

**Михайло Ярославович ГУМЕНТИК**

кандидат сільськогосподарських наук,  
завідувач лабораторією технологій вирощування та перероблення енергетичних культур для  
виробництва біопалива  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України  
E-mail: hmy@ukr.net

**Юрій Іванович ГАЙДА**

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
професор,  
кафедра менеджменту біоресурсів і природокористування,  
Тернопільський національний економічний університет  
E-mail: yu.hayda@tneu.edu.ua

**Ярослав Дмитрович ФУЧИЛО**

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
головний науковий співробітник,  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України  
E-mail: fuchylo\_yar@ukr.net

**Ірина Василівна ГНАП**

директор,  
Агро-енергетична компанія "Salix energy"  
E-mail: gnap@salix-energy.com

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНВЕСТИЦІЙ У ВИРОЩУВАННЯ  
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Економічна ефективність інвестицій у вирощування біоенергетичних культур в зоні Лісостепу України / Михайло Ярославович Гументик, Юрій Іванович Гайда, Ярослав Дмитрович Фучило, Ірина Василівна Гнап // Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: О. В. Ярошук (голов. ред.) та ін. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2018. – Том 28. – № 2. – С. 21-29. – ISSN 1993-0259.

**Анотація**

**Вступ.** Одним з перспективних напрямків розвитку відновлювальної енергетики є використання енергії біомаси, яке сприяє економії традиційних видів палива та не викликає підсилення глобального парникового ефекту. Однак недостатня економічна ефективність отримання енергії із біомаси за сучасних умов обумовлює необхідність «патерналізму» держави до біоенергетичної галузі.

**Мета.** Метою дослідження є проведення економічної оцінки ефективності інвестування у вирощування високопродуктивних енергетичних культур (міскантусу гігантського та енергетичної верби) за сучасними технологіями в умовах лісостепу України.

**Метод.** Дослідження проводили упродовж 2012–2016 рр. на базі дослідних енергетичних плантацій в Тернопільській, Волинській та Київській областях. Оцінку ефективності інвестування у вирощування біоенергетичних культур здійснювали на основі комплексу критеріїв: чистого дисконтованого прибутку (NPV), індексу рентабельності інвестицій (PI), внутрішньої норми прибутковості (IRR), дисконтованого терміну окупності (DPP).

**Результати.** Встановлено, що на плантаціях верби обсяг сухої біомаси в середньому за п'ятирічний період досліджень становив  $27,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а міскантусу -  $25,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . Відповідно і вихід енергії з одиниці площі був дещо більшим у енергетичної верби ( $573,3 \text{ ГДж} \cdot \text{га}^{-1}$  проти  $516,2 \text{ ГДж} \cdot \text{га}^{-1}$ ). Верба і міскантус характеризуються у зіставленні з іншими біоенергетичними культурами високими енергетичними коефіцієнтами, які можуть досягати значень 54,3 і 55, що свідчить про значну енергетичну ефективність

---

інвестування у вирощування цих культур. Проведений аналіз чутливості біоенергетичних проектів виявив, що найістотніше на величину NPV інвестицій у плантацію міскантусу може вплинути волатильність продуктивності культури, ціни біопалива та садивного матеріалу, а для плантації верби - коливання урожаю біомаси, її ціни та дисконтної ставки. Оцінка ефективності інвестицій у біоенергетичні плантації міскантусу та верби виявила необхідність опрацювання державних програм фінансової підтримки створення плантацій біоенергетичних культур та законодавчих механізмів їх імплементації.

**Ключові слова:** відновлювальні джерела енергії; біоенергетика; біоенергетичні культури; енергетична верба; міскантус; економічна ефективність.

### **Mykhaylo Yaroslavovych HUMENTYK**

PhD in Agricultural Sciences,  
Head,  
Laboratory of Technology for the Cultivation and Processing of Energy Crops for the Production of Biofuels,  
Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet NAN of Ukraine  
E-mail: hmy@ukr.net

### **Yuriy Ivanovych HAYDA**

Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor,  
Department of Management of Bioresources and Nature Management,  
Ternopil National Economic University  
E-mail: yu.hayda@tneu.edu.ua

### **Yaroslav Dmytrovych FUCHYLO**

Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor,  
Chief Scientist,  
Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet NAN of Ukraine  
E-mail: fuchylo\_yar@ukr.net

### **Iryna Vasylivna HNAP**

Director,  
Agro-Energy Company "Salix energy"  
E-mail: gnap@salix-energy.com

## **ECONOMIC EFFECTIVENESS OF INVESTMENT IN BIOENERGETIC CULTURE GROWING IN THE ZONES OF FOREST OF UKRAINE**

### **Abstract**

**Introduction.** One of the most promising areas of renewable energy development is the use of biomass energy. It contributes to the economy of traditional fuels and does not increase the global greenhouse effect. However, insufficient economic efficiency of obtaining energy from biomass under the current conditions necessitates the state's "paternalism" to the bioenergy industry.

**Purpose.** The article aims to carry out an economic assessment of the effectiveness of investing in the cultivation of highly productive energy crops (giant miscanthus and energy willow) using modern technologies under the conditions of the Ukrainian forest-steppe.

**Method.** The research was conducted during 2012-2016 on the basis of experimental energy plantations in Ternopil, Volyn and Kyiv oblasts. The assessment of the effectiveness of investment in bioenergy crops is based on a set of criteria: net discounted profit (NPV), investment profitability index (PI), internal rate of return (IRR), discounted payback period (DPP).

**Results.** It has been established that on plantations of willow, the volume of dry biomass on average over the five-year period of research amounted to 27,3 t · ha<sup>-1</sup>, and to the miscanthus - 25,3 t · ha<sup>-1</sup>. Accordingly, the energy output per unit area was somewhat higher in energy willow (573.3 GJ · ha<sup>-1</sup> versus 516.2 GJ · ha<sup>-1</sup>). Willow and miscanthus are characterized by high-energy coefficients compared with other bioenergy crops, which can reach values 54.3 and 55. It indicates the significant energy efficiency of investing in the cultivation of these crops. The analysis of the sensitivity of bioenergy projects has found out that the most significant NPV investment in the

---

*plantation of the miscanthus can be influenced by the volatility of the productivity of the crop, the price of biofuels and planting material, and for the willow plantation - fluctuations in the yield of biomass, its price and discount rate. The estimation of the investment efficiency in the bio-energy plantations of the miscanthus and willows has revealed the need to work out state programs of financial support for the creation of plantations of bioenergy crops and legislative mechanisms for their implementation.*

**Keywords:** renewable energy sources; bioenergy; bioenergy cultures; energy willow; miscanthus economic efficiency.

**JEL classification:** O13, Q16

---

### Вступ

Технічний і соціальний прогрес розвитку людства супроводжується виникненням економічних, енергетичних та екологічних проблем, пов'язаних з виснаженням викопних паливних ресурсів і постійним зростанням їх вартості. Для вирішення цих проблем науковцями впродовж останніх десятиліть ведеться активний пошук альтернативних, економічно ефективних відновлюваних джерел енергії. Одним з перспективних напрямків розвитку відновлювальної енергетики є використання енергії біомаси, яке сприяє економії традиційних видів палива та не викликає підсилення глобального парникового ефекту. У природному або переробленому стані біомаса біоенергетичних культур у вигляді паливної тріски, гранул та брикетів застосовується для отримання як теплової, так і електричної енергії. У розвинутих країнах у структурі відновлювальних джерел енергії біопаливо з рослинної біомаси займає близько 40-50 %, а серед видів енергетичних культур домінують міскантус гігантський та культивари верби [4; 8].

Зростання біоенергетичної галузі потребує не лише екологічних, соціальних, політичних запитів населення країни, але також економічних стимулів для власників інвестиційних ресурсів. Адже недостатня економічна ефективність отримання енергії із біомаси часто стає на заваді створення нових біоенергетичних плантацій, зокрема вища ціна одиниці біоенергії у зіставленні з вартістю енергії з викопного палива (наприклад, вугілля) стримує інвестиції в біоенергетичну галузь [18].

Розширення мережі та площ біоенергетичних плантацій потребує залучення значних обсягів державних та приватних інвестицій. Можливість збільшення інвестиційних потоків у галузь біоенергетики залежить від економічної обґрунтованості інвестиційних проектів створення плантацій біоенергетичних культур деревних та трав'янистих рослин.

Враховуючи сприятливі природно-кліматичні умови, наявність значних потенційних площ земельних ділянок, придатних для створення біоенергетичних плантацій, розроблених і апробованих технологій вирощування біоенергетичних культур, достатній рівень розвитку їх селекції і сортівництва в Україні [2; 8; 10; 11], нашу країну варто вважати інвестиційно привабливою для біоенергетичних проектів.

### Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є проведення економічного обґрунтування ефективності інвестування у вирощування високопродуктивних енергетичних культур (міскантусу гігантського та верби) за сучасними енергозберігаючими технологіями в умовах Лісостепу України за відповідними економічними критеріями.

Для досягнення поставленої мети реалізовувалися наступні завдання:

- визначення емпіричним способом на базі дослідних плантацій продуктивності біоенергетичних культур;
- проведення оцінки енергетичної ефективності створення плантацій міскантусу та верби;
- визначення економічної ефективності інвестицій у вирощування міскантусу і енергетичної верби;
- проведення аналізу чутливості проектів створення плантацій біоенергетичних культур.

### Методика проведення досліджень

Дослідження економічної ефективності вирощування багаторічних біоенергетичних культур проводили упродовж 2012–2016 рр. на базі дослідних енергетичних плантацій НТЦ «Біоенергія» в м. Борщів Тернопільської області, ДПДГ «Саливінківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ) НААН України в с. Ксаверівка. Друга – у Васильківському районі Київської області та ТОВ «Салікс Енерджі» в Іваничівському і Горохівському районах Волинської області.

Схема дослідів передбачала вивчення продуктивності енергетичних культур залежно від технології вирощування.

При проведенні досліджень використовувались традиційні методики: вимірювання висоти рослин проводили за допомогою мірної рейки, діаметрів стовбурців – електронним штангенциркулем, а

---

урожайності біомаси – електронними терезами. Статистичну обробку отриманих даних проводили на ПК за допомогою пакету прикладних програм STATISTICA.

Оцінку ефективності інвестування у вирощування біоенергетичних культур здійснювали на основі комплексу критеріїв: чистого дисконтованого прибутку (NPV), індексу рентабельності інвестицій (PI), внутрішньої норми прибутковості (IRR), дисконтованого терміну окупності (DPP) [6].

### Виклад основних матеріалів дослідження

У минулому вітчизняними та зарубіжними науковцями проведено численні дослідження із значною кількістю енергетичних культур для визначення потенційної можливості їх використання в якості біопалива. Встановлено, що лише деякі види рослин мають потенціал для комерційного використання як енергетичного ресурсу [1]. Серед них найбільш перспективними виявилися багаторічні високопродуктивні культури - міскантус гігантський та енергетична верба.

Міскантус є багаторічною трав'янистою рослиною з добре розвинутою кореневою системою, яка досягає глибини більше 2,5 м. Така коренева система сприяє використанню елементів живлення та вологи нижніх горизонтів ґрунту. Стебла є міцними і відрізняються великою витривалістю до механічних пошкоджень, оскільки містять значну кількість лігніну і целюлози. Рослини досить добре перезимовують, стійкі до опадів і вітру. Вимогливість міскантусу щодо води набагато вища, ніж доступні в регіоні досліджень середньорічні опади (близько 600-700 мм на рік). Але, незважаючи на це, споживання води на продукування 1 кг сухої маси досить невисоке. Ґрунти під плантації міскантусу повинні бути нейтральні (рН = 6,5), особливо впродовж перших двох років вирощування, з рівнем ґрунтових вод нижче 1 м. Спосіб розмноження впливає на перезимівлю культур першого року вирощування. Рослини, розмножені поділом кореневищ (ризомами), зимують краще, ніж розмножені в культурі «in-vitro». Вищий відсоток приживлюваності мають ризоми з більше ніж п'ятьма бруньками. Тривалість вирощування рослин на одному полі – до 20 років, період комерційного вирощування – близько 15 років. Біомасу збирають щорічно. З огляду на високий вміст целюлози і лігніну міскантус є цінною сировиною для виробництва паливних гранул високої якості. Виробничі витрати на вирощування біомаси міскантусу в різних європейських країнах оцінюються на рівні 40-50 євро·т<sup>-1</sup> сухої речовини [2; 3]. Найвищою продуктивністю відзначається *Miscanthus x giganteus* (слонова трава), що є аллотриплоїдним гібридом *M. sinensis* та *M. sacchariflorus*. У Великобританії 14-річний експеримент показав, що врожай сухої біомаси міскантусу поступово зростає впродовж перших 6 років, потім незначно знижується, а з 9-річного віку знову зростає, досягаючи в 10 років значення 17,7 т·га<sup>-1</sup> [14]. Дослідженнями в інших європейських країнах від Середземномор'я до півдня Скандинавії в 90-х роках минулого сторіччя встановлено, що за умови поливу урожай міскантусу восени може становити 30 т·га<sup>-1</sup> сухої біомаси, а в богарних умовах – 10-25 т·га<sup>-1</sup> [19]. У Німеччині надземна суха біомаса міскантусу на дослідних ділянках у вересні коливалася від 25 до 30 т·га<sup>-1</sup>, а до березня внаслідок старіння і опадання листя знижувалася на 30 % [17]. Експериментальним шляхом встановлено, що енергетична цінність міскантусу гігантського становить 17,744 МДж·кг<sup>-1</sup> [15].

Під назвою енергетичної верби найчастіше вирощують сорти та гібриди верби прутовидної (*Salix viminalis*L.), яка досягає висоти 5-6 м і має велику кількість пагонів. Вона досить легко розмножується вегетативним шляхом. Насадження верби залишаються продуктивними до 20-25 років, а урожай протягом цього періоду можна збирати через 2-3 роки. Верба стійка до морозів і посухи, до шкідників і хвороб, може рости на ґрунтах різного типу, в ярах з близьким заляганням ґрунтових вод, на заболочених землях, на непродуктивних землях, що потребують рекультивації тощо. Приблизно після 25 років використання вербних полів, проводять рекультивацію, а землі використовують для інших цілей. Культура має значний потенціал продуктивності, особливо на низинних і родючих землях з хорошим водопостачанням. Так у Швеції культивар верби 'Тора' на плантації з дворічною ротацією збільшує свою продуктивність від 7 до 22 т·га<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup> впродовж перших чотирьох ротацій [21]. Цей же генотип ('Тора') в умовах Великобританії виявився найкращим за рівнем продукованої біомаси (11,3 т·га<sup>-1</sup> рік<sup>-1</sup>) [12]. У США продуктивність плантацій енергетичної верби коливається від 8,0 до 16,8 т·га<sup>-1</sup> рік<sup>-1</sup> [13].

Біомасу енергетичної верби використовують для виробництва паливної тріски для спалювання в твердопаливних котлах. Теплотворна здатність абсолютно сухої деревини верби за різними оцінками становить 17,0-17,5 МДж·кг<sup>-1</sup> абсолютно сухої речовини [5; 8; 10; 11], хоча може досягати і 19,8 МДж·кг<sup>-1</sup> [18].

Для визначення доцільності інвестування у біоенергетичні сільськогосподарські та лісові культури цінну інформацію надає показник енергетичної ефективності технології їх вирощування – енергетичний коефіцієнт, який визначається через співвідношення акумульованої енергії в їх урожаї із енергією, затраченою на вирощування біомаси.

У табл. 1 наведено дані щодо продуктивності біоенергетичних культур на дослідних плантаціях та обсяг енергії, акумульованої в урожаї сухої біомаси. Як бачимо, на плантаціях енергетичної верби обсяг сухої біомаси в середньому за п'ятирічний період становив 27,3 т·га<sup>-1</sup>, а міскантусу – 25,3 т·га<sup>-1</sup>.

Відповідно і вихід енергії з одиниці площі був дещо більшим у енергетичної верби (573,3 ГДж·га<sup>-1</sup> проти 516,2 ГДж·га<sup>-1</sup>).

Затрати сукупної енергії на вирощування біоенергетичних культур визначаються для кожного агротехнічного заходу (луцення, оранки, внесення добрив, весняного обробітку ґрунту, посіву (садіння), догляду за посівами, збирання врожаю). Визначають також енергію, акумульовану в паливно-мастильних матеріалах, добривах, насінні, пестицидах, машинах і механізмах, транспортних засобах тощо. Встановлено, що значна частина енергозатрат припадає на садивний матеріал, пальне, добрива та гербіциди. З огляду на це слід упроваджувати енергоощадні технології вирощування біоенергетичних культур, у системі яких щораз більше значення відіграє диференційоване використання природних ресурсів, техногенних факторів і адаптивного потенціалу культивованих видів і сортів рослин, розробка сортової агротехніки, сучасні методи боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами. Також одним із шляхів зменшення енергозатрат у біоенергетичному рослинництві є мінімізація обробітку ґрунту та вдосконалення технологічних операцій догляду. Крім того, варто зазначити, що економічно та енергетично доцільна відстань транспортування біомаси як палива не повинна перевищувати 50 кілометрів [8].

**Таблиця 1. Продуктивність багаторічних біоенергетичних культур третього року вегетації та вихід енергії (середнє за 2012-2016 рр.)**

№ п/п	Енергетичні культури	Урожай сирої біомаси, т·га <sup>-1</sup>	Суха речовина, %	Урожай сухої біомаси, т·га <sup>-1</sup>	Вихід твердого палива, т·га <sup>-1</sup>	Вихід енергії, ГДж·га <sup>-1</sup>
1	Енергетична верба	54,6	50,5	27,3	32,8	573,3
2	Міскантус	58,8	42,6	25,3	30,3	516,2

Одним із варіантів енергетичного коефіцієнта є критерій чистого енергетичного коефіцієнта (net energy return, NER) біопалива, отриманого з таких рослин. Він розраховується як відношення сукупної енергії, акумульованої в одиниці біопалива, до величини енергозатрат, необхідних для здійснення усіх технологічних процесів виготовлення біопалива (табл. 2).

**Таблиця 2. Чистий енергетичний коефіцієнт біопалива, отриманого з біоенергетичних культур**

Культура	Вид біопалива	Чистий енергетичний коефіцієнт (NER)
Кукурудза	біоетанол	1,2-1,8
Цукровий буряк	біоетанол	1,2-2,2
Пшениця	біоетанол	1,2-4,2
Цукрова тростина	біоетанол	2,2-8,4
Ріпак	біодизель	1,2-3,6
Соя	біодизель	1,4-3,4
Пальмова олія	біодизель	8,6-9,6
Енергетична верба	паливна тріска	16,6-55,3
Міскантус	суха біомаса	20,8-54,3

\*За даними [16; 18; 20].

Як бачимо, енергетична верба і міскантус характеризуються, у зіставленні з іншими біоенергетичними культурами, високими енергетичними коефіцієнтами, які можуть досягати значень 54,3 і 55,3. Це свідчить про значну енергетичну ефективність інвестування у плантації вищезгаданих біоенергетичних культур.

Показники економічної ефективності проектів виробництва енергетичних культур оцінювали за фактичними витратами, здійсненими в досліджах, а при їх відсутності – за відповідними нормативами. Для цього використовували технологічні карти, складені для умов інтенсивної технології виробництва [5; 7; 8]. У досліджах передбачалась традиційна система основного обробітку ґрунту – оранка з обертанням пласта. Припускалося, що інвестор володіє необхідним технічним парком машин і причіпного обладнання. При цьому технологічні засоби, обладнання, знаряддя є в основному вітчизняного виробництва, і вони повністю забезпечують дотримання агротехнічних вимог, а обсяги внесення добрив та засобів захисту відповідають потребі рослин для отримання високого врожаю біомаси. Ціни на техніку, матеріали, сировину, продукцію тощо приймали станом на 2017 рік. У розрахунках використовували дисконту ставку 22,5 %, визначену кумулятивним способом, враховуючи відсоток дохідності облігацій внутрішньої державної позики (14,5 %) та премію за ризик (8 %).

Економічну ефективність інвестування в біоенергетичну галузь оцінювали для кожної біоенергетичної культури за двома сценаріями: сценарій А – інвестор вкладає в проект власні кошти, Б –

інвестор вкладає в проєкт власні кошти, а держава повертає йому частину витрат на створення плантацій (міскантусу – 35 %, верби – 60 %) (табл. 3).

Як свідчать результати інвестиційного аналізу, для обох проєктів варіанти А виявилися неефективними за усіма показниками. Чистий дисконтований прибуток (NPV) від інвестицій є від'ємним як і у плантацію міскантусу (- 1613 тис. грн), так і у плантацію енергетичної верби (-1252 тис. грн), а індекс рентабельності інвестицій (PI) у обох випадках менший за одиницю (відповідно 0,722 і 0,382). Цілком логічно, що і дисконтований термін окупності інвестицій (DPP) є більшим за тривалість життєвого циклу обох проєктів. Серед причин неефективності таких біоенергетичних проєктів можна назвати несприятливі макроекономічні умови їх реалізації, які обумовлюють нині високу ставку дисконтування, а також необхідність значних початкових інвестиційних та операційних витрат на створення плантацій, низькі ціни на біомасу обох енергетичних культур на внутрішньому ринку біопалива. В. М. Сінченко та А. М. Ткаченко також відзначають низьку інвестиційну привабливість біоенергетичних проєктів із закладання вербових плантацій та називають основною причиною цього високу ставку дисконтування [9].

**Таблиця 3. Загальна характеристика та економічна ефективність інвестиційних проєктів вирощування біоенергетичних культур**

Біоенергетична культура	Міскантус гігантський		Енергетична верба	
Площа плантаційного комплексу, га	100		100	
Тривалість життєвого циклу проєкту (ЖЦП), років	16		16	
Етап ЖЦП	Технологічні операції			
1-й рік	Мульчування ґрунту, луцення, внесення гербіциду, мінеральних і органічних добрив, оранка, суцільний обробіток ґрунту		Мульчування ґрунту, луцення, внесення гербіциду, мінеральних і органічних добрив, оранка, суцільний обробіток ґрунту	
2-й рік	Передпосівний обробіток ґрунту, садіння ризом, внесення міндобрив, суцільний обробіток ґрунту, розпушування ґрунту у міжряддях, внесення гербіциду, технологічне скошування, транспортування біомаси		Передпосівний обробіток ґрунту, садіння пагонів, суцільний обробіток ґрунту, розпушування ґрунту у міжряддях, внесення міндобрив, внесення гербіциду і інсектицидів	
3-й рік	Внесення міндобрив, скошування, транспортування біомаси		Доповнення плантації	
4-й рік	Внесення міндобрив, скошування, транспортування біомаси		Технологічне скошування, транспортування біомаси	
5-й – 16-й рік	Внесення міндобрив, скошування, транспортування біомаси		Трирічний цикл – 1-й рік: внесення міндобрив; 2-й рік: відсутність операцій, 3-й рік: технологічний зріз верби на тріску, транспортування біосировини	
Ставка дисконту	0,225		0,225	
Сценарії проєкту	А	Б	А	Б
Показники ефективності проєкту				
NPV, грн	-1612831	644415	-1252136	204914
PI	0,722	1,159	0,382	1,360
IRR, %	21,7	26,6	10,5	26,2
DPP, років	> 16	10,5	>16	12,5

Проведений нами аналіз чутливості проєктів виявив, що найістотніше на величину NPV інвестицій у плантацію міскантусу гігантського може вплинути зміна продуктивності плантації, ціни біопалива та садивного матеріалу. Варіація NPV проєкту плантацій енергетичної верби у більшій мірі обумовлюється ймовірними коливаннями урожаю тріски, її ціни та дисконтної ставки (табл. 4).

Аналіз ефективності інвестицій у біоенергетичні плантації ще раз засвідчив, що розвиток біоенергетики потребує (особливо на перших етапах становлення) фінансової підтримки з боку держави, місцевих органів самоврядування, недержавних фондів та міжнародних організацій. Результати

інвестиційного аналізу сценаріїв Б для обох проектів (див. табл. 3) свідчать про можливість їх виходу на прибутковий рівень за умови державної фінансової підтримки у формі відповідно, для міскантусу 35 %-го, для верби 60 %-го відшкодування витрат на створення плантацій. З огляду на це нині актуальним є опрацювання державних програм фінансової підтримки створення плантацій біоенергетичних культур та законодавчих механізмів їх імплементації. При цьому варто послуговуватися досвідом інших країн щодо впровадження фінансових механізмів підтримки біоенергетичної галузі, зокрема США, де вони успішно функціонують у межах наступних федеральних програм: Conservation Reserve Program (CRP), Conservation Reserve Enhancement Program (CREP), Federal renewable energy tax credits і Renewable Portfolio Standards (RPS) [18]. Такі механізми суттєво здешевлюють виробництво біоенергії і роблять її конкурентною на загальному енергетичному ринку.

**Таблиця 4. Аналіз чутливості проектів вирощування біоенергетичних культур**

Біоенергетична культура	Чинники	Зміна величини NPV внаслідок зміни значення чинника на		
		-10 %	+10 %	ранги чинника
Міскантус гігантський	дисконтна ставка	+382643	-300579	4
	урожай біомаси	-612961	+612961	1-2
	ціна біопалива	-612961	+612961	1-2
	вартість садивного матеріалу	+499791	-499791	3
	орендна плата за землю	+80648	-80648	5
Енергетична верба	дисконтна ставка	+158549	-120338	3
	урожай біомаси	-243298	+243298	1-2
	ціна біопалива	-243298	+243298	1-2
	вартість садивного матеріалу	+55977	-55977	4
	орендна плата за землю	+33862	-33862	5

#### **Висновки та перспективи подальших розвідок**

Біоенергетика в її сьогоdnішньому стані поки не є безальтернативним субститутутом вуглеводневої енергетики на найближчу перспективу, однак уже зараз вона може стати важливим елементом покриття дефіциту традиційного палива та запорукою енергобезпеки держави. З урахуванням перманентного підвищення цін на висококалорійні викопні енергоносії та очікуваного їх дефіциту опрацювано ефективні технології і устаткування для отримання теплової та електричної енергії з біомаси спеціально вирощених біоенергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського та верби. Емпіричним шляхом на основі п'ятирічних дослідних плантацій біоенергетичних культур визначено, що в умовах Лісостепу України обсяг продукуваної сухої біомаси верби може становити 27,3 т·га-1, міскантусу - 25,3 т·га-1, а вихід енергії з одиниці площі відповідно 573,3 ГДж·га-1 та 516,2 ГДж·га-1. Проведений аналіз чутливості біоенергетичних проектів виявив, що найістотніше на величину NPV інвестицій у плантацію міскантусу гігантського може вплинути волатильність продуктивності культури, ціни біопалива та садивного матеріалу, а для плантації енергетичної верби – коливання урожаю біомаси, її ціни та дисконтної ставки. Оцінка ефективності інвестицій у біоенергетичні плантації міскантусу та енергетичної верби за допомогою комплексу показників (NPV, PI, IRR, DPP) виявила необхідність опрацювання державних програм фінансової підтримки створення плантацій біоенергетичних культур та законодавчих механізмів їх імплементації.

#### **Список літератури**

1. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://bioenergy.in.ua/media/filer\\_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet\\_po\\_verbe.pdf](http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf).
2. Гументик, М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак // 36. наук. праць Вінницького національного аграрного університету – Вип. 1(57), Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. – С. 168–173.

3. Гументик, М. Я. Вирощування та використання органічної сировини для виробництва енергії / М. Я. Гументик // Збірник наукових праць ІБКІЦБ НААН. – Випуск 14. «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур». – Київ, 2012. – С. 446-448.
4. Дубровін, В. О. Біопалива (технологія, машини і обладнання) / В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло та ін. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація». – 2004. – 256 с.
5. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / [М. В. Роїк, В. М. Сінченко, Я. Д. Фучило, В. І. Пиркін, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик та ін.]. – Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. – 340 с.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М.: "Экономика", 2000. – 421 с.
7. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського / [В. Л. Курило, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик, В. М. Квак, Я. Д. Фучило, О. Б. Хіврич, П. Ю. Зиков, Г. С. Гончарук, В. М. Смірних, А. М. Горобець, Ю. П. Дубовий, О. І. Замойський]. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, 2015. – 52 с.
8. Роїк, М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива / М. В. Роїк, М. Я. Гументик, В. В. Мамайсур // Біоенергетика. – № 2. – 2013. – С. 18-19.
9. Сінченко, В. М. Інвестиційна привабливість проектів з вирощування біомаси // В. М. Сінченко, А. М. Ткаченко // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. – 2017. – № 10. – С. 24-34.
10. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: науково-методичні рекомендації / Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, О. Я. Фучило, В. М. Літвін – К.: Логос, 2009. – 80 с.
11. Фучило, Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи / Я. Д. Фучило. – К.: «Логос», 2011. – 464 с.
12. Aylott, M. J., Casella, E., Tubby, I., Street, N. R., Smith, P., Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-rotation coppice in the UK. *New Phytologist* (178): 358-370 / doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x.
13. Caputo, J., Balogh, S. B., Volk, T. A., Johnson, L., Puettmann, M., Lippke, B., Oneil, E. (2013). Incorporating uncertainty into a Life Cycle Assessment (LCA) model of short-rotation willow biomass (*Salix* spp.) crops. *Bioenerg. Res.* Published online: 22 June 2013. – 12p / DOI 10.1007/s12155-013-9347-y
14. Christian, D. G., Riche, A. B., Yates, N. E. (2008) Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial crops and products* (28): 320-327 / DOI: 10.1016/j.indcrop.2008.02.009.
15. Collura, S., Azambre, B., Fiqueneisel, G., Zimmy, Th., Weber, J. V. (2006). *Miscanthus x Giganteus* straw and pellets as sustainable fuels. *Combustion and emission tests.* – *Environ Chem Lett* (4): 75-78 / DOI 10.1007/s10311-006-0036-3
16. Connor, D. J. and Hernandez, C. G. "Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future," in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use* (Ithaca, NY: Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University, 2009), p. 70.
17. Himken, M., Lanimel, J., Neukirchen, D., Czyptionka-Krause, U., Ols, H.-W. (1997) Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil* (189): 117-126.
18. Keoleian, G. A., Volk, T. A. (2005) Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. – *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:385-406/ DOI: 10.1080/07352680500316334
19. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J. C., Scurlock, J. M. O., Huisman, W. (2000) *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy* (19): 209-227.
20. Lewandowski, I., Schmidt, U. (2006) Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (112): 335-346 / doi:10.1016/j.agee.2005.08.003
21. Volk, T. A., Verwijst, Th., Tharakan, P. J., Abrahamson, L. P., White, E. H. (2004) Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops. *Front Ecol Environ*, 2(8): 411-418.

## References

1. *Analitichnyy zvit ta rekomendatsiyi shchodo vyroshchuvannya enerhetychnykh kul'tur v Ukraini.* (n.d.). Retrieved from: [http://bioenergy.in.ua/media/filer\\_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet\\_po\\_verbe.pdf](http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf).
2. Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M. (2012). Optyimizatsiya elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya miskantusu v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Zb. nauk. prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*, 1(57), 168-173.



3. Humentyk, M. Ya. (2012). Vyroshchuvannya ta vykorystannya orhanichnoyi syrovyny dlya vyrobnytstva enerhiyi. *Zbirnyk naukovykh prats' IBKiTsB NAAN*, 14, 446-448.
4. Dubrovin, V. O., Korchemnyy, M. O., Maslo, I. P. (2004). *Biopalyva (tekhnologiya, mashyny i obladnannya)*. Kyiv: Enerhetyka i elektryfikatsiya.
5. Royik, M. V., Sinchenko, V. M., Fuchylo, Ya. D., Pyrkin, V. I., Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya. (2015). *Enerhetychna verba: tekhnologiya vyroshchuvannya ta vykorystannya*. Vinnytsya: Nilan LTD.
6. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov*. (2000). Moscow: Ekonomika.
7. Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., Fuchylo, Ya. D., Khivrych, O. B., Zykov, P. Yu., Honcharuk, H. S., Smirnykh, V. M., Horobets', A. M., Dubovyy, Yu. P., Zamoys'kyy, O. I. (2015). *Metodychni rekomendatsiyi z tekhnologiyi vyroshchuvannya i pereroblyannya miskantusu hihants'koho*. Instytut bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv, Kyiv.
8. Royik, M. V., Humentyk, M. Ya., Mamaysur, V. V. (2013). Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby dlya vyrobnytstva tverdoho biopalyva. *Bioenerhetyka*, 2, 18-19.
9. Sinchenko, V. M., Tkachenko, A. M. (2017). Investytsiyna pryvablyvist' proektiv z vyroshchuvannya biomasy. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktual'ni pytannya nauky i praktyky*, 10, 24-34.
10. Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., Fuchylo, O. Ya., Litvin, V. M. (2009). *Stvorennya ta vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsiy verb i topol'*. Kyiv: Lohos.
11. Fuchylo, Ya. D. (2011). *Plantatsiyne lisovyroshchuvannya: teoriya, praktyka, perspektyvy*. Kyiv: Lohos.
12. Aylott, M. J., Casella, E., Tubby, I., Street, N. R., Smith, P., Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bijenergy poplar and willow short-rotation coppice in the UK. *New Phytologist*. (178): 358-370 / doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x.
13. Caputo, J., Balogh, S. B., Volk, T. A., Johnson, L., Puettmann, M., Lippke, B., Oneil, E. (2013). Incorporating uncertainty into a Life Cycle Assessment (LCA) model of short-rotation willow biomass (*Salix* spp.) crops. *Bioenerg. Res.* Published online: 22 June 2013. – 12p / DOI 10.1007/s12155-013-9347-y.
14. Christian, D. G., Riche, A. B., Yates, N. E. (2008) Growth, yield and mineral content of *Miscantus x giganteus* grown as a diofuel for 14 successive harvests. *Industrial crops and products*, (28): 320-327 / DOI: 10.1016/j.indcrop.2008.02.009.
15. Collura, S., Azambre, B., Fiqueneisel, G., Zimmy, Th., Weber, J. V. (2006). *Miscantus x Giganteus* straw and pellets as sustainable fuels. Combustion and emission tests. *Environ Chem Lett*, (4): 75-78 / DOI 10.1007/s10311-006-0036-3.
16. Connor, D. J. and Hernandez, C. G. (2009). Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future," in R. W. Howarth and S. Bringezu, eds., *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use* (Ithaca, NY: Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University, 2009), p. 70.
17. Himken, M., Lanimel, J., Neukirchen, D., Czypionka-Krause, U., Ols, H.-W. (1997). Cultivation of *Miscantus* under West European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil*, (189): 117-126.
18. Keoleian, G. A., Volk, T. A. (2005) Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:385-406/ DOI: 10.1080/07352680500316334
19. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J. C., Scurlock, J. M. O., Huisman, W. (2000). *Miscantus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*, (19): 209-227.
20. Lewandowski, I., Schmidt, U. (2006). Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (112): 335-346 / doi:10.1016/j.agee.2005.08.003.
21. Volk, T. A., Verwijst, Th., Tharakan, P. J., Abrahamson, L. P., White, E. H. (2004). Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops. *Front Ecol Environ*, 2(8): 411-418.

**Стаття надійшла до редакції 04.06.2018 р.**