та енергії з біомаси, отриманої від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень в ЄС. Проаналізовано місце деревної біомаси в енергетичному потенціалі біомаси та у його практичному використанні в Україні. Розглянуто передумови для залучення біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень до енергетичного сектору України.

Представлены потенциал, текущее состояние и перспективы производства биотоплива и энергии из биомассы, полученной от обрезки и выкорчевывания многолетних сельскохозяйственных насаждений в ЕС. Проанализировано место древесной биомассы в энергетическом потенциале биомассы и его практическом использовании в Украине. Рассмотрены предпосылки для вовлечения биомассы от обрезки и выкорчевывания многолетних сельскохозяйственных насаждений в энергетический сектор Украины.

The potential, state of the art and prospects for the production of biofuel and energy from biomass obtained from agrarian pruning and plantation removal in the EU are presented in the paper. The paper analyzes the place of wood biomass in the biomass energy potential and its practical use in Ukraine. Preconditions for involving biomass from agrarian pruning and plantation removal in Ukraine's energy sector are considered.

Бібл. 8, табл. 4.

Ключові слова: біоенергетика, біомаса, біопаливо, потенціал біомаси, біомаса від обрізки насаджень.

БМ – біомаса;
БСН – багаторічні сільськогосподарські насадження;
ОВБСН – обрізка та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень;
ОЦР – органічний цикл Ренкіна;
ПТК – промислово-торгівельна компанія;

ТЕС – теплова електростанція;
ЦТ – централізоване теплопостачання;
W – вологість;
н.е. – нафтовий еквівалент;
с/г – сільське господарство;
с.р. – суха речовина.

Місце деревної біомаси в енергетичному потенціалі біомаси в Україні та його використанні

Однією з передумов успішного розвитку біоенергетики у будь-якій країні є наявність достатніх ресурсів біомаси. Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії – понад 21 млн. т н.е./рік за даними 2016 року (табл. 1). Його основними складовими є відходи та побічні продукти сільського господарства (9,0 млн. т н.е./рік, або 43 % загального потенціалу) і енергетичні культури (7,5 млн. т н.е./рік, або 35 %). Внесок деревної біомаси є відносно невеликим і становить близько 2,6 млн. т н.е./рік, або 12 % загального енергетичного потенціалу біомаси.

Деревну біомасу для енергетичних потреб можна умовно розділити на таку, що походить із традиційних джерел (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки) та із додаткових джерел (сухостій, деревина від реконструкції захисних лісосмуг, відходи від обрізки або викорчовування БСН, таких як фруктові сади та виноградники). Оцінка потенціалу деревної біомаси, що може бути отримана із додаткових джерел, почала виконуватися порівняно недавно і потребує подальшого уточнення [1].

Ситуація з реальним споживанням біомаси для

виробництва енергії та біопалив в Україні є протилежною структурі потенціалу біомаси. Наразі найбільш активно використовується деревна біомаса, а застосування потенціалу відходів та побічних продуктів аграрного походження залишається на низькому рівні. За оцінками фахівців Інституту технічної теплофізики НАН України, поточне використання енергетичного потенціалу деревної біомаси складає більше 83 % (за даними 2015 р.), тоді як використання потенціалу соломи зернових та ріпаку – лише 2,4 %, а інших видів твердої сільськогосподарської біомаси – практично 0 % (табл. 2). В середньому енергетичний потенціал біомаси України використовується на 9,5 %.

Аналіз структури споживання біомаси для енергетичних потреб свідчить про необхідність більш широкого використання біомаси аграрного походження та енергетичних культур. Паралельно з цим треба залучати до цього процесу деревну біомасу із так званих додаткових джерел, зокрема відходи від обрізки та видалення (викорчовування) багаторічних сільськогосподарських насаджень. Деревна біомаса цього виду в Україні майже не використовується, хоча її потенціал, доступний для енергетики, становить близько 109 тис. т н.е./рік, і вона може бути дешевим місцевим паливом.

**Потенціал та приклади використання біомаси
ОВБСН для виробництва енергії в ЄС**

В Європейському Союзі використання біомаси, отриманої від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень, для потреб енергетики є відносно новим напрямком, який наразі активно

досліджується і розвивається. Вивченню даного питання був присвячений проект EuroPruning 7-ї Рамкової Програми ЄС [2] (закінчений у 2016 р.), аналогічне дослідження наразі продовжується у рамках проекту uP_runing Програми ЄС Горизонт 2020 [3].

Табл. 1. Енергетичний потенціал біомаси в Україні (2016 р.)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Потенціал, доступний для енергетики	
		Частка теоретичного потенціалу, %	млн. т н.е.
Солома зернових культур	36,1	30	3,75
Солома ріпаку	2,1	40	0,29
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	36,5	40	2,79
Побічні продукти виробництва соняшника (стебла, корзинки)	25,9	40	1,48
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшника)	2,0	86	0,71
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	6,6	94	1,55
Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг, відходи ОВБСН)	8,8	44	1,03
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,16
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	0,66
Біогаз з відходів та побічної продукції агропромислового комплексу	1,6 млрд. м ³ CH ₄	50	0,68
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,6 млрд. м ³ CH ₄	34	0,18
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд. м ³ CH ₄	23	0,19
Енергетичні культури:			
- верба, тополя, міскантус*	11,5	100	4,88
- кукурудза (на біогаз)*	3,0 млрд. м ³ CH ₄	100	2,57
Торф	-	-	0,28
Всього	-	-	21,22

* За умови вирощування на 1 млн. га незадіяних сільськогосподарських земель.

Площа багаторічних сільськогосподарських насаджень (фруктових садів, виноградників, оливкових та інших дерев) в ЄС складає 10,6 млн. га. Найбільші площі БСН розташовані в Іспанії (4 млн. га), Італії (2,3 млн. га), Франції (1 млн. га), Греції (0,9 млн. га), Португалії (0,7 млн. га). Річний вихід біомаси від обрізки БСН становить в середньому 2...3 т/га для виноградників, оливкових дерев, кісточкових культур та 1,5...4 т/га для зерняткових культур. Енергетичний потенціал цієї біомаси в ЄС оцінюється у 20...25 млн. т/рік. При видаленні багаторічних сільськогосподарських

насаджень можна отримувати 20...30 т/га, енергетичний потенціал цього виду біомаси в ЄС складає близько 15 млн. т. Загальний потенціал біомаси ОВБСН в Євросоюзі сягає 20 млн. т с.р./рік [4-6].

До недавнього часу загальнопоширеною практикою утилізації обрізок було спалення на місці їх утворення або подрібнення та прикопування у ґрунт. Але протягом кількох останніх років спостерігається стійка тенденція добровільної чи законодавчо закріпленої відмови від спалювання біомаси ОВБСН як засобу утилізації. Натомість активно розвивається енергетичне викори-

стання обрізок, в основному, як дров для місцевого населення (табл. 3) [7].

Основною причиною поточного низького рівня залучення біомаси ОБСН до ринку біопалива ЄС є проблеми логістики (збір, подрібнення, доставка), викликані розосередженістю багаторічних сільськогосподарських насаджень та порівняно невеликою площею одиничного насадження. Проектом uP_runing Програми ЄС Горизонт 2020, який триватиме протягом 2016-2019 рр., передбачено подолання існуючих бар'єрів в даному сегменті біоенергетики і створення умов для практич-

ного використання до 50 % енергетичного потенціалу біомаси ОБСН Євросоюзу (що еквівалентно близько 7 млн. т н.е./рік) до 2030 року. Фахівці ІТТФ НАН України беруть участь у проекті uP_runing з боку України.

Вже сьогодні у країнах ЄС є багато прикладів успішної реалізації проектів із виробництва біопалива та енергії з біомаси ОБСН. Інформація по деяким з них, що являють собою «кращі практики», представлена у табл. 4.

Іспанська компанія «Pelets Combustible de la Mancha S.L.» є найкрупнішим у світі виробником пе-

Табл. 2. Використання енергетичного потенціалу біомаси України (2015 р.).

Вид біомаси та напрямок використання	Потенціал, доступний для енергетики, тис. т	Обсяг, що вже в ікористовується для потреб енергетики		Частка використання від загального потенціалу, %
		тис. т	тис. т н.е.	
Солома зернових/ріпаку:	10540	256	95	2,4
- спалювання (тюки)		110	39	1,0
- виробництво та спалювання пелет		27	10	0,3
- виробництво та експорт пелет		119	45	1,1
Стебла, стрижні кукурудзи	12120	3,7	1,24	0,0
Стебла, кошики соняшника	8480	0	0	0,0
Деревна біомаса:	9470	7896	1950	83,4
- спалювання (дрова)		4635	1106	48,9
- спалювання (тріска)		2469	589	26,1
- експорт тріски		402	96	4,2
- виробництво та спалювання пелет		240	97	2,5
- виробництво та експорт пелет		150	61	1,6
Лушпиння соняшника:	1410	1166	463	82,7
- спалювання		442	169	31,4
- виробництво та спалювання пелет		217	88	15,4
- виробництво та експорт пелет		507	206	36,0
Жом цукрового буряку (W 13 %)	4410	190	9,7	4,3
Силос кукурудзи (зелений)*	27000	12	1,5	0,04
Гній тваринництва та послід птахівництва	30020	325	12,5	1,1
Всього	103450	9849	2532	в середньому: 9,52 %

* За умови вирощування на 1 млн. га незадіяних сільськогосподарських земель.

лет із виноградної лози (сумарне виробництво пелет та тріски становить 20 тис. т/рік). Основні споживачі пелет – місцеві державні та приватні компанії, які використовують біопаливо для забезпечення опалення та виробничих потреб. Основними споживачами тріски є крупні виробники електроенергії з біомаси.

Оскільки «Pelets Combustible de la Mancha S.L.» щорічно закуповує значні обсяги сировини (виноградної лози) від великої кількості місцевих постачальників (кілька сотень фермерів та кілька виноробень), представляють інтерес логістичні рішення, реалізовані компанією. Основна частина сировини постачається наступним чином: фермери збирають обрізки виноградної лози у купи на краю поля, сервісні компанії забирають обрізки у фермерів і звозять до проміжних місць зберігання, де лоза залишається на кілька місяців і потім подрібнюється напівмобільними дробарками, змонтованими на вантажівках. З проміжних складів сервісні компанії або сама компанія «Pelets Combustible de la Mancha S.L.» транспортують подрібнену біомасу до пелетного заводу. Другий варіант заготівлі полягає у перевезенні сервісними компаніями неподрібненої біомаси від фермерів безпосередньо на пелетний завод.

В цьому випадку подрібнення та сушка сировини виконуються на заводі.

Електростанція потужністю 1 МВт (на основі технології ОЦР) у м. Калімера (Італія) працює виключно на подрібнених обрізках оливкових дерев. Подрібнення та доставка біомаси від місцевих фермерів виконується дочірньою компанією. Фермери збирають обрізки у купи і віддають її для подальшого подрібнення безкоштовно з метою звільнення від великих обсягів відходів. У випадку великих насаджень (більше 400 дерев) дочірня компанія виконує також збір обрізок у купи. Електростанція продає електроенергію в мережу по «зеленому» тарифу 28 євроцентів/кВт, який їй встановлено на 15 років за умови споживання місцевої (тобто зібраної у радіусі 70 км) біомаси. Фактично, подрібнені обрізки оливкових дерев доставляються на електростанцію з площі радіусом 10 км. Оскільки енергетичний потенціал місцевої біомаси (обрізок) (25...26 тис. т/рік) у кілька разів перевищує її споживання на електростанції (8 тис. т/рік), власник енергетичного об'єкту планує також започаткувати виробництво пелет.

Табл. 3. Напрямки утилізації біомаси від обрізки багаторічних сільськогосподарських насаджень в деяких країнах ЄС [5]

Країна /вид БСН	Вихід біомаси від обрізки БСН, т/га/рік	Напрямки утилізації біомаси від обрізки БСН			
		Спалювання на відкритому повітрі	Подрібнення та прикопування у ґрунт	Використання як дрова	Комерційне виробництво енергії
Іспанія / оливкові дерева	1-4	90 %	5 %	5 %	-
Франція / виноградники	4	10 %	80 %	10 %	<1 %
Італія / мигдаль	~1	50 %	20 %	20 %	10 %
Польща / фруктові сади та виноградники	1,5-4,5 (зерняткові) 2-6 (кісточкові)	<1 %	95 %	3 %	<1 %
Греція:	немає даних	<1 %	90 %	10 %	<1 %
- фруктові сади та виноградники;					
- мигдаль;					
- оливкові дерева.		<1 %	70 %	30 %	<1 %
Нідерланди / зерняткові культури	4,5	<1 %	99 %	<1 %	<1 %
Словаччина / кісточкові культури	немає даних	-	70 %	30 %	-
Словенія / зерняткові культури	немає даних	<1 %	99 %	<1 %	-

**Перспективи використання біомаси ОББСН
для виробництва енергії в Україні**

Україна має добрі передумови для використання біомаси,

отриманої від обрізки та викорчовування садів і виноградників, для виробництва енергії. Згідно попередньої оцінки, енергетичний потенціал біомаси цього виду складає близько 457 тис. т/рік, або 109 тис. т н.е./рік (за даними 2016 р.).

Табл. 4. Кращі практики енергетичного використання біомаси ОББСН в країнах ЄС та в Україні [8]

Місце розташування та рік започаткування проекту	Вид та обсяг БМ	Спосіб енергетичного використання БМ. Перспективи розвитку	Капітальні витрати
Іспанія, м. Сокуельямос, 2011, (компанія «Pelets Combustible de la Mancha S.L.»)	Виноградна лоза, 20 тис. т/рік (пелети, тріска)	Комерційне виробництво пелет та тріски. Виконується пошук партнерів для будівництва ТЕС на біопаливі з виноградної лози.	5,8 млн. євро (початкові інвестиції)
Іспанія, м. Вілафранка-дель-Пенедес, 2015 р.	Виноградна лоза, в середньому 225 т/рік (подрібнена БМ)	Виробництво теплової енергії для потреб місцевого винного заводу (котел 130 кВт) та місцевої системи ЦТ (котел 500 кВт). Планується розширення кількості споживачів за рахунок інших винних заводів та приєднання нових об'єктів до системи ЦТ.	600 тис. євро
Італія, м. Калімера, 2010 р.	БМ від обрізки насаджень оливкових дерев, 8 тис. т/рік (подрібнена БМ).	Виробництво електроенергії на ЕС 1 МВт (технологія ОЦР). Власник ЕС планує також виробництво пелет з обрізок оливкових дерев.	8 млн. євро
Франція, комуна Марленайм (фермерське виноробне господарство), 2010 р.	БМ від обрізки та видалення виноградників, 12 т/рік (тріска).	Виробництво теплової енергії для власних потреб господарства (котел 50 кВт). Планується частковий перехід з тріски на пелети, а також використання БМ від видалення виноградників.	77,7 тис. євро (прес-підбирач для круглих тюків, стаціонарна дробарка, котел).
Україна, с. Шабо (Одеська область), 2015 р.	Виноградна лоза, 1-1,5 тис. т/рік (подрібнена БМ).	Виробництво технологічної пари для виноробної компанії Шабо; забезпечення опалення у зимовий період (паровий котел потужністю 1,6 т пари/год). Планується закупівля сучасного обладнання для підбирання і подрібнення виноградної лози безпосередньо у рядку. Також розглядається можливість розширення території заготівлі біомаси ОББСН.	немає даних

Ця оцінка потребує уточнення у відповідності до реального виходу обрізок та видалених насаджень з 1 га та площі старих БСН, що підлягають викорчовуванню.

В Україні біомаса ОВБСН для енергетичних потреб використовується наразі у дуже обмеженому обсязі. Головним чином це пов'язане з недостатньою інформованістю потенційних постачальників та споживачів про такі можливості, відсутністю відповідного досвіду, а також труднощами логістичних питань. Одним з небагатьох успішних прикладів є виробництво технологічної пари та забезпечення опалення у зимовий період ПТК «Шабо» (Одеська область) за рахунок використання подрібненої виноградної лози як палива у котлі потужністю 900 кВт. Котельня на біопаливі почала роботу у 2015 році. Постачальником біопалива є місцева «Агрофірма Шабо», яка виконує обрізку власних виноградників, заготовляє та подрібнює біомасу. Подрібнена лоза вивозиться на центральний склад, звідки, відповідно до потреби у біопаливі, постачається трактором із причепом на паливний склад котельні (відстань транспортування – в межах 10 км). З одного гектару виноградників отримують від 1 до 1,5 т подрібненої та підсушеної біомаси. Таким чином, щорічний запас зрізаної виноградної лози для твердопаливної котельні складає до 1500 т.

В рамках виконання проекту uP_runing Програми ЄС Горизонт 2020 [3], в якому беруть участь українські фахівці, проводиться вивчення європейського досвіду по використанню біомаси ОВБСН для виробництва біопалива та енергії, а також покращуються передумови для перенесення та практичної реалізації цього досвіду в Україні. Основна увага приділяється дослідженню логістичних питань, а також визначенню та впровадженню кількох демонстраційних ланцюжків заготівлі і постачання біомаси ОВБСН на енергетичні об'єкти.

Висновки

Біомаса, отримана від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень, є відносно новим видом з точки зору її енергетичного використання. Цей напрямок наразі активно досліджується і розвивається в Європейському Союзі, вже є приклади успішно реалізованих проектів на комерційному рівні. Україна має добрі передумови для розвитку даного

сегменту біоенергетики. Згідно попередньої оцінки за даними 2016 року, енергетичний потенціал біомаси цього виду в країні складає близько 109 тис. т н.е./рік. В рамках європейського проекту uP_runing в Україні досліджуються логістичні питання заготівлі і постачання, створюється база для практичної реалізації досвіду країн ЄС з виробництва біопалива та енергії з біомаси ОВБСН.

ЛІТЕРАТУРА

1. Железна Т.А., Баумовий А.І., Гелетука Г.Г. Аналіз можливості отримання деревного палива з додаткових джерел в Україні // Промислова теплотехніка. – 2016, т. 38, № 4, с. 71-77.
2. Проект EuroPruning 7-ї Рамкової програми ЄС <http://www.europruning.eu/>
3. Проект uP_runing Програми ЄС Горизонт 2020 <http://www.up-running.eu/>
4. CIRCE. Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe. Deliverable 3.1 report. EuroPruning project, 2014 <http://www.europruning.eu/web/lists/pubfiles.aspx?type=pubdeliverables>
5. B. Elbersen, I. Startisky, G. Hengeveld et al. Atlas of EU biomass potential. Deliverable 3.3 report. Biomass Futures Project, 2012 https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/biomass_futures_atlas_of_technical_and_economic_biomass_potential_en.pdf
6. D. Garcia-Galindo, A. Rezeau, A. Samper et al. Setting up and running sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning and plantation removal. Scope and European initiative. Proc. of 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6-9 June 2016, Amsterdam, the Netherlands, p. 1760-1765.
7. D. Garcia-Galindo, M. Gomez-Palmero, E. Pueyo et al. Agricultural pruning as biomass resource: generation, potentials and current fates. An approach to its state in Europe. Proc. of 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6-9 June 2016, Amsterdam, the Netherlands, p. 1579-1595.
8. CERTH. Flagship success cases update v1. Deliverable 6.3 report. uP-running project, 2017 <http://www.up-running.eu/observatory-of-appr->

experiences/

**PROSPECTS FOR USING BIOMASS FROM
AGRARIAN PRUNING AND PLANTATION
REMOVAL IN UKRAINE**

**Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahniev S.V.,
Bashtovyi A.I.**

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

The potential, state of the art and prospects for the production of biofuel and energy from biomass obtained from agrarian pruning and plantation removal in the EU are presented in the paper. This type of biomass is comparatively new from the point of view of its use for energy. The issue is under active study and development in the European Union. There is a number of examples of successfully implemented commercial projects in some European countries. The paper analyzes the place of wood biomass in the biomass energy potential and its practical use in Ukraine. The contribution of wood biomass to the potential is comparatively small, about 12 %. As for the use of the biomass potential, the situation is quite opposite. Wood is the most actively used type of biomass in Ukraine, over 83% of its total energy potential. Of the wood biomass, firewood is mostly used but Ukraine also has good preconditions for involving biomass obtained from agrarian pruning and plantation removal in the energy sector. At present the use of such biomass for energy is very limited in the country. Mainly it can be explained by not sufficient awareness of potential suppliers and consumers about such possibility, absence of respective experience, and complicated logistics. EU Horizon 2020 uP_runing project is aimed to study experience of European leaders in using biomass from agrarian pruning and plantation removal for energy and support transfer of the knowledge to other European countries including Ukraine. In Ukraine, the activity within the project will be focused on logistics issues and practical implementation of several demonstration chains for biomass procurement and use for energy.

References 8, tables 4.

Key words: bioenergy, biomass, biofuel, biomass potential, biomass from agrarian pruning

1. Zheliezna T.A., Geletukha G.G., Bashtovyi A.I. Analiz mozhyvosti otrymannia derevnoho palyva z dodatkovykh dzherel v Ukraini [Analysis of possibility to obtain wood fuel from additional sources in Ukraine], Promyslova teplotekhnika [Industrial Heat Engineering]. – 2016, V. 38, № 4, P. 71-77. (Ukr)

2. EU 7th Framework Program EuroPruning project <http://www.europruning.eu/>

3. EU Horizon 2020 uP_runing project <http://www.up-running.eu/>

4. CIRCE. Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe. Deliverable 3.1 report. EuroPruning project, 2014 <http://www.europruning.eu/web/lists/pubfiles.aspx?type=pubdeliverables>

5. B. Elbersen, I. Startisky, G. Hengeveld et al. Atlas of EU biomass potential. Deliverable 3.3 report. Biomass Futures Project, 2012

https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/biomass_futures_atlas_of_technical_and_economic_biomass_potential_en.pdf

6. D. Garcia-Galindo, A. Rezeau, A. Samper et al. Setting up and running sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning and plantation removal. Scope and European initiative. Proc. of 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6-9 June 2016, Amsterdam, the Netherlands, p. 1760-1765.

7. D. Garcia-Galindo, M. Gomez-Palmero, E. Pueyo et al. Agricultural pruning as biomass resource: generation, potentials and current fates. An approach to its state in Europe. Proc. of 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6-9 June 2016, Amsterdam, the Netherlands, p. 1579-1595.

8. CERTH. Flagship success cases update v1. Deliverable 6.3 report. uP-running project, 2017

<http://www.up-running.eu/observatory-of-app-experiences/>

Отримано 09.01.2018

Received 09.01.2018