ПЕРЕВАГИ БІОМАСИ В ПОРІВНЯННІ З ТРАДИЦІЙНИМИ ВИДАМИ ПАЛИВА

Л. М. СТЕПАСЮК, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки підприємства ім. проф. І.Н. Романенка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ORCID 0000-0002-7258-9243

E-mail: ludastepasuk@gmail.com

О. В. НАГОРНА, кандидат економічних наук, доцент кафедри маркетингу та міжнародної торгівлі

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ORCID 0000-0001-7573-0874

E-mail: ChetverykOlena@gmail.com

Анотація. З огляду на високу залежність України від імпортих енергоносіїв, насамперед, природного газу, та наявність великого потенціалу біомаси, доведено, що біоенергетика є одним зі стратегічних напрямів розвитку сектору відновлюваних джерел енергії. Визначено, що темпи розвитку біоенергетики в Україні досі істотно відстають від європейських.

Встановлено, що в розвинених країнах світу використання біомаси як джерела енергії і далі відіграє важливу роль через значне зростання цін на нафту та газ, а також зростаючий попит на захист довкілля. Тому, впровадження сучасних технологій безперервного виробництва енергії з біомаси є важливою умовою розв'язання проблеми постачання енергії та запобігання деградації довкілля.

Доведено можливість використання біопалива в Київській області, розкрито інвестиційну привабливість даного регіону, як джерела теплової енергії.

Обґрунтовано методичний підхід до оцінювання теоретичного потенціалу відходів внаслідок використання альтернативних джерел енергії.

Здійснено оцінку теоретичного енергетичного потенціалу біомаси побічної продукції сільськогосподарських культур ПП «Соснова, що дало можливість визначити перспективи аграрного підприємства в енергетичному забезпеченні Київської області за рахунок біопалива.

За загальноприйнятою методикою розрахований теоретичний енергетичний потенціал соломи та рослинних відходів ПП «Соснова», який в ринковому обігу за підсумком 2019 року склав 8392 т н. е. Визначено, що переважаючим видом біомаси у досліджуваному підприємстві стали стебла кукурудзи та солома пшениці. На прикладі об'єкта школа, яка розташована поблизу досліджуваного підприємства, здійснено розрахунок економії коштів на опалення завдяки заміні традиційного виду палива (природного газу) на біопаливо.

Проведені розрахунки свідчать, що завдяки біопаливу підприємство може на 28 % забезпечити потребу школи на опалювальний сезон. Економія

між тим становитиме 60,6 тис. грн а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 43 % палива.

Ключові слова: біомаса, енергія, біоенергетика, енергоносії, біопаливо, енергоресурси, ефективність

Актуальність. Економічне зростання України в деякій мірі залежить від рівня енергопостачання та доступності ресурсів. Наразі природні паливні ресурси виснажуються, а їхнє використання стає економічно та екологічно не вигідним. Оскільки довкілля є постачальником енергії та ресурсів, необхідних для економічного розвитку країни, існує тісний зв'язок між економікою та природним середовищем.

У разі різкого дефіциту енергоресурсів та зростанні цін виникає потреба у розвитку відновлюваних джерел енергії, насамперед накопиченої рослинами – біоенергія.

Біоенергетика – галузь наукових досліджень і вид практичної діяльності, що вимагає постійного вдосконалення теоретико-методологічної бази та пошуку практичних шляхів її впровадження в господарській діяльності, особливо в сільськогосподарському виробництві.

Пошук нових варіантів отримання енергії стає з кожним роком більш актуальним, адже рано чи пізно навіть найбагатші родовища вичерпають себе, тому виникне питання про необхідність використання інших енергоносіїв.

Європейський досвід свідчить: енергія, вироблена з біомаси та інших відновлювальних джерел, відіграє все більш провідну роль у загальному енергетичному балансі [1].

Використання енергії біомаси, виробленої в сільській місцевості, може забезпечити додаткові можливості сільського розвитку: підвищення доходів дрібних і середніх товаровиробників завдяки вирощуванню енергетичних культур та їхньої переробки на власних енергетичних потужностях; створення нових робочих місць у сільській місцевості; збільшення обсягів дешевих, відновлювальних енергоресурсів для задоволення потреб як сільських домогосподарств, так і агропродовольчого комплексу загалом [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання щодо сутності, практичного обґрунтування та ефективного формування біоенергетичних

ресурсів вивчалися багатьма вченими-економістами, зокрема Ю. М. Гальчинською, Г. Г. Гелетухою, Г. А. Голубом, С. Н. Девянином, І. Г. Кириленко, О. М. Шпичаком, Г. М. Калетніком, В. Я. Месель-Веселяком та іншими.

Однак комплексне вирішення цієї проблеми в умовах підвищення світових цін на енергоресурси надалі залишається актуальним, зокрема, в аграрному секторі, як в одній із найбільш енергоємних галузей, яка має всі необхідні умови для виробництва біопалива.

Мета дослідження. Показати ефективність використання біопалива як альтернативного джерела енергії, розглянути можливості його реалізації та послаблення імпортозалежності від традиційних видів енергетичних ресурсів.

Матеріали і методи. Теоретико-методологічною основою дослідження є діалектичний метод пізнання, який ґрунтується на систематичному і всебічному підході до вивчення вітчизняних і зарубіжних наукових позицій та економічних процесів щодо створення та використання різних джерел біоенергетики.

Для досягнення даної мети були використані такі методи наукових досліджень: системний – для уточнення категоріального апарату; монографічний – під час опрацювання фахових літературних джерел та роботи з текстовим поданням зазначеної проблематики; наукова абстракція – для розгляду наукової основи використання енергетичного потенціалу біомаси, оцінки ключових особливостей відновлюваної енергії, включаючи біоенергетику як складову сталого розвитку; графічний – для зображення результатів дослідження; логічний – для визначення позитивних соціальних та економічних ефектів, для узагальнення результатів і формування висновків.

Результати дослідження та їх обговорення. На сьогодні Україна залишається енергодефіцитною країною, залежною від імпорту практично всіх видів енергоресурсів. Тому питання зосередження зусиль на пошуках рішень щодо переходу від традиційного палива на відновлювальні джерела енергії потребує негайного вирішення.

Найвагомішим у структурі виробництва енергії з відновлюваних джерел є біомаса. Зростання виробництва енергії з відновлюваних джерел є важливим

напрямом заміщення природного газу, оскільки зберігається великий резерв для переорієнтації експорту біомаси на внутрішній ринок.

Біомаса стає все більш важливим відновлюваним джерелом енергії, що пояснюється терміною необхідністю скорочення споживання дорогих викопних палив[14] .

Технології для виробництва енергії з біомаси добре відомі та успішно застосовуються. Біомаса є місцевим видом палива і її використання збільшує регіональну додану вартість через мінімізацію імпорту природного газу, нафти та вугілля. Виробництво та постачання біомаси сприяє створенню нових робочих місць, переважно в сільській місцевості, що важливо для місцевої економіки [15].

Сталий розвиток біоенергетики вимагає, насамперед ретельної оцінки наявного потенціалу біомаси. Тому, нами, як приклад, здійснено оцінку теоретичного енергетичного потенціалу біомаси ПП «Соснова», яке розташоване в Київській області.

Київська область є аграрним регіоном, у якому утворюються великі обсяги побічної продукції та відходи, придатні для енергетичного використання. Великі площі сільськогосподарських земель створюють значний потенціал для вирощування енергетичних культур.

Доступними для виробництва енергії є солома жита, пшениці, ячменю, вівса, проса, гречки, гороху, ріпаку, сої, а також стебла кукурудзи та соняшнику. Отже, частка рослинних відходів сільського господарства, може бути використана для виробництва енергії.

Побічну продукцію, у даному випадку соломі, підприємство використовує для декількох цілей: як корм та підстилку для тварин, добриво для поля, тому залишок пропонуємо використовувати для енергетичних цілей.

Для визначення виходу соломи враховується коефіцієнт виходу побічної продукції, який залежить від урожайності культур.

На годівлю й підстилку використовується переважно солома пшениці та ячменю. За нашими підрахунками потреба на годівлю становитиме 523 ц: у т.ч. для корів – 98 т; для ВРХ на відгодівлі – 411 т; для овець – 14 т.

Тобто, на потреби тваринництва потрібно – 1917 т соломи, залишок її можна використати на енергетичні цілі.

Енергетичний потенціал відходів розраховується за формулою:

$$P_c = \sum_{i=1}^n V_{c_i} \cdot Koe_i, \quad (1.1)$$

де V_{c_i} – обсяг соломи, доступної для виробництва енергії i -го типу (наприклад, солома пшениці);

Koe_i – коефіцієнт перерахунку потенціалу біомаси у нафтовий еквівалент.

Теоретичний потенціал відходів найкраще відображає обсяг біомаси, доступної для енергетичних потреб. Результати його оцінки в ПП «Соснова наведено в таблиці 1. У нашому дослідженні розраховано теоретичний енергетичний вихід побічної продукції (соломи): з урахуванням коефіцієнту втрат розраховано доступну кількість соломи та пожнивних решток; визначено обсяг побічної продукції як добрива; 3) розраховано потребу соломи для тваринництва (на корми та підстилку); 4) визначено надлишок соломи як різницю між доступною кількістю соломи та розрахунковими потребами для тваринництва і як добриво.

Отже, підтверджуються прийняті в методиці розрахунку потенціалу біомаси припущення, що до 40 % побічної продукції кукурудзи та соняшнику й до 30 % інших сільськогосподарських культур можна використовувати для цілей енергетики.

1. Теоретичний потенціал відходів ПП «Соснова», т.н.е.

Культура	Урожайність основної продукції, ц/га	Вихід побічної продукції з 1 га, ц	Площа, га	Виробництво, т	Доступна кількість соломи, т	На добрива, т	На корми та підстилку, т	Для енергетичного використання, т	Теоретичний потенціал, т.н.е.
Пшениця	51,8	83	1560	12917	11626	5813	1719	4094	1417
Ячмінь	57,2	66	227	1494	1344	672	199	473	164
Горох	29,0	49	313	1543	1389	694		694	240
Разом									1821
Кукурудза	95,7	201	1665	33462				25096	4793
Соняшник	30,7	61	1000	6137				4296	614
Соя	22,3	18	1059	1887				1699	588
Ріпак	24,8	20	900	1786				1607	575
Разом									6571
Усього									8392

Джерело: розраховано автором на основі [3]

Отже, у нашому випадку доступними для виробництва енергії є солома пшениці, ячменю, гороху, сої, а також стебла кукурудзи та соняшнику.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що теоретичний енергетичний потенціал відходів суттєво залежить від урожайності відповідних сільськогосподарських культур. Переважаючим видом біомаси в досліджуваному підприємстві стали стебла кукурудзи – 4793 тис. т н.е. та солома пшениці – 1417 тис. т н.е. Найменший теоретичний енергетичний потенціал можна отримати від соломи ячменю – 164 тис. т н.е (табл.1).

Разом даний потенціал ПП «Соснова» складає – 8392 т.н.е., частину з якого займає солома зернових культур – 1821 т.н.е., але більшість припадає на побічну продукцію технічних культур – 6571 т.н.е.

На рисунку 1 представлено детальну структуру теоретичного енергетичного потенціалу відходів ПП «Соснова».

**Рис. 1. Структура теоретичного енергетичного потенціалу відходів
ПП «Соснова», 2019 р., %**

Джерело: сформовано за даними підприємства

Зазвичай, важливий вплив на таку структуру має місце розташування підприємства та його спеціалізація.

Порівнюючи вартість енергії з різних видів палива встановлено, що вартість одиниці енергії соломи учетверо дешевша за природний газ, тому, якщо підприємство буде використовувати побічну продукцію як теоретичний енергетичний потенціал, воно зможе значно заощаджувати кошти та ефективно використовувати відходи (табл. 2).

2. Вартість енергії з різних видів палива

Вид палива	Нижча теплота згоряння		Вартість палива грн/т (1000 м ³)	Вартість одиниці енергії, грн/Мдж
	МДж/кг(м ³)	ккал/кг(м ³)		
Природний газ	33,5	8000	8134	0,2428
Вугілля	21,6	5158	3089	0,1430
Дрова	13,5	3224	1400	0,1037
Деревна тріска	9,2	2197	950	0,1033
Солома	14,4	3442	880	0,0611

Джерело: розраховано автором на основі [3]

З огляду на те, що ціни на вугілля та природний газ щороку зростають, підприємству буде економічно вигідно перейти на тверді місцеві біопалива.

Тому, на прикладі об'єкта «школа», яка розташована поблизу нашого підприємства, ми розрахували скільки би цей об'єкт міг заощадити якщо опалював би не традиційними видами палива, а за допомогою відходів.

Встановлено, що для забезпечення децентралізованого теплопостачання в цій школі використовується природний газ. Школа опалюється котельнею на газу. У 2019 році за опалювальний сезон у школі спалили 36,3 тис. кубометрів газу вартістю 283 тис. грн (табл. 3).

3. Вартість опалюваного сезону в школі природним газом, 2019 р.

Об'єкт	Ресурси для генерації тепла	Обсяг ресурсу тис. м ³	Коефіцієнт переводу у н.е.	Обсяг ресурсу , тис. т.н.е.	Ціна за 1 т, 1000 м ³ , грн	Вартість усього, тис. грн	Вартість 1 т н.е., грн
Школа	Природний газ	36,3	0,812	29,5	7809	283	9617

Джерело: розраховано автором на основі [3]

Якщо школа опалювалася б соломою та стеблами (відходами), то вартість опалювального сезону становила би – 70,7 тис. грн, тобто, економія складає – 212,7 тис. грн на рік.

Проте, відходи господарства для енергетичного використання за нашими розрахунками становлять лише – 8,3 тис. т. н.е., за потреби – 29,5 тис. т. н.е., тобто, використовуючи вищевказаний обсяг соломи підприємство може на 28 % забезпечити потребу школи на опалювальний сезон. Економія між тим становитиме 60,6 тис. грн (табл. 4).

4. Розрахунок економії в опаленні різними видами палива

Вид палива	Обсяг, тис. т	Обсяг, н.е.	Вартість м ³ , грн	Вартість усього, тис. грн	Вартість 1 н.е., грн
Природний газ, тис. м ³	36,3	29,5	7809	283,5	9617
Солома, відходи		29,5		70,7	2400
Економія				212,7	

Природний газ, тис. м3		21,1		202,8	9617
Солома, відходи		8,391		20,1	2400
		29,5		222,9	
Економія				60,6	

Джерело: розраховано автором на основі [3]

Представлені розрахунки підтверджують той факт, що школа дійсно може заощаджувати велику суму коштів, водночас не завдаючи шкоди довкіллю. Отже, одне підприємство може забезпечити 28 % потреби в опалювальному сезоні, а в Київській області таких підприємств достатня кількість, щоби повністю забезпечити відходами для опалення не одну школу.

Тому можна з упевненістю сказати, що інвестиції в такі проєкти мають право на життя і будуть прибутковими.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, Україна має достатній потенціал для динамічного розвитку сектору біоенергетики. Основними рушійними силами цього процесу є постійний ріст цін на традиційні енергоносії та наявність великого потенціалу біомаси, доступної для енергетичного використання.

В умовах загострення проблеми енергозабезпечення України постає необхідність переглянути структуру наявних джерел енергії на користь технологій, що використовують відновлювані енергоресурси. Найбільш сприятливим напрямом розв'язання проблеми стає пошук і використання біопалива.

Тому, зниження рівня непрогнозованої імпортозалежності на енергоносії на найближчий період залишається основним завданням відновлення енергетичної безпеки країни. Ефективний розвиток біоенергетики сприятиме формуванню біоенергетичного іміджу України, залученню вітчизняних та іноземних інвестицій у найбільш перспективний напрям в енергетичній галузі.

REFERENCES:

1. Sajt Perspekty`vy` rozvy`tku bioenergety`ky` v Ukrayini [Website

Prospects for the development of bioenergy in Ukraine]. ecotown.com.ua Retrieved from: <https://ecotown.com.ua/news/Perspektyvy-rozvytku-bioenerhetyky-v-Ukrayini/> [in Ukraine].

2. Kandul S. (2010) Vy`mogy` stalosti vy`robny`chtva biopaly`va v YeS: naslidky` dlya ukrayins`ky`x vy`robny`kiv sy`rovy`ny` [Sustainability requirements for biofuel production in the EU: implications for Ukrainian producers of raw materials] A series of advisory works. Institute for Economic Research and Policy Consultin. Retrieved from: http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2010/PP29.Final.UKR.pdf.) [in Ukraine].

3. Oficijnij`j sajt Derzhavnoyi sluzhby` staty`sty`ky` [Official site of the State Statistics Service]. www.ukrstat.gov.ua Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua>

4. Galchynska Yu. M. (2018) Rozvy`tok vitchy`znyanogo potencialu vy`robny`chtva biogazu [Development of domestic biogas production potential]. Naukovy`j visny`k Poltavskogo universy`tetu ekonomiky` i torgivli - Scientific Bulletin of Poltava University of Economics and Trade, 5, 56-67

5. Galchynska Yu. M. (2018) Rozvy`tok bioenergety`ky` v Ukrayini: markety`ngovy`j aspekt [Development of bioenergy in Ukraine: marketing aspect]. Kyiv. [in Ukraine].

6. Heletukha H.H., & Zhelezna T.A. (2014) Bioenergety`ka v Ukrayini: stan rozvy`tku, baryery` ta shlyaxy` podolannya [Bioenergy in Ukraine: state of development, barriers and ways to overcome]. Bioenergety`ka – Bioenergy, Vol. 3, 16-19 [in Ukraine].

7. Heletukha H.H., & Zhelezna T.A. (2014) Perspekty`vy` vy`kory`stannya vidxodiv sil`s`kogo gospodarstva dlya vy`robny`chtva energiyi v Ukrayini [Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine] Analytical note UABIO. Available at: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/1143/>

8. Holub H.A., & Lukyanets S.V. (2013) Investy`cijna pry`vably`vist` vy`robny`chtva f vy`kory`stannya dy`zel`nogo biopaly`va [Investment attractiveness of production and use of diesel biofuel] Ekonomika APK - The Economy of Agro-Industrial Complex, 2, 54-61

9. Devyanin S.N. (2007) Rastitelnye masla i topliva na ih osnove dlya dizelnyh dvigatelej [Vegetable oils and fuels based on them for diesel engines]. Kharkiv [in Ukraine].

10. Shpy`chak, O.M., Stasinevy`ch, S.A., & Kucz`, T.V. (2010) Ekonomichna efekty`vnist` vy`robny`chtva biopaly`va v konteksti prodovol`choyi ta energety`chnoyi bezpeky` Ukrayiny` [Economic efficiency of biofuel production in the context of food and energy security of Ukraine] Kyiv: ZAT «Nichlava». [in Ukraine].

11. Kaletnik H.M. & Pry`shlyak N.V. (2013) Vy`robny`chtvo bioetanolu z czukrovy`x buryakiv – ody`n iz golovny`x chy`nny`kiv stabilizaciyi galuzi [Bioethanol production from sugar beets is one of the main factors stabilizing the industry]. Ekonomika APK - The Economy of Agro-Industrial Complex

12. Ky`ry`lenko I.H., Dem`yanchuk V.V., & Andryushhenko B.V. (2010) Formuvannya ry`nku ukrayins`kogo biopaly`va: peredumovy`, perspekty`vy`, strategiya [Formation of the Ukrainian biofuel market: preconditions, prospects,

strategy]. Ekonomika APK - The Economy of Agro-Industrial Complex, 4, 62-67

13. Mesel-Veselyak V. Ya. (2015) Vy`robny`cztvo al`ternaty`vny`x vy`div energety`chny`x resursiv yak faktor pidvy`shhennya efekty`vnosti sil`s`kogospodars`ky`x pidpry`yemstv [Production of alternative types of energy resources as a factor in improving the efficiency of agricultural enterprises] . Ekonomika APK - The Economy of Agro-Industrial Complex, 2, 18-27

14. Renewables 2017. Global Status Report. REN 21, 2017 <http://www.ren21.net/gsr-2017>

15. Key World Energy Statistics 2016, IEA [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Key World 2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Key%20World%202016.pdf)

16. AEBIOM Statistical Report 2016. Full Report <http://www.aebiom.org/statistical-report-2016>

17. Cherevko H. V., Savchenko Ye. V., & Sy`rotyuk K. S. (2016) Ekonomichna efekty`vnist` vy`kory`stannya sonyachnoyi energiyi u sil`s`kogospodars`ky`x pidpry`yemstvx [Economic efficiency of solar energy use in agricultural enterprises]. Lviv: Liga-Press. [in Ukraine].

ADVANTAGES OF BIOMASS COMPARED TO TRADITIONAL FUELS

L. Stepasyuk, O. Nahorna

***Annotation.** Given Ukraine's high dependence on imported energy, primarily natural gas, and the availability of great biomass potential, it has been proven that bioenergy is one of the strategic directions of the sector's development in renewable energy sources. It is determined that the pace of bioenergy development in Ukraine still lags significantly behind European ones.*

It is established, that in the developed countries of the world use of biomass as a source of energy continues to play an important role because of a significant increase in prices for oil and gas, as well as the growing demand for protection of the environment. Therefore, the introduction of modern technologies for continuous energy production from biomass is an important condition for the solution of problems of supply of energy and prevent degradation of the environment.

The possibility of using biofuels in the Kyiv region is proved, the investment attractiveness of this region as a source of thermal energy is revealed.

The methodical approach to estimating the theoretical potential of waste due to the use of alternative energy sources is substantiated.

The theoretical energy potential of the biomass of by-products of agricultural crops of private enterprise "Sosnova" was assessed, which made it possible to determine the prospects of an agricultural enterprise in the energy supply of the Kyiv region at the expense of biofuels.

According to the generally accepted method, the theoretical energy potential of straw and vegetable waste of private enterprise "Sosnova" was calculated, which in the market turnover in 2019 amounted to 8392 tons of oil equivalent. It was determined that the predominant type of biomass in the studied enterprise were corn stalks and wheat straw.

On the example of the object of the school, which is located near the

investigated enterprise, the calculation of savings on heating by replacing the traditional type of fuel (natural gas) with biofuel.

The calculations show that due to biofuels the company can provide 28% of the school's need for the heating season. The savings will be - 60.6 thousand UAH and its use allow you to save about 43% of fuel annually.

Keywords. *Biomass, energy, bioenergy, energy, biofuels, energy resources, efficiency*