

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ТА БІОПАЛИВ

**ФТОМА О.В., АСИСТЕНТ\***,

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

*Проведено оцінку економічної та енергетичної ефективності виробництва енергетичних культур – ріпаку озимого, пшениці озимої, кукурудзи, цукрового буряка та переробки їх на біопаливо.*

*Оцінено економічну і енергетичну ефективність біодизеля із озимого ріпаку і біоетанолу з пшениці озимої, кукурудзи та цукрового буряка. Дослідили, що біопаливо буде окупним, якщо використовувати весь біологічний врожай.*

*The research included an economic and energy analysis and an assessment of winter rape, winter wheat, corn and sugar beet production technologies and processing of obtained products into biofuels.*

*Then, the researches calculated economic and energy efficiency for the production of biodiesel based on winter rape, and of – bioethanol – based on winter wheat, corn, sugar beet. The research indicates that production of biofuels may be profitable provided that the resultant sale covers not only biofuels but straw as well and in case of rape – extracted meal. This also applies to biofuels production energy efficiency.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Україна в значній мірі залежить від зовнішніх поставок енергоносіїв, в основному, з Росії. Щоб мати безперебійне і гарантоване забезпечення життєдіяльності країни потрібно диверсифікувати джерела постачання енергоносіїв. В той же час використання викопних палив суттєво погіршує екологію довкілля, приводить до зміни клімату, виникнення парникового ефекту тощо.

На даний час людство активно веде пошук альтернативних джерел енергії, які будуть екологічно безпечні і здатні замінити мінеральні палива. Одним із напрямків розвитку альтернативної енергетики є використання біопалив, тобто палив, отриманих з біологічних ресурсів.

Україна володіє значними обсягами земельних ресурсів для ведення сільськогосподарського виробництва і здатна не лише забезпечити власні потреби в продовольстві, але й виробувати енергетичні культури.

---

\* Науковий керівник – Липчук В.В., д.е.н., професор

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика виробництва біопалива та його ефективності висвітлена в наукових працях Г.М.Калетніка, В.О.Дубровіна, М.Ю.Коденської, М.О.Корчемного, С.О.Кудрі, Г.М.Забарного, М.Кобця та інших вчених, наукові напрацювання яких розкривають і оцінюють перспективи і проблеми використання біопалив в Україні та світі.

Однак стосовно доцільності виробництва біопалив серед вчених ведеться дискусія. Протівники біопалив наголошують на загостренні продовольчої проблеми, а також стверджують про низьку економічну та енергетичну їх ефективність.

**Формулювання цілей статті.** Оцінити за економічним та енергетичним критерієм ефективність енергетичних сільськогосподарських культур – ріпаку озимого, пшениці озимої, кукурудзи та цукрового буряку, вирощених за сучасними інтенсивними технологіями в умовах західних областей України, а також отриманих із них біопалив та визначити найбільш економічно та енергетично перспективні.

*Методика досліджень.* Показники економічної та енергетичної ефективності виробництва енергетичних культур оцінювали розрахунковим шляхом. В основу розрахунків покладено технологічні карти складені для умов інтенсивної технології виробництва. Передбачалась традиційна система основного обробітку ґрунту з обертанням пласта. Технологічні засоби, обладнання, знаряддя приймали в основному вітчизняного виробництва, які повністю забезпечують дотримання агротехнічних вимог. Обсяги внесення добрив та засобів захисту відповідали потребі рослин для отримання врожаю відповідно озимого ріпаку – 3,0 т/га, озимої пшениці – 6,0 т/га, кукурудзи на зерно – 8,0 т/га, цукрового буряку – 50,0 т/га. Ціни на матеріали, сировину, продукцію тощо приймали станом на листопад 2011 року.

Коефіцієнт енергетичної ефективності біопалива  $\alpha$  визначали як відношення енергії, отриманої в біопаливі та побічній продукції (соломі, макусі, гліцерині, лушпинні, барді тощо) до затраченої енергії.

$$\alpha = \frac{\sum E_o}{E} \quad (1)$$

де  $\sum E_o$  - сума отриманої енергії в біопаливі та побічній продукції, МДж;

$E$  – енергія, затрачена на виробництво біопалив, МДж.

Оцінку кількості отриманого рідкого біопалива, еквівалентного за енергоємністю дизельному в порівнянні із затраченим рідким паливом в технологічному процесі здійснюємо за коефіцієнтом енергетичної ефективності використання рідкого палива  $\alpha_{рп}$ , який визначаємо за формулою:

$$\alpha_{рп} = \frac{M_{бп} \cdot e_{бп}}{M_{рп} \cdot e_{дп}} \quad (2)$$

де  $M_{бп}$  – обсяг виробництва біопалива з гектара площі посіву, *кг/га*;  $M_{рп}$  – затрати рідкого палива на гектар площі посіву енергетичних культур, *кг/га*;  $e_{бп}$  – енергоємність біопалива, *Мдж/кг* (для біодизеля  $e_{бп} = 37,6$  *Мдж/кг*, для біоетанолу  $e_{бп} = 26,7$  *Мдж/кг*);  $e_{дп}$  – енергоємність дизельного палива, *Мдж/кг* ( $e_{дп} = 43,3$  *Мдж/кг*).

Собівартість одного *Мдж* енергії біопалива ( $C_{ен}$ ) визначаємо з формули:

$$C_{ен} = \frac{C}{\sum E_o} \quad (3)$$

Сумарний енергетичний ефект, який показує різницю між отриманою і затраченою енергією на одному гектарі площі посіву (приріст енергії) визначаємо з формули:

$$E_{еф} = \sum E_o - E \quad (4)$$

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз витрат коштів на один гектар посіву традиційних для України енергетичних культур, зокрема, ріпаку озимого, пшениці озимої, кукурудзи на зерно та цукрового буряка (табл. 1) свідчить, що найнижчі витрати при виробництві ріпаку озимого, які становлять 4830 *грн/га*, а найбільші для посівів цукрового буряку – 12650 *грн/га*.

В структурі затрат усіх розглядуваних сільськогосподарських культур найбільша складова це добрива, засоби захисту та насіння, яка в усіх випадках більша 50%, зокрема, для ріпаку озимого – 2714 *грн/га*, що становить 56,2%; пшениці озимої 3281 *грн/га* – 55,2%, кукурудзи 4443 *грн/га* – 50,1%, цукрового буряку 6978 *грн/га* – 55,2%.

Таблиця 1

**Економічна ефективність виробництва енергетичних культур \***

№ п/п	Показники	Одиниці	Ріпак озимий	Пшениця озима	Кукурудза	Цукровий буряк
1	Урожайність	<i>т/га</i>	3,0	6,0	8,0	50,0

2	Витрати на виробництво, всього:	<i>грн./га</i>	4830	5940	8720	12650
	в т.ч. - техніку	<i>грн./га</i>	687	970	1861	2560
	-рідке паливо	<i>грн./га</i>	855	997	1561	2170
	-добрива, насіння	<i>грн./га</i>	2714	3281	4443	6978
	-оплату праці - інші витрати	<i>грн./га</i>	190 384	212 480	262 593	309 633
3	Собівартість основної продукції	<i>грн./т</i>	1610	990	1090	253
4	Реалізаційна ціна основної продукції	<i>грн./т</i>	4000	1850	1800	380
5	Прибуток на гектар площі посіву	<i>грн./га</i>	7170	5160	5680	6350
6	Прибуток на тону реалізованої продукції	<i>грн./т</i>	2390	860	710	127
7	Рівень рентабельності	%	148,4	86,9	65,1	50,2

*\* Джерело: власні розрахунки автора*

Друга за величиною стаття витрат при виробництві озимого ріпаку та озимої пшениці це енергоносії, які складають відповідно 17,7% і 18,8%. В той же час при вирощуванні кукурудзи та цукрового буряку на другому місці витрати на експлуатацію техніки – відповідно 21,3% та 20,2%. Собівартість однієї тони насіння ріпаку 1610 *грн.*, озимої пшениці 950 *грн.*, зерна кукурудзи 1080 *грн.*, коренів цукрових буряків 253 *грн.*

Переробка продукції на біопаливо потребує затрат коштів в обсягах 38 - 52% від його собівартості. Так собівартість переробки однієї тонни насіння ріпаку на біодизель (табл. 2) складає 686,7 *грн/т*; зерна пшениці на біоетанол – 635,8 *грн/т*; зерна кукурудзи – 668,8 *грн/т*; коренів цукрового буряка на біоетанол – 276,0 *грн/т*.

Порівняльний розрахунок економічної доцільності виробництва біопалива зроблено для двох варіантів (табл. 2).

Перший варіант. Біопаливо виготовляється із власної сировини, тобто ціна сировини для біопалива дорівнює її собівартості.

Другий варіант. Сировина для біопалива закупляється за ринковою ціною.

Отримані результати (табл. 2) свідчать, що рівень рентабельності найвищий у біодизеля отриманого із власної сировини, однак прибуток в розрахунку на один гектар посіву найвищий при виробництві біоетанолу із цукрового буряка.

Прибуток на один гектар посіву ріпаку у випадку реалізації насіння ріпаку в порівнянні із реалізацією біодизеля більший на 1098 *грн.* В той же час виробництво і реалізація біоетанолу в усіх розглянутих випадках приносить більший прибуток в порівнянні із реалізацією сировини (насіння пшениці, кукурудзи та коренів цукрового буряка).

Найбільшу питому вагу в структурі затрат на виробництво біопалива складають витрати на сировину, зокрема, для біодизеля у першому варіанті досліджень становлять 70%, а другому варіанті 85% для біоетанолу у першому варіанті: із пшениці 61%; кукурудзи 62%, цукрового буряка 48%; а у другому варіанті відповідно: з пшениці 74%; кукурудзи 73%; цукрового буряка 58%.

Із наведених досліджень видно, що при закупівлі сировини за ринковими цінами біодизель є збитковим і нерентабельним. Біоетанол в усіх розглянутих випадках рентабельний.

Таблиця 2

**Рентабельність виробництва біопалива  
із власної та купленої сировини\***

№ п/п	Показники	Одини ці	Біодизель		Біоетанол	
			Ріпак озимий	Пшениця озима	Куку- рудза	Цукровий бурак
1	Вихід біопалива з однієї тонни сировини	<i>т</i>	0,400	0,270	0,284	0,070
2	Обсяги виробництва біопалива з гектара посіву	<i>т/га</i>	1,20	1,62	2,27	3,53
3	Собівартість переробки сировини та біопаливо	<i>грн./т</i>	686,7	635,8	668,8	276,0
4	Ціна реалізації біопалива	<i>грн./т</i>	10800	11000	11000	11000
Розрахунок за умови власної сировини						
5	Собівартість сировини	<i>грн./т</i>	1610	990	1090	253
6	Собівартість біопалива	<i>грн./т</i>	5742	6022	6193	7493
7	Виручка від реалізації продукції з одного гектара площі посіву	<i>грн./га</i>	12960	17820	24992	38830
8	Прибуток на один гектар посіву	<i>грн./га</i>	6072,0	8067,6	10928,3	12390,3
9	Прибуток на одну тонну біопалива	<i>грн./т</i>	5060	4980	4810	3510
10	Рівень рентабельності	<i>%</i>	88,2	82,7	77,7	46,8
Розрахунок при умові купленої сировини за ринковими цінами						
11	Закупівельна ціна на сировину	<i>грн./т</i>	4000	1850	1800	380
12	Собівартість біопалива	<i>грн./т</i>	11716,8	9206,7	8693,0	9371,4
13	Прибуток в розрахунку на тонну біопалива	<i>грн./т</i>	- 916,8	1793,3	2307,0	1628,6
14	Рівень рентабельності	<i>%</i>	- 7,8	19,5	26,5	17,4

\* Джерело: власні розрахунки автора

Є очевидним, що виробництво біодизелю є можливим лише при кооперації підприємств виробників сировини та переробних підприємств; створення великих агрохолдингів або кластерів, які уособлюють «колективну ефективність» [1], а також у випадку будівництва міні-заводів із виробництва біодизеля для власних потреб у рідкому паливі виробниками сировини.

В приведених розрахунках не врахована можлива виручка від реалізації побічної продукції.

Окрім основної продукції при виробництві біопалив є побічні продукти, які мають теж важливе народногосподарське значення. В результаті вирощування та переробки ріпаку та пшениці отримуємо соломку, яка може бути використана як біопаливо. При спалюванні соломи можна отримати значну кількість теплової енергії (17,4 *МДж/кг*), а також її можна перетворювати на біогаз, використовувати як добриво, корм тваринам тощо. На біогаз можна перетворити гічку буряка, а також стебла кукурудзи. Значну цінність має макуха ріпакова, якої виходить більше 50% від кількості насіння, а також гліцерин, вихід якого становить біля 5% від маси насіння. З врахуванням побічної продукції ефективність виробництва сільськогосподарської культури на біопаливо зростає.

Аналіз витрат коштів на виробництво біопалива показує, що у структурі витрат на біодизель найбільшу частку складають добрива засоби захисту і насіння (39,1%), а біоетанолу – переробка сировини на біоетанол (38 – 52,2%), а найменшу частину в усіх випадках складає оплата праці людей (1,2 – 2,8%).

Оцінка витрат енергії в розглянутих технологіях виробництва енергетичної продукції показує (таб 3), що найбільш енергозатратним у розрахунку на один гектар посіву є виробництво цукрових буряків (56285 *МДж/га*), а найменш енергозатратним є виробництво насіння ріпаку (26848 *МДж/га*).

В структурі затрат енергії на виробництво біопалив найбільше в усіх розглянутих випадках складають добрива (43,8 – 46,7%), на другому місці затрати енергії на переробку сировини на біопаливо (32,2 – 39,6%). На енергоносії в розглянутих технологіях затрачається 8,2 – 11,4% енергії. Найменші енергозатрати складає праця людей (0,8%).

Найбільшу кількість енергії у вигляді рідкого біопалива з одного

гектара посіву можна отримати із цукрових буряків (94785  $MДж/га$ ), однак, коефіцієнт енергетичної ефективності найвищий у біодизеля із ріпаку ( $\alpha = 1,15$ ).

За критерієм коефіцієнта енергетичної ефективності біоетанол з пшениці та кукурудзи є енергетично неефективним, оскільки затрати енергії на його виробництво перевищують отриману її кількість. При виробництві біопалива лише з основної сировини на одному гектарі посіву сумарний енергетичний ефект для біодизеля  $E_{ef}$  становить 5732  $MДж/га$  енергії. Біоетанол із пшениці та кукурудзи за даних умов є енергетично неефективними, оскільки, приросту енергії не приносять.

Значна кількість енергії є у побічній продукції (соломі, макусі, гліцерині, жомі тощо), яку теж можна успішно використати на енергетичні потреби, зокрема, при безпосередньому спалюванні за відповідної підготовки (подрібненні, гранулюванні, пресуванні, брикетуванні тощо) або після перетворення на біогаз або рідке біопаливо за допомогою відповідних технологій. В цьому випадку енергетична ефективність розглядуваних енергетичних культур суттєво зростає і найвищим є енергетичний ефект при виробництві ріпаку, який складає 97293  $MДж/га$  (табл. 3), а також коефіцієнт енергетичної ефективності ріпаку 3,46.

На наш погляд важливою є оцінка біопалива за коефіцієнтом енергетичної ефективності використання рідкого палива  $\alpha_{rp}$ , який характеризується відношення енергії рідкого біопалива до енергії затраченого палива на весь цикл виробництва. Даний показник для біодизелю із ріпаку становить 11,8, а для біоетанолу із пшениці 10,7; із кукурудзи 10,7; із цукрового буряка 9,3.

Отримані результати свідчать, що значний енергетичний ефект із розглядуваних культур можна отримати використавши весь біологічний урожай на енергетичні потреби.

Отже, виробництво та споживання біопалив в Україні є можливим, проте економічні витрати від цього будуть значні. З іншого боку реалізація сировини для біопалива на зовнішньому ринку, особливо, насіння ріпаку, може принести значний економічний ефект. В теперішніх умовах без субсидій та експортних пільг виробники біопалив не зможуть конкурувати на зовнішньому ринку.



Таблиця 3

## Енергетична оцінка біопалива \*

№ п/п	Показники	Одиниці	Біодизель	Біоетанол		
			Ріпак озимий	Пшениця озима	Кукурудза	Цукровий буряк
Вирощування сировини						
1	Затрати енергії на вирощування сировини всього:	<i>МДж/га</i>	26848	30689	39491	56285
	В т.ч.: - машини і механізми	<i>МДж/га</i>	4200	4081	4750	5872
	- рідке паливо	<i>МДж/га</i>	3843	4030	5668	10200
	- добрива, насіння	<i>МДж/га</i>	18495	22200	28653	39519
	- праця людей	<i>МДж/га</i>	310	378	420	694
Виробництво біопалива						
2	Затрати енергії на переробку сировини в біопаливо, $E_6$	<i>МДж/га</i>	12780	18493	25955	33512
3	Затрати енергії на виробництво біопалива, $E$	<i>МДж/га</i>	39629	49182	65449	89797
4	Енергетична цінність біопалива $\alpha$	<i>МДж/га</i>	45360	43222	60662	94785
Енергетична ефективність						
5	Коефіцієнт енергетичної ефективності біопалива $\alpha$		1,15	0,88	0,93	1,06
6	Коефіцієнт енергоефективності використання рідкого палива $\alpha_{рл}$		11,8	10,7	10,7	9,3
7	Енергетична цінність побічної продукції	<i>МДж/га</i>	91562	92300	101400	85600
8	Сумарна отримана енергія з гектара площі посіву $\sum E_o$	<i>МДж/га</i>	136922	135522	162062	180385
9	Сумарний коефіцієнт енергетичної ефективності $\alpha$		3,46	2,76	2,48	2,01
10	Сумарний енергетичний ефект з гектара площі посіву $E_{еф}$	<i>МДж/га</i>	97293	86340	96613	90588
11	Коефіцієнт енергоефективності використання рідкого палива, $\alpha_{рл}$		11,8	10,7	10,7	9,3

\* Джерело: власні розрахунки автора

## **Висновки.**

1. З економічної точки зору для сільськогосподарських виробників найдоцільнішим є виробництво і реалізація насіння ріпаку, оскільки рівень рентабельності в цьому випадку становить 148,4%. Ефективним є також виробництво біопалива із власної сировини. В цьому випадку рівень рентабельності біодизеля найвищий із розглянутих варіантів і складає 88,2%.

2. Виробництво біодизеля із покупної сировини є збитковим і може бути організовано лише при умові дотацій держави та реалізації побічної продукції (макухи, гліцерину, соломи).

3. Всі розглянуті енергетичні сільськогосподарські культури є енергоефективними за умови використання всього біологічного врожаю, найкращий показник у ріпаку, для якого коефіцієнт енергоефективності 3,46.

4. Один кілограм затраченого рідкого палива на виробництво сировини для біопалива дозволяє отримати 13,6 кг біодизеля енергетична цінність якого 510,9 МДж, 17,4 кг біоетанолу із пшениці або кукурудзи енергетична цінність - 463,3 МДж; 15,1 кг біоетанолу із цукрового буряка енергетична цінність – 403,2 МДж, що свідчить про можливість зменшити залежність України від зовнішніх поставок рідкого палива нафтового походження

## **Література.**

1. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та економічна безпека України. Монографія. – К.: «Хай-Тек Прес. – 2010. – 516 с.

2. Збарний Г.М., Кудря С.О., Кондратюк Г.Г., Четверик Г.О. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України. К. – 2006.

3. Дубровін В.О., Корчемний М.О., Масло І.П. та ін.. Біопалива (технологія, машини і обладнання). – К.: ЦТТ «Енергетика і електрифікація». – 2004. – 256 с.

4. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145.

5. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. – К.: Урожай. – 1988. – 208с.

6. Коденська М.Ю. Обґрунтування необхідності розробки інвестиційних проектів у розвиток біоетанолової галузі на базі продукції цукрово-бурякового виробництва. ННЦ «Інститут аграрної економіки». – 2010. – 12 с.

7. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Ріпак. – 2-ге вид., док. – Львів: НВФ «Українські технології». – 2010. – 124 с.

8. Пастухов В.І., Ільченко В.Ю, Маленко Р.В. Енергетична і економічна оцінка комплексу вітчизняних і зарубіжних машин для вологозберігаючої технології вирощування озимого ріпаку в степу України. ХНТУСГ ім. П.В. – 2010. – 6 с.

9. Dobek T, Dobek M, Sarek O. Ocena efektywnosci ekonomicznej i energetycznej produkcji pszenicy ozimej i rzepaku ozimego wykorzystanych do produkcji biopaliw. Inżynieria Rolnicza 1(119). 2010. – С. 161 – 168.

10. Richards I.R. Energy balances in the growth of oilseed rape for biodiesel and of wheat for bioethanol. Levington Agriculture Report, BABFO. 2000. S. 9 – 38.