

УДК: 620.92

ПОТЕНЦІАЛ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ АГРОБІОМАСИ 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. М.Канніст, 2а, Київ, 03680, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.5>

Розглянуто поточний стан та перспективи енергетичного використання агробіомаси в Україні. Представлено результати техніко-економічного обґрунтування технологій заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно, а також виробництва паливних брикетів та пелет з неї. Показано, що виробництво твердого біопалива з такої сировини може бути прибутковим бізнес-проектом в Україні.

Рассмотрены текущее состояние и перспективы энергетического использования агробиомассы в Украине. Представлены результаты технико-экономического обоснования технологий заготовки побочной продукции кукурузы на зерно, а также производства топливных брикетов и гранул из нее. Показано, что производство твердого биотоплива из такого сырья может быть прибыльным бизнес-проектом в Украине.

State of the art and prospects for the use of agribiomass for energy in Ukraine are considered. Results of the feasibility study of corn stover harvesting and the production of briquettes and pellets from it are presented. It is shown that manufacture of solid biofuels from corn stover may be a profitable business project in Ukraine.

Бібл. 15, табл. 4, рис. 3.

Ключові слова: біомаса, агробіомаса, біопаливо, тверде біопаливо, сільськогосподарські залишки, побічна продукція сільського господарства.

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
ПП – побічна продукція;
ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
IRR – внутрішня норма дохідності;

W – вологість;
н.е. – нафтовий еквівалент;
с/г – сільське господарство;
с.м. – суха маса.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю залучення біомаси аграрного походження до паливно-енергетичного балансу України для забезпечення виконання цілей з розвитку біоенергетики, поставлених національними стратегічними документами. Такими документами є Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року та Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Крім того, внесок агробіомаси вкрай необхідний для досягнення мети, зазначеної у Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання – збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії до 40% у 2035 році. *Метою роботи* є визначення перспективних напрямків енергетичного використання агробіомаси в Україні. *Завдання роботи* полягає у виконанні техніко-економічних обґрунтувань відповідних технологій. *Методи дослідження* включають вивчення статистичних та інших даних, аналіз нормативно-правових актів, проведення розрахунків.

Визначення термінів «відходи» та «побічна продукція сільського господарства»

Під агробіомасою зазвичай розуміють солому зернових та інших культур, стебла та стрижні кукурудзи, стебла та кошики соняшника, лушпиння, гній та інші аналогічні речовини аграрного походження. Питання віднесення цих видів біомаси до побічної продукції або відходів сільського господарства у чинних нормативно-правових документах України трактується по-різному. Так, у державному стандарті ДСТУ 4884:2007 «Добрива органічні та органо-мінеральні. Терміни та визначення понять» [1] солома та післяжнивні залишки (стебла, стерня, коріння, бадилля буряків тощо) визначаються як відходи. Державний класифікатор відходів ДК 005-96 [2] також класифікує солому колосових, солому іншу, качани кукурудзи обрушені, стебла кукурудзи сухі, лушпиння соняшникове як відходи. Крім того, в Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [3] солома згадується у розрізі відходів рослинного походження як складової сільськогосподарських відходів. При цьому у Номенклатурі продукції сільського господарства [4],

затвердженій Державною службою статистики України, солома та полова культур зернових, стебла та качани кукурудзи обрушені позиціонуються як побічна продукція рослинництва. Аналогічний підхід використовується в рекомендаціях науковців «Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів» [5]. Таким чином, очевидно, що питання термінології стосовно біомаси сільськогосподарського походження потребує додаткового методологічного уточнення та узгодження в Україні.

Треба зазначити, що в Європейському Союзі до агробіомаси офіційно відносять не тільки побічну продукцію та відходи сільського господарства (сільськогосподарські залишки), але й енергетичні культури. В свою чергу, сільськогосподарські залишки складаються з первинних (післяжнивні, такі як солома, стебла кукурудзи), вторинних (залишки від переробки врожаю, наприклад, лушпиння рису, лушпиння соняшника) та гною тварин. Енергетичні культури поділяють на традиційні харчові (олійні, зернові) та спеціально вирощені нехарчові (швидкоростучі багаторічні трав'яні та деревні) [6]. Важливим є підхід до розділення сільськогосподарських залишків за категоріями побічна продукція і відходи. Згідно визна-

чень, запропонованих Європейською Комісією, залишки виробництва – речовина, не вироблена спеціально у виробничому процесі, яка може бути або не бути відходами. Побічна продукція – залишки, які не є відходами [7].

У Директиві 2006/12/ЕС «Про відходи» [8] надано наступне визначення: «відходи – будь-яка речовина або предмет з категорій Додатку I до Директиви, від яких власник позбувається, має намір або повинен позбутися» (Додаток I містить загалом 16 категорій, які покривають всі можливі види відходів). В документі Єврокомісії «Щодо інтерпретації термінів відходи та побічна продукція» [7] зазначено, що віднесення певної речовини до категорії відходів або побічної продукції залежить від ряду факторів. Для допомоги у вирішенні цього питання в документі наведено спеціальну схему («дерево рішень») (рис. 1). Із логіки цієї схеми витікає, що одна і та ж речовина (наприклад, солома) може бути як побічною продукцією (якщо власник використовує її як органічне добриво, підстилку для скота, паливо для котла, будівельний матеріал та ін.), так і відходом (якщо власнику солома не потрібна, і він хоче позбутися її). Можливо, подібний методологічний підхід був би доцільним і для України.

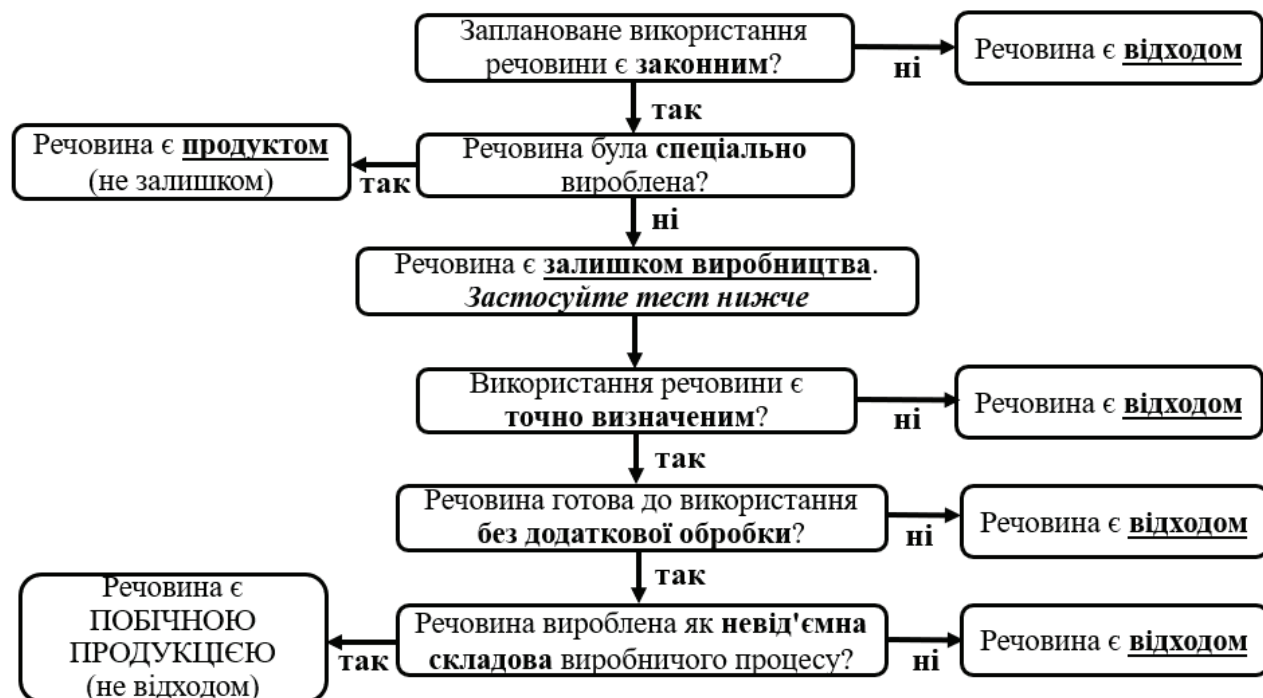


Рис. 1. Схема прийняття рішення про віднесення речовини до категорії побічної продукції або відходів [7].

Для порівняння, в Законі України «Про відходи» [9] дається наступне визначення: «відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення». Очевидно, що це – розширена версія визначення, представленого у Директиві 2006/12/ЕС «Про відходи» [8], яка не протирічить логіці документу Єврокомісії «Щодо інтерпретації термінів відходи та побічна продукція» [7].

Енергетичне використання агробіомаси в Євросоюзі та його підтримка

Європейський Союз успішно рухається у бік виконання цілі 2020 року по частці ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії – 20%. За даними Eurostat [10], у 2017 році цей показник вже досяг 17,5%, з яких більше половини припадає на біомасу. Наразі основним видом біомаси, з якої виробляється енергія в ЄС, є лісова деревина (близько 70% загального обсягу споживання біомаси, або 100 млн. т н.е.), тоді як внесок агробіомаси (сільськогосподарських залишків та енер-

гетичних культур) складає лише 18% (26 млн. т н.е.) (рис. 2). Стійкою тенденцією є збільшення обсягів виробництва енергії з агробіомаси, що підтримується на загальноєвропейському рівні. За оцінками спеціалістів, потенціал залишок сільського господарства у період до 2050 р. становитиме від 45 до 67 млн. т н.е./рік, що може забезпечити 31...46,5% поточного обсягу споживання біомаси для енергетичних потреб в ЄС-28 (144 млн. т н.е. у 2017 р.). Перспективний потенціал енергетичних культур ще більший – 79...377 млн. т н.е./рік (див. рис. 2) [11, 12].

Використання агробіомаси для виробництва енергії підтримується Європейським сільськогосподарським фондом розвитку сільських територій, загальний бюджет якого на період 2014-2020 рр. складає більше 151 млрд. євро. Фонд фінансує проекти за різними напрямками, серед яких боротьба зі зміною клімату та його наслідками, низьковуглецева економіка, захист навколишнього природного середовища та ресурсоефективність, конкурентоздатність малих і середніх підприємств та деякі інші. На сьогодні в проекти відновлюваної енергетики фондом вже вкладено близько 3 млрд. євро за напрямком «захист навколишнього природного середовища та ресурсоефективність».

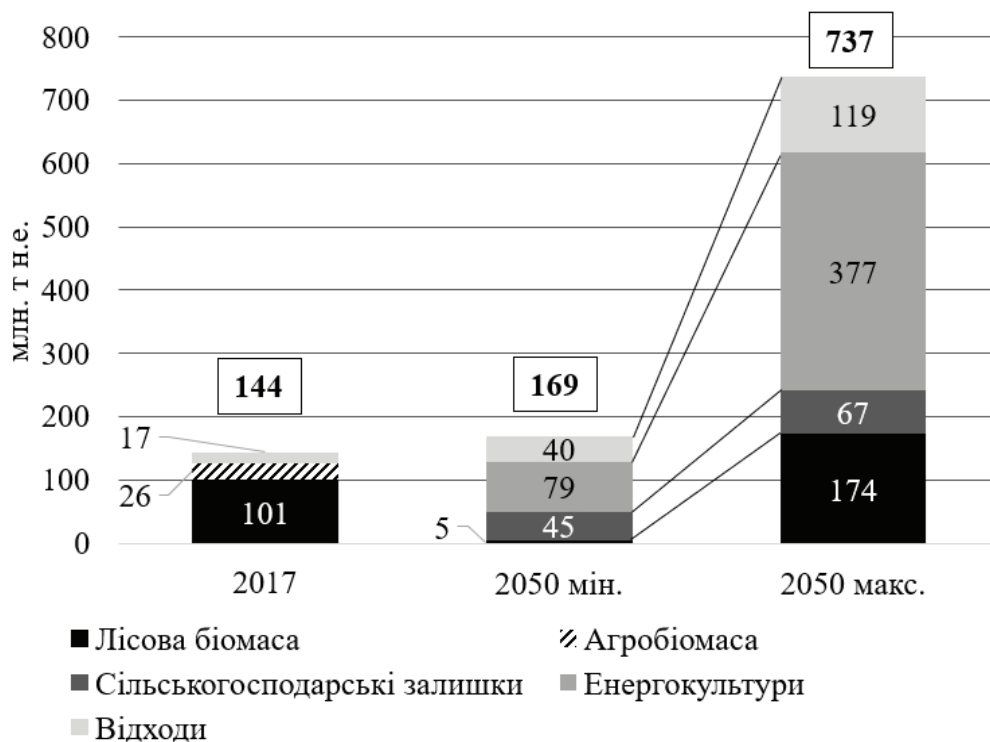


Рис. 2. Валове внутрішнє споживання та потенціал біомаси в ЄС-28 [11, 12].

Потенціал агробіомаси в Україні та його використання

В Україні під агробіомасою експерти, зазвичай, розуміють побічну продукцію та відходи сільського господарства, а енергетичні культури розглядають окремою категорією. За даними 2018 р., потенціал біомаси сільськогосподарського походження в Україні становить 10,1 млн. т н.е., що складає 44% загального енергетичного потенціалу біомаси (22,9 млн. т н.е.) (рис. 3). Основними складовими потенціалу агробіомаси є солома зернових колосових культур та побічна продукція виробництва зернової кукурудзи (кукурудзиння).

Незважаючи на певні коливання, обсяги біомаси аграрного походження в Україні майже щорічно збільшуються завдяки загальній тенденції росту виробництва та врожайності основних сільськогосподарських культур. У 2018 р. в країні було зібрано рекордний врожай кукурудзи на зерно (35,8 млн. т), який перевищив сумарний врожай інших зернових культур (34,3 млн. т). За період з 2000 року енергетичний потенціал соломи зернових колосових культур, побічної продукції та відходів виробництва кукурудзи на зерно та соняшника збільшився у три рази – з 2,76 млн. т н.е. у 2000 р. до 8,46 млн. т н.е. у 2018 р. (табл. 1).

Сьогодні із різних видів агробіомаси найбільш активно для потреб енергетики використовується лушпиння соняшника – близько 630 тис. т н.е./рік (оцінка 2017 р.), що складає більше 63% його потенціалу. Виробництво енергії/біопалив з соломи знаходиться на рівні 3% наявного потенціалу [13]. Існують поодинокі приклади енергетичного використання кукурудзиння, такі як котельня на стрижнях кукурудзи у Черкасах, пробне виробництво брикетів зі стебел кукурудзи у Дніпропетровській області, але поки що все це реалізується у дуже обмежених обсягах. Приклади виробництва енергії зі стебел або кошиків соняшника авторам наразі невідомі.

Широкому розвитку енергетичного використання побічної продукції та відходів сільського господарства в Україні перешкоджає низка бар'єрів. Серед них найбільш вагомими є відсутність у агропромислових підприємств техніки для заготівлі відповідних видів біомаси, складність організації ланцюжка «заготівля-поставка», загальна нерозвиненість ринку біопалива (відсутність біопаливної біржі) та деякі інші. Детальний опис цих бар'єрів та пропозиції по їх подоланню представлено у роботах [14, 15].

Аналіз стратегічних цілей з розвитку біоенергетики, поставлених Національним планом дій з відновлюваної

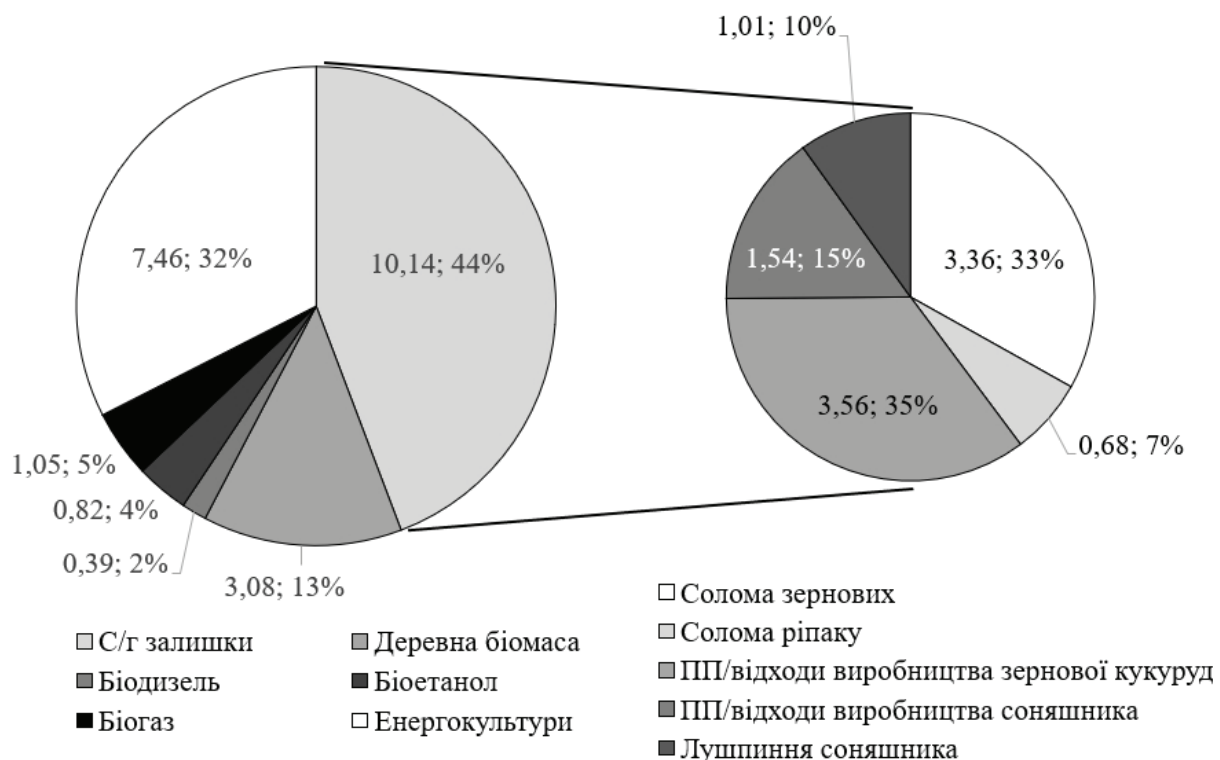


Рис. 3. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні (2018 р.), млн. т н.е.

енергетики на період до 2020 року та Енергетичною стратегією України на період до 2035 року, показує, що тільки широке залучення агробіомаси до паливно-енергетичного комплексу країни може забезпечити їх виконання.

Техніко-економічний аналіз заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно та її переробки у паливні брикети і гранули

Для умов України перспективним напрямком видається використання, в першу чергу, кукурудзиння для потреб енергетики. Перевагою застосування саме цього виду агробіомаси є, по-перше, зменшення «енергетичного навантаження» на соломі (яку часто використовують як найдоступніше органічне добриво), по-друге – можливість заготівлі для енергетики тільки частини кукурудзиння (наприклад, стебел), тоді як решта залишається вільною для потреб сільського господарства.

Існують різні технологічні схеми збирання кукурудзиння:

1. Однопрохідна схема, в якій зернозбиральний комбайн з'єднаний із прес-підбирачем, що дозволяє формувати тюки кукурудзиння одночасно із обмолотом зерна.

2. Двопрохідна система: зернозбиральний комбайн з жаткою, що формує валок із кукурудзиння, яке далі тюкується трактором із прес-підбирачем.

3. Трьохпрохідна система: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем-валкоутворювачем + трактор з прес-підбирачем великих прямокутних тюків (рулонів).

4. Багатопрохідна система: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем + трактор з граблями + трактор з прес-підбирачем.

5. Схема на базі кормозбирального комбайну: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем-валкоутворювачем + кормозбиральний комбайн + трактор з причепом.

6. Схема на базі кормозбирального причепа-підбирача: зернозбиральний комбайн + трактор з мульчувачем-валкоутворювачем + трактор з кормозбиральним причепом підбирачем.

Беручи до уваги обладнання, наявне на ринку України, та результати польових досліджень, проведених в США та ЄС, видається доцільним виконати техніко-економічне обґрунтування технологій заготівлі побічної продукції зернової кукурудзи за схемами 2, 5 та 6 з переліку вище. За результатами такого ТЕО і з урахуванням витрат на транспортування біомаси, найбільш ефективним є збір стебел кукурудзи у великих прямокутних тюках. Для сценарію збору обсягом 3,5 т с.м./га та продажу тюків за ціною 40 євро/т с.м. з ПДВ простий термін окупності складає 4,8 років, IRR – 22,5% (табл. 2, схема 2а). При транспортуванні біомаси на відстань до 20 км також можна використовувати технологію заготівлі стебел кукурудзи на базі кормозбирального причепа-підбирача, для якої простий термін окупності – 4,6 років, IRR – 26% (табл. 2, схема б).

Побічну продукцію виробництва кукурудзи на зерно доцільно використовувати для отримання твердого біопалива. Наразі брикети і пелети з кукурудзиння не представлені на ринку України, а пропонується тверде біопаливо з соломи, деревини, лущиння соняшника та деяких інших видів біомаси. Перевагою брикетів/пелет зі стебел кукурудзи є краща якість у порівнянні з солом'яними і нижча ціна порівняно з деревним паливом.

Табл. 1. Динаміка виробництва зернових культур і соняшника в Україні та енергетичний потенціал відповідної побічної продукції/відходів

С/г культури, показники	2000	2005	2010	2014	2016	2018
Зернові (без кукурудзи):						
валовий збір, млн. т	20,7	30,8	27,4	35,3	38,0	34,3
врожайність (пшениця), ц/га	19,8	28,5	26,8	40,1	42,1	37,3
енергетичний потенціал ПП/відходів, млн. т н.е.	2,00	3,02	2,66	3,49	3,70	3,36
Кукурудза на зерно:						
валовий збір, млн. т	3,8	7,2	11,9	28,5	28,1	35,8
врожайність, ц/га	30,1	43,2	45,1	61,6	66,0	78,4
енергетичний потенціал ПП/відходів, млн. т н.е.	0,38	0,71	1,19	2,83	2,79	3,56
Соняшник:						
валовий збір, млн. т	3,5	4,7	6,8	10,1	13,6	14,2
врожайність, ц/га	12,2	12,8	15,0	19,4	22,4	23,0
енергетичний потенціал ПП/відходів, млн. т н.е.	0,38	0,51	0,74	1,10	1,48	1,54
Всього: енергетичний потенціал ПП/відходів с/г, млн. т н.е.	2,76	4,24	4,59	7,42	7,97	8,46

Результати техніко-економічного обґрунтування показують, що основними факторами, які впливають на економічну ефективність проектів виробництва твердого палива з кукурудзиння, є вартість сировини, продуктивність виробничої лінії та ціна реалізації готового продукту. За умови продажу брикетів та пелет з побічної продукції кукурудзи за ціною 90 євро/т з ПДВ

для продуктивності брикетування 2,0 т/год простий термін окупності складає 3,7 років (IRR 34,7%), а для виробництва пелет з продуктивністю 10,0 т/год простий термін окупності становить 4,1 років (IRR 29,1%) (табл. 3, 4). Таким чином, брикети та пелети з кукурудзиння можуть бути конкурентоздатними на біопаливному ринку України, а їх виробництво може бути прибутковим бізнес-проектом.

Табл. 2. ТЕО варіантів заготівлі побічної продукції кукурудзи

Показники	Комбайн з жаткою, що формує валок + трактор з прес-підбирачем (схема 2)			Круглі тюки (рулони) (2б)	Схема (5) на базі кормозбирального комбайну	Схема (6) на базі кормозбирального причепа-підбирача
	Прямокутні тюки (2а)					
	2,5 т с.м./га	3,5 т с.м./га	5 т с.м./га	3,5 т с.м./га		
Обсяги заготівлі біомаси, т с.м./рік	3920	4802	5880	1551	5390	2924
Капітальні витрати, тис. євро	261,7	269,6	279,3	127,2	492,3	139,0
Операційні витрати, тис. євро/рік	80,5	90,7	103,3	33,0	116,5	55,9
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	60					
Ставка по кредиту, %	7					
Вартість ПП кукурудзи на зерно*, євро/т с.м.	8,0					
Собівартість тюків**, євро/т с.м.	27,2	24,5	22,3	29,5	28,6	25,2
Продажна ціна тюків біомаси***, євро/т с.м. з ПДВ	40					
Простий термін окупності, років	6,4	4,8	3,7	9,4	8,7	4,6
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%), років	8,7	5,8	4,2	>10	>10	5,3
Внутрішня норма охідності (IRR), %	12,3	22,5	35,1	1,7	3,3	26,0

* Визначається за вартістю еквівалентних доз мінеральних добрив для компенсації поживних елементів, винесених з біомасою.

** Включає прямі витрати на заготівлю біомаси та відрахування на амортизацію техніки.

*** Відповідає ціні тюків біомаси 25 євро/т без ПДВ для ПП кукурудзи на зерно вологістю $W=25\%$.

Висновки

Широке залучення агробіомаси до паливно-енергетичного комплексу України може забезпечити виконання стратегічних цілей з розвитку біоенергетики, по-

ставлених Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року та Енергетичною стратегією України на період до 2035 року. За даними 2018 р., потенціал біомаси сільськогосподарського по-

Табл. 3. ТЕО виробництва брикетів з побічної продукції кукурудзи

Показники	Продуктивність лінії брикетування*, т/год.		
	0,5	2,0	4,0
Річні обсяги виробництва брикетів, т/рік**	3000	12000	24000
Капітальні витрати, тис. євро	147,5	598,8	1572,0
Операційні витрати, тис. EUR/рік	193,4	677,5	1319,5
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	70		
Ставка по кредиту, %	7		
Строк кредитування, років	5		
Вартість тюків ПП кукурудзи на заводі, євро/т с.м. без ПДВ	36,4		
Собівартість брикетів, євро/т	70,6	62,7	63,2
Ціна реалізації брикетів з ПП кукурудзи, євро/т з ПДВ	90		
Чиста приведена вартість (NPV), тис. євро	39,2	677,9	1214,1
Простий термін окупності, років	6,0	3,7	4,4
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%), років	7,8	4,2	5,2
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	13,9	34,7	26,1

* Лінія продуктивністю 4 т/год. укомплектована німецькими прес-брикетувальниками RUF, інші лінії – повністю українським обладнанням.

** Річне завантаження лінії – 6000 год./рік (250 днів цілодобової роботи). Протягом першого року роботи виробляється 50% від планового річного обсягу виробництва.

Табл. 4. ТЕО виробництва пелет з побічної продукції кукурудзи

Показники	Продуктивність лінії гранулювання, т/год.		
	2,0	4,0	10,0
Річні обсяги виробництва пелет, т/рік*	12000	24000	60000
Капітальні витрати, тис. євро	642,0	1223,5	3228,4
Операційні витрати, тис. євро/рік	766,1	1461,5	3920,9
Кредитні кошти (частка капітальних витрат), %	70		
Ставка по кредиту, %	7		
Строк кредитування, років	5		
Вартість тюків ПП кукурудзи на заводі, євро/т с.м. без ПДВ	36,4		
Собівартість пелет, Євро/т	70,5	67,3	64,1
Ціна реалізації пелет з ПП кукурудзи, євро/т з ПДВ	90		
Чиста приведена вартість (NPV), тис. євро	168,5	765,3	2899,2
Простий термін окупності*, років	6,0	4,8	4,1
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)*, років	7,8	5,7	4,8
Внутрішня норма дохідності (IRR), %	13,8	22,6	29,1

* Річне завантаження лінії – 6000 год./рік (250 днів цілодобової роботи). Протягом першого року роботи виробляється 50% від планового річного обсягу виробництва.

ходження в Україні становить 10,1 млн. т н.е., що складає 44% загального енергетичного потенціалу біомаси. Основними складовими потенціалу агробіомаси є солома зернових культур та побічна продукція виробництва зернової кукурудзи. Для умов України перспективним напрямком є енергетичне використання, в першу чергу, кукурудзиння. Виробництво твердого біопалива з побічної продукції кукурудзи може бути привабливим інвестиційним проектом.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4884:2007. Добрива органічні та органомінеральні. Терміни та визначення понять. Держспоживстандарт України, 2010. Затверджено наказом Держспоживстандарту України № 341 від 04.12.2007 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0341609-07>
2. Державний класифікатор відходів ДК 005-96. Затверджено і введено в дію наказом Держстандарту України № 89 від 29.02.1996 (із змінами) <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96>
3. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету міністрів України № 820-р від 08.11.2017 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>
4. Номенклатура продукції сільського господарства. Затверджено наказом Державної служби статистики України № 300 від 15.10.2014 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0300832-14>
5. Демидов О.А., Рудюк А.Т., Зарішняк А.С., Балюк С.А. та ін. Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів. – Харків: КП «Міська друкарня», 2012. – 38 с.
6. Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020. Annexes of the Final Report. Document by the European Commission, 2017 https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biosustain_annexes_final.pdf
7. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Interpretative Communication on waste and by-products. Brussels, 21.2.2007, COM(2007) 59 final) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0059&from=EN>
8. Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:en:PDF>
9. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР від 05.03.1998 (із змінами) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>
10. Share of renewable energy in the EU up to 17.5% in 2017. Eurostat news release 27/2019, 12.02.2019 <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9571695/8-12022019-AP-EN.pdf/b7d237c1-ccea-4adc-a0ba-45e13602b428>
11. A.P.C. Faaij. Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature, 2018 <https://pdfs.semanticscholar.org/48c6/62527d3a7a7ea491d531472dc63a1ae76efb.pdf>
12. Biomass supply. Statistical Report by Bioenergy Europe, 2019 https://bioenergyeurope.org/index.php?option=com_content&view=article&id=178
13. Железна Т.А., Драгнев С.В., Баитовий А.І. Можливості заготівлі агробіомаси та виробництва біопалив з неї комунальними підприємствами в Україні // Теплофізика та теплоенергетика. – 2019, т. 41, № 2, с. 88-96. <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2019.12>
14. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баитовий А.І. Аналіз бар'єрів для виробництва енергії з агробіомаси в Україні. Частина 1 // Теплофізика та теплоенергетика. – 2019, т. 41, № 3, с. 77-84. <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2019.11>
15. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баитовий А.І. Аналіз бар'єрів для виробництва енергії з агробіомаси в Україні. Частина 2 // Теплофізика та теплоенергетика. – 2019, т. 41, № 4.

POTENTIAL AND PROSPECTS FOR USING AGRIBIOMASS FOR ENERGY IN UKRAINE

Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I.

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

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.5>

Purpose of the work is to identify promising directions for using agribiomass for energy in Ukraine. Current state and prospects for the development of this segment of bioenergy are considered. Analysis of the strategic goals for bioenergy development set by the National Renewable Energy Action Plan until 2020 and Energy Strategy of Ukraine until 2035 shows that only wide involvement of agribiomass in the country's fuel and energy complex can ensure attainment of these goals. Ukraine has considerable potential of agricultural biomass. According to data of 2018, it is 10.1 Mtoe, which is 44% of the total bioenergy potential. The main constituents of agribiomass potential are cereal straw and by-products of grain corn production. Today, of the various types of agribiomass, sunflower husk is most actively used for energy: more than 63% of its potential. Utilization of the potential of other types of agricultural residues is between 0 and 3%. For Ukraine, the most promising direction is priority use of corn stover for energy. Feasibility study of corn stalks harvesting as well as production of briquettes and pellets from them was performed. Main factors affecting the cost-effectiveness of projects on solid biofuel production are cost of raw materials, manufacturing line productivity and sale price of the finished product. Results of the feasibility study show that corn briquettes and pellets can be competitive in the biofuel market of Ukraine, and their production can be a profitable business project.

References 15, tables 4, figures 3.

Key words: biomass, agribiomass, biofuel, solid biofuel, agricultural residues, agricultural by-products.

1. *DSTU 4884:2007*. Dobryva orhanichni ta orhanomineralni. Terminy ta vyznachennia poniat. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. Zatverdzheno nakazom Derzhspozhyvstandartu Ukrainy № 341 vid 04.12.2007 [State Standard of Ukraine 4884:2007. Manure and organic-minerals fertilizers. Terms and definitions of concepts. Approved by the order of the State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine No. 341 of 04.12.2007]. (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0341609-07>

2. *Derzhavnyi klasyfikator* vidkhodiv DK 005-96. Zatverdzheno i vvedeno v diiu nakazom Derzhstandartu Ukrainy № 89 vid 29.02.1996 (iz zminamy) [State Waste

Classifier DK 005-96. Approved and implemented by the State Committee of Ukraine on Standardization, Metrology and Certification No. 89 of 29.02.1996 (as amended)] (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96>

3. *Natsionalna stratehiia upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku*. Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu ministriv Ukrainy № 820-r vid 08.11.2017 [National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030. Approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine Executive Order No. 820-r of 08.11.2017] (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>

4. *Nomenklatura produktsii silskoho hospodarstva*. Zatverdzheno nakazom Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy № 300 vid 15.10.2014 [Agricultural product nomenclature. Approved by the Order of the State Statistics Service of Ukraine No. 300 of 15.10.2014] (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0300832-14>

5. *Demydov O.A., Rudiuk A.T., Zaryshniak A.S., Baliuk S.A.* et al. Zastosuvannia solomy i pozhnyvnykh reshtok yak orhanichnykh dobryv dlia polipshennia humusovoho stanu gruntiv [The use of straw and crop residues as organic fertilizers to improve soil humus]. Kharkiv: CE «Miska drukarnia», 2012. 38 p. (Ukr.)

6. *Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020*. Annexes of the Final Report. Document by the European Commission, 2017

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/biosustain_annexes_final.pdf

7. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Interpretative Communication on waste and by-products*. Brussels, 21.2.2007, COM(2007) 59 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0059&from=EN>

8. *Directive 2006/12/EC* of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0009:0021:en:PDF>

9. *Zakon Ukrainy «Pro vidkhody»* № 187/98-VR vid 05.03.1998 (iz zminamy) [Law of Ukraine “On Waste” No. 187/98-BP of 05.03.1998 (as amended)] (Ukr.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>

10. *Share of renewable energy in the EU up to 17.5% in 2017*. Eurostat news release 27/2019, 12.02.2019

<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9571695/8-12022019-AP-EN.pdf/b7d237c1-ccca-4adc-a0ba-45e13602b428>

11. *A.P.C. Faaij*. Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature, 2018 <https://pdfs.semanticscholar.org/48c6/62527d3a7a7ea491d531472dc63a1ae76efb.pdf>

12. *Biomass supply*. Statistical Report by Bioenergy Europe, 2019 https://bioenergyeurope.org/index.php?option=com_content&view=article&id=178

13. *Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I.* Mozhyvosti zahotivli ahrobiomasy ta vyrobnytstva biopalyv z nei komunalnymy pidpriemstvamy v Ukraini [Opportunities for harvesting agrobiomass and production of biofuels by municipal enterprises in Ukraine], [Thermophysics and Thermal Power Engineering], Vol. 41, No. 2 (2019). – P. 88-96. (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2019.12>

14. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I.* Analiz barrieriv dlia vyrobnytstva enerhii z ahrobiomasy v Ukraini. Chastyna 1 [Analysis of barriers to the production of energy from agrobiomass in Ukraine. Part 1], [Thermophysics and Thermal Power Engineering], Vol. 41, No. 3 (2019), P. 77-84. (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2019.11>

15. *Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I.* Analiz barrieriv dlia vyrobnytstva enerhii z ahrobiomasy v Ukraini. Chastyna 2 [Analysis of barriers to the production of energy from agrobiomass in Ukraine. Part 2], [Thermophysics and Thermal Power Engineering], Vol. 41, No. 4 (2019). (Ukr.)

Отримано 26.11.2019

Received 26.11.2019