

## ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛЬНОГО

Макарчук О.Г.

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Досліджено сировинну базу для виробництва біопального. Розглянуто питання енергетичного балансу процесу виробництва біопального по відношенню до мінерального. Оцінено переваги та недоліки розвитку біопалив другого покоління.

**Ключові слова:** енергетична ефективність, оцінка, біомаса, біопальне, мінеральне пальне.

**Постановка проблеми.** Сучасні біоенергетичні технології, що виробляють тепло, струм і пальне для транспорту швидко просовуються вперед, фокусуючись все більше на виробництві рідкого біопального, особливо етанолу та біодизелю. Сьогодні основними країнами, які домінують у виробництві рідкого біопального є США, Бразилія, країни ЄС, а також багато інших країн, які відводять важливе місце для розвитку біоенергетики в своїх майбутніх енергетичних програмах. У числі країн, які визначили нову, пробіопаливну політику за останні роки, варто виділити такі країни як: Австралія, Аргентина, Еквадор, Замбія, Індія, Індонезія, Канада, Китай, Колумбія, Малаві, Малазія, Мексика, Мозамбік, Південна Африка, Сенегал, Таїланд, Філіппіни.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням питання розвитку та виробництва біопального займаються провідні вітчизняні та зарубіжні вчені: В.О. Дубровін, Г.Г. Гелетуша, М.І. Кобець, Х. Штрубенхофф, Юрген Цеддіс, Фолькхард Ізермеєр, та інші.

Крім того дослідження ринку біопального займається велика кількість установ, зокрема, варто виділити: Національна академія наук України, Міністерство аграрної політики та продовольства України, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, Національний університет біоресурсів та природокористування України, Науково-технічний центр «Біомаса», Біоенергетична асоціація України, Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки «ПРООН», UFOP (Німецький союз виробників олійних та високобілкових рослин), USDA (Міністерство сільського господарства США), FAO (Організація ООН з питань продовольства та сільського господарства), та інші.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Вивчення економічних, технічних, екологічних аспектів виробництва біопального є на сьогодні дуже актуальними та дискусійними питаннями для вчених та фахівців різних установ та організацій. Важливим залишається питання енергетичної ефективності виробництва і використання біопального порівняно з мінеральним, що є основою також економічної складової.

**Мета статті.** Розглянути сировинну базу для виробництва біопального. Оцінити енергетичний баланс біологічних видів пального та порівняти з мінеральним. Дослідити перспективи виробництва біопалив другого покоління.

**Виклад основного матеріалу.** Для виробництва біоетанолу використовують культури, які мають високий вміст цукру, крохмалю, або целюлози, біодизель – отримують через фізико-хімічне перетворення рослин, які містять високий вміст олій, використаної олії в харчовій промисловості або тваринного жиру. Найпоширенішими сільсько-

господарськими культурами, які використовують для переробки на біопальне є: кукурудза, пшениця, цукрові буряки, цукрова тростина, ріпак, соя. Обсяг виробництва біопалива в енергетичному еквіваленті до мінерального пального з 1 га можна бачити з даних табл. 1. Зауважимо, що з 1 га ріллі можна в 2,5 рази отримати більше біоетанолу із цукрових буряків, а ніж із пшениці.

Таблиця 1

**Обсяг виробництва біопалива в енергетичному еквіваленті до мінерального пального з 1 гектара**

Вид біопалива	л/га
Біодизель з ріпаку	1408
Ріпакова олія	1420
Біоетанол з цукрових буряків	4054
Біоетанол з пшениці	1660
Біоетанол з лігноцелюлози	640
Біоетанол із цукрової тростини (Бразилія)	4197
BtL (Biomass-to-Liquid)	3907
Біогаз (Біометан із силосної кукурудзи)	4977
Біо-водень	4742

Джерело: [9]

Кількість виходу біопалива другого покоління (англ. BtL (Biomass-to-Liquid)) з 1 га є досить високим і складає 3907 л. Оцінюють, що частка синтетичного пального на ринку в 2020 р. становитиме 4 відсотки [9].

Хоча біопальне за своїми властивостями схоже до мінерального пального, все ж воно не є його кращим заміном. Енергетичний вміст етанолу становить лише 65% від енергетичного вмісту бензину, біодизель – 90% порівняно з дизельним паливом [2]. Використання рослинної олії (на основі ріпаку) вимагає модифікації дизельного мотора. При низьких температурах збільшується в'язкість рослинної олії [1, 11]. На відміну від рослинної олії біодизель додатково проходить процес естерифікації. Його можна використовувати в переобладнаних системах агрегатів двигуна. Біодизель має меншу в'язкість і значно меншу точку загорання, а ніж рослинна олія [11].

Біоетанол можна використовувати у розмірі до 25% як суміш з бензином, не змінюючи конструкції двигуна (в Європі використовують E5 – суміш 5% етанолу з 95% бензином) [4, 6]. Автомобілі, які обладнані двигунами з гнучкими паливними системами (англ. Flexible-Fuels-Vehicles (FFV)), можна заправляти у різних пропорціях суміші етанолу і бензину, а також чистим етанолом. За своїми фізичними властивостями етанол має більше октанове число, ніж бензин, але гіршу властивість запуску двигуна при низьких температурах [7].

Біологічні види пального, як вже згадувалось вище, часто представляють як палива, які вільні

від вуглекислого газу, або вуглецево нейтральні. Однак, на думку багатьох зарубіжних учених таке твердження є не зовсім правильним по відношенню до біопалив першого покоління, які виробляють із зерна злакових культур або ріпакового зерна. Для виробництва цих культур потрібно застосувати мінеральне паливо, як приклад, у формі мінеральних добрив або хімічних засобів захисту рослин. Подальше перетворення сировини на біопаливо є так само енергетично інтенсивним процесом, для якого необхідно використовувати мінеральні джерела енергії.

Останнім часом серед вчених та економістів дискутуються питання про великі затрати енергії для виробництва біопального, а науковці Гамбурського інституту світової економіки вказують на значні витрати коштів для уникнення 1 т викидів вуглекислого газу при виробництві біопального першого покоління [5]. У той же час більшість досліджень все-таки доводять, що баланс корисної енергії біологічного пального позитивний, тобто вихід енергії більший, а ніж її витрачається для процесу виробництва [12].

Зважаючи на важливість даного питання, розглянемо нетто-енергетичний баланс біопального, а також питання пов'язані з тим, чи дійсно паливо, вироблене на основі біомаси, має більший вихід енергії, ніж витрачається на його виробництво. Деякі дослідження доводять, що завдяки технологічному прогресу, який спричинив підвищення продуктивності, практично всі види комерційного використання біопального вказують на позитивний енергетичний баланс [11]. В процесі науково-технічного вдосконалення технологій зменшується частка необхідної кількості мінерального пального при вирощуванні енергетичних культур та їх перетворення на біопаливо.

Існує два методи або критерії оцінки для обґрунтування енергетичної ефективності процесу виробництва біопального. В якості першого критерію виступає енергетичний баланс, який характеризує співвідношення вмісту енергії в біопальному до затраченої енергії на його виробництво. Як правило, сюди враховують використання енергії мінерального пального.

Другий – ефективність використання енергії, який показує відношення вмісту енергії в біопальному до загальної кількості затраченої енергії при врахуванні всіх без виключення вхідних чинників – мінерального пального і біомаси. Такий підхід дозволяє визначити втрати енергії, що міститься в біомасі при перетворенні її на рідке паливо, а також з'являється можливість розрізнити ефективніші і менш ефективні технології перетворення.

Питання енергетичного балансу має вирішальне значення для ефективного виробництва біопального. Численні дослідження вказують на позитивний енергетичний баланс, інше, навпаки, негативний. Пояснимо відмінності результатів між двома дослідницькими групами. В 2004 р. було проведено повний аналіз життєвого циклу біопального Міністерством сільського господарства США (англ. Department of Agriculture of USA (USDA)), яке прийшло до висновків, що для етанолу, виробленого із цукрових буряків і кукурудзи витрачається 167% мінеральних енергоносіїв на процеси вирощування, збору врожаю, рафінації і транспортування продукції [11].

Пізніше в дослідженні енергетичного балансу USDA порівнює енергетичний баланс мінерального пального і біопального (табл. 2).

Дані табл. 2 показують, що з етанолу можна отримати на 34% більше енергії, біодизелю – 220%,

ніж потрібно для його виробництва, включаючи вирощування, збір врожаю, транспортування і переробку. Представлені дані схожі з результатами Мічиганського університету, які показують, що позитивне відношення в більшості пов'язане із вдосконаленням технологічного прогресу процесу виробництва біопального.

Таблиця 2

#### Енергетичний баланс мінерального пального і біопального

Паливо	Енергетичний баланс (відношення вихідної енергії до затраченої)	Енергетичний баланс у% (відношення вихідної енергії до затраченої)
Бензин	0,805	-19,50%
Дизельне паливо	0,843	-15,70%
Біоетанол	1,34	34%
Біодизель	3,2	220%

Джерело: [3]

Однак, деякі дослідження мають протилежні результати. Критики біопального доводять, що біопалива вимагають більше енергії для їх виробництва, а ніж фактично її виробляють. Прихильниками такого твердження є Корнелльський університет разом із університетом Каліфорнія-Берклі. На їх думку, для перетворення кукурудзи, сої і соняшнику на біопаливо витрачається більше енергії, ніж отримують у кінцевому результаті. Проведені дослідження доводять, що процес вирощування сої вимагає на 27% більше мінеральної енергії, соняшнику – 118%. У відповідь прихильникам виробництва біопального дослідники склали енергетичний баланс. Результати виявились протилежними (табл. 3).

Таблиця 3

#### Енергетичний баланс біопального

Паливо	Енергетичний баланс (відношення вихідної енергії до затраченої)	Енергетичний баланс у% (відношення вихідної енергії до затраченої)
Біоетанол	0,71	-29%
Біодизель	0,73	-27%

Джерело: [10]

На їхню думку, етанол виробляють у великій кількості через надання значних державних субсидій та відстоюють позицію, що через відсутність економіки процесу виробництва біопального, надання субсидій продовжуватиметься задля «вживання» індустрії.

Для оцінки вхідної енергії, учені із Каліфорнія-Берклі університету розглянули всю використовувану енергію в процесі отримання врожаю (включаючи внесення пестицидів, добрив, проведення механізованих робіт, зрощування та ін.), ферментації та дистиляції біопального. Однак, витрати, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища, деградацією земель не включили в аналіз.

Відомо, що є ефективні та менш ефективні технології виробництва біопального, причому географічні умови є визначальними факторами. При транспортуванні біопального використовувана енергія становить незначну частину в загальних витратах спожитої енергії для виробництва біопального, а тому для деяких країн енергетично ефективніше імпортувати біопаливо (наприклад, із цукрової тростини, пальмової олії), замість того,

щоб самим виробляти, і, як наслідок, стає вигідним транспортувати готове біопальне, яке вказує на вищу концентрацію енергії, а ніж сировину.

В загальному, при підрахунку всієї вхідної енергії, яка використовується для кінцевого виробництва біопального, мінеральні палива виявляються енергетично ефективнішими. Часто помилково стверджують, що мінеральні палива мають менш позитивний «енергетичний баланс», а ніж біопалива. Наведемо такий приклад: нафтові компанії витрачають зазвичай близько 2 чи 3 одиниці Дж енергії для видобутку 100 Дж сирої нафти. Після транспортування і процесу рафінації нафта перетворюється в придатний для використання бензин, при цьому загальні енергетичні витрати становлять близько 25 одиниць Дж енергії для кожних 100 одиниць Дж отриманої енергії [5].

Енергетична ефективність пального менш важлива, ніж тип енергії, що використовується для його отримання. При спалюванні мінерального пального виділяється більше шкідливих газів в атмосферу в порівнянні до біологічного. Велика частина загальної використовуваної енергії у виробничому циклі біопального є відновлюваною із нульовим вмістом вуглекислого газу. Тому є зміст говорити про мінеральний енергетичний баланс, який визначає величину мінеральної енергії, що використовується для виробництва одиниці Дж транспортного пального. Із розвитком та покращенням технологій, енергетично затратні біологічні палива в подальшому можуть зменшити використання мінеральної енергії.

Вдосконалення технологій повинно призвести до зменшення витрат і сприяти появі нових різноманітних продуктів, включаючи сучасне біопаливо таке як етанол із целюлози і синтетичне дизельне паливо із біомаси. Передові біопалива ще називають «біопалива другого покоління» (із англ. Biomass-to-liquid означає зріджена біомаса), які вироблені із нехарчової рослинної сировини за допомогою використання передових технічних процесів та належать до групи синтетичних палив. Є два основних напрямки для перетворення целюлозної біомаси в рідке транспортне паливо: 1) використання ферменту ензим для перетворення зернових залишків, багаторічних трав та іншої целюлозної сировини в етанол; 2) газифікація і Фішер-Тропш синтез (називається ФТ дизель, або BtL паливо) для перетворення біомаси в синтетичний біодизель [8]. Для цих двох напрямків можна використовувати в якості

сировини зернові, які не придатні для продовольчих цілей, повністю перетворюючи рослинну сировину в придатну для використання енергію з високим виходом корисної енергії в порівнянні до біопалива першого покоління. На даний час тривають дослідження у цьому напрямку, тому прогнозується, що до 2020 р. його частка на ринку енергоресурсів буде незначною. Проте, біопалива другого покоління мають як переваги, так і недоліки. До переваг слід віднести: зменшення викидів CO<sub>2</sub> на 90% порівняно з мінеральним паливом; високий вихід пального з 1 га; високий ступінь чистоти пального. В свою чергу недоліками є: енергетично затратний виробничий процес; невисокий енергетичний вихід із біомаси; можливі високі транспортні витрати для доставки сировини; попіл не містить поживних речовин для використання у якості підживлення рослин через високу температуру газифікації біомаси; великі інвестиційні витрати (приблизно в 20 разів вищі, ніж середні витрати для будівництва біодизельного заводу). Фахівці Союзу німецької біопаливної промисловості стверджують, що біопалива першого покоління в середньостроковій перспективі вигідніші від біопалив другого покоління [8]. За оптимістичними оцінками даного фахового об'єднання, наявність такого пального стане можливим на ринку приблизно через 10 років. В свою чергу дослідження Інституту енергетики і навколишнього середовища в Ляйпцігу (англ. Institut für Energetik und Umwelt in Leipzig) показують, що біопаливо другого покоління в 2020 р. покриє лише 1,5% загальноєвропейської потреби в пальному та прогнозує, що інвестиції складатимуть близько 20 млрд. євро.

**Висновки і пропозиції.** Таким чином, аналіз енергетичної ефективності виробництва біопального показав, що на сьогодні необхідно враховувати не тільки екологічну складову як основного стимулюючого чинника його розвитку, а й економічну та енергетичну.

Беззаперечним є той факт, що потенціал BtL величезний, однак у майбутньому для його розвитку необхідно провести численні дослідження і вкласти великі інвестиції. Багато експертів однак стайні в тому, що BtL не з'явиться на світовому ринку до 2015 року. Проте, на сьогодні є велика кількість фірм, які зацікавлені в розвитку саме біопального другого покоління, серед них, зокрема: Volkswagen, DaimlerChrysler, RWE, Vattenfall, Total, Shell.

### Список літератури:

1. Біопалива (технології, машини і обладнання) / [Дубровін В. О., Корчемний М. О., Масло І. і ін.]. – К. : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Кобець М. Проблемні питання розвитку біодизельного виробництва в Україні / М. Кобець // Теорія і практика ринків. – 2007. – № 1. – С. 97–100.
3. Biofuels for transportation: global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century // Worldwatch institute in cooperation with GTZ and FNR. – February 2006, – P. 145.
4. Biogene Kraftstoffe und Möglichkeiten und Grenzen : Fachkongress / BayWa AG, Mineralölwirtschaftsverband e.V., Kompetenzzentrum für Nachhaltige Rohstoffe, C. A. R. M. E. N. e. V., Technologie- und Förderzentrum, Wissenschaftszentrum. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing-und Entwicklungs-Netzwerk e.V., 2005, – 100 s.
5. Bräuningen M. Biokraftstoffe – Option für die Zukunft? Ziele, Konzepte, Erfahrungen / Bräuningen M., Leschus L., Vöpel H. // HWWI Policy Report Nr.1 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends und Hamburg. Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI). – 2006. – 21 s.
6. Ethanol Industry Outlook 2005 // Renewable Fuels Association (RFA) [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу : [http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook2005.pdf].
7. Innovationen bei der Bioethanolerzeugung [Schmitz N., Henke J., Klepper G., et.al.] : Nachhaltige Rohstoffe. Gand 26. BMVEL und FNR. – 2005. – 48 s.
8. Langbehn L. BtL – Euphorie lässt nach / L. Langbehn // DLG-Mitteilung. – 2007. – № 5. – S. 58.
9. Langbehn L. Wie groß ist das Potenzial? / L. Langbehn // DLG-Mitteilungen. – 2006. – № 1. – 63 s.
10. Pimentel D. Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics and Environmental Impacts are negative / Natural resources Reserch, May-June 2006. – Vol. 14:1, – P. 66.
11. Scharmer K. Biodiesel: Energie- und Umweltbilanz Rapsölmethylester / K. Scharmer. – Bonn : UFOP. – 2001. – 57 s.

12. Vorholz F. Eldorado im Armenhaus – Der Boom der Biokraftstoffe kommt den Agrarändern zugute – vielleicht / F. Vorholz // Die Zeit. – 2006. – № 1. – S. 25.

**Макарчук О.Г.**

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

## ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА

### Аннотация

Исследована сырьевая база для производства биотоплива. Рассмотрены вопросы энергетического баланса процесса производства биотоплива по отношению к минеральному. Оценено преимущества и недостатки развития биотоплива второго поколения.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, оценка, биомасса, биотопливо, минеральное топливо.

**Makarchuk O.G.**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

## EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY BIOFUEL PRODUCTION

### Summary

Investigated raw materials for biofuel production. The question of energy balance of biofuel production process with respect to the mineral is scrutinized. Advantages and disadvantages of the second-generation biofuels is evaluated.

**Keywords:** energy efficiency, evaluation, biomass, biofuel, mineral fuel.

УДК 336.14:352(477)

## МЕХАНІЗМ ФІНАНСОВОГО ВИРІВНЮВАННЯ МІСЦЕВИХ БЮДЖЕТІВ В УКРАЇНІ

**Малишко В.В.**

Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди

Досліджено механізм фінансового вирівнювання місцевих бюджетів в Україні. Здійснивши аналіз, можна стверджувати, що інструментальна складова механізму фінансового вирівнювання потребує вдосконалення у напрямі розширення видової різноманітності використовуваних засобів вирівнювання фіскальних дисбалансів. Усі ці заходи мають орієнтуватись на попереднє вирішення таких основоположних питань організації фінансового вирівнювання, як визначення ступеня перерозподілу бюджетних коштів з боку центрального уряду, орієнтація на вертикальне або горизонтальне вирівнювання, вирівнювання доходів чи видатків, встановлення межі вирівнювання міжтериторіальних диспропорцій на основі узгодження цілей забезпечення соціальної справедливості та економічної ефективності. На вирішення зазначених питань мають спрямовуватись подальші дослідження організаційних та нормативно-правових засад механізму фінансового вирівнювання на загальнодержавному та субнаціональних рівнях управління.

**Ключові слова:** місцеві бюджети, механізм фінансового вирівнювання, міжбюджетні відносини, державна політика, видатки, державні фінанси, регулювання фіскальних дисбалансів.

**Постановка проблеми.** Теоретичне осмислення суті механізму фінансового вирівнювання, чітке розуміння його структури, місця і мети окремих елементів має непересічне значення, оскільки може сприяти визначенню слабких ланок у цьому механізмі, а отже, і шляхів їхнього зміцнення, посилення їхньої позитивної дії тощо. Світовою практикою визначено підходи до визначення видаткових потреб місцевих бюджетів. Цим методикам притаманні як переваги, так і недоліки, але вибір того чи іншого підходу, як правило, залежить від якості статистичної інформації та моделі фінансового вирівнювання.

На необхідності активного використання й удосконалення фінансового вирівнювання місцевих бюджетів наголошується практично в усіх програмних документах, в яких визначаються завдання

державної політики у сфері регулювання соціально-економічного розвитку регіонів: Концепції державної регіональної політики, щорічних Посланнях Президента України, Програмах діяльності уряду.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання фінансового вирівнювання постійно перебувають у центрі уваги дослідників у галузі державного управління господарськими процесами, державних фінансів.

Значний внесок у розвиток теоретичних засад щодо застосування програм фінансового вирівнювання та дослідження його механізмів зробили праці сучасних зарубіжних учених – Р. Боудвея, Р. Вагнера, Дж. Боекса, Дж. Мартінес-Васкеса, А. Шаха, Т. Б'ютнера, Б. Даффлона, Ф. Вайлланкурта, П. Мішлера, Б. Далбі, М. Смартта, Ф. Легоффа, К. Боессенкула, Л. Вілсона.