

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ
БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУTHEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE FORMATION
OF BIOENERGETIC POTENTIAL

Досліджено підходи до теоретико-методичних аспектів оцінки біоенергетичного потенціалу різних авторів. Досліджено методичні підходи до оцінки біоенергетичного потенціалу з точки зору економічної ефективності та екологічних факторів. Досліджено методи окремих авторів що враховують комплекс факторів орієнтований на оцінку еколого-економічної ефективності біопалив. Проведений аналіз доцільності розвитку державно-приватного партнерства в біоенергетичній сфері. Визначено, що розвиток виробництва біопалив вимагає значних інвестиційних ресурсів, а в умовах військового стану державне стимулювання не може забезпечити належної підтримки тому доцільним є розвиток механізмів державно-приватного партнерства. Обґрунтовано, що розвиток біоенергетичного потенціалу України можливий лише за умови активної державної підтримки. Визначено, що фінансова допомога, податкові пільги та сприятливе законодавство – це ключові елементи, які залучать інвестиції та пришвидшать розвиток галузі. Розроблена універсальна методика оцінки біоенергетичного потенціалу, що дозволить оцінити потенціал розвитку біоенергетики в конкретному регіоні, розробити оптимальні стратегії використання біомаси та приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у біоенергетичні проекти.

Ключові слова: біоенергетика, потенціал, біопалива, методика, оцінка, фактори, розвиток.

The purpose of the article was the study of methodological aspects of bioenergy potential assessment and the development of own methodological tools for bioenergy potential assessment. The main research methods were: Systematic literature review – a detailed analysis of scientific publications related to the assessment of bioenergy potential was carried out. Special attention is paid to the variety of approaches, used methods and indicators; comparative analysis of methods by comparing different evaluation methods, highlighting their strengths and weaknesses, as well as the scope of application. On the basis of the conducted analysis, a proprietary evaluation method was developed, which would take into account the specific conditions of the study and allow obtaining more accurate results. It was established that according to the forecasted assessment, the bioenergy potential of Ukraine in 2050 will increase and amount to 46.88 million toes, which includes 13.04 million toe. by-products of agricultural crops, 2.88 million t.e. – wood biomass, etc. and 2.8 billion m³ of biogas. It was determined that the formation of bioenergy potential is one of the key directions of the development of modern energy on the basis of the "green" economy. It envisages the use of biomass as an energy source, which contributes to reducing dependence on fossil fuels and reducing harmful emissions into the atmosphere. The approaches to the theoretical and methodological aspects of bioenergetic potential assessment by various authors have been studied. Methodical approaches to the assessment of bioenergy potential from the point of view of economic efficiency and environmental factors have been studied. The methods of individual authors that take into account a complex of factors aimed at assessing the ecological and economic efficiency of biofuels have been studied. An analysis of the feasibility of the development of public-private partnership in the bioenergy sphere was carried out. It was determined that the development of biofuel production requires significant investment resources, and in the conditions of martial law, state incentives cannot provide adequate support, so the development of public-private partnership mechanisms is advisable. It is substantiated that the development of the bioenergy potential of Ukraine is possible only under the condition of active state support. It has been determined that financial assistance, tax incentives and favorable legislation are key elements that will attract investment and accelerate the development of the industry. A universal method of assessing bioenergy potential has been developed, which will allow to assess the potential for the development of bioenergy in a specific region, to develop optimal strategies for the use of biomass, and to make informed decisions about investments in bioenergy projects.

Key words: bioenergy, potential, biofuels, methodology, evaluation, factors, development.

УДК 330.131.52

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.14-9>

Фурман І.В.¹

к.е.н., доцент,
Вінницький національний аграрний
університет

Ксенчин Д.О.²

аспірант,
Вінницький національний аграрний
університет

Furman Iryna

Vynnytsia National Agrarian University

Ksenchyn Dmytro

Vynnytsia National Agrarian University

Постановка проблеми. Формування біоенергетичного потенціалу є одним з ключових напрямів розвитку сучасної енергетики на засадах «зеленої» економіки. Він передбачає використання біомаси як джерела енергії, що сприяє зменшенню залежності від викопних палив та зниженню шкідливих викидів в атмосферу. Проте для оцінки доцільності використання біоенергетичного потенціалу необхідним є дослідження теоретико-методологічних підходів до відповідної оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням різних аспектів структурних змін

в галузях АПК присвяченні праці: Гончарук І.В. [3; 8], Мельниченко В.В. [4], Пришляк Н.В. [6], Лутковської С.М. [7], Калетніка Г.М. [8], Зеленчук Н.В. [9], Гончарук Я.В. [10–11] та ін. Однак дослідження факторів, що впливають біоенергетичний потенціал та аналіз економічних аспектів його використання вимагає подальших наукових досліджень.

Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми. На сьогодні необхідним є дослідження теоретико-методичних підходів до оцінки біоенергетичного потенціалу з врахування економічних, виробничих та екологічних факторів.

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9923-555X>

² ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8329-6170>

Постановка завдання. Метою статті є дослідження методичних аспектів оцінки біоенергетичного потенціалу та розробка власного методичного інструментарію оцінки біоенергетичного потенціалу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Попередніми дослідженнями, що основними пріоритетними напрямками розвитку біоенергетики є: забезпечення енергетичної незалежності шляхом розвитку вітчизняних джерел енергії, включаючи біоенергетику, сонячну енергію та вітрову енергію; сприяння енергоефективності та використанню енергозберігаючих технологій; збільшення інвестицій у розвиток та модернізацію енергетичної і транспортної інфраструктури; забезпечення надійного електропостачання та інших критичних послуг у разі військових дій; захист критичної інфраструктури від кібератак та інших форм цифрових загроз; ефективне використання природних ресурсів та збереження екологічної рівноваги; розвиток програм з управління водними ресурсами та лісовими масивами [1].

При проведенні власних досліджень було також визначено, що за допомогою удосконалення сучасних технологій та розвитку штучного інтелекту ми можемо значно покращити схему управління вказаним біоенергетичним кластером. До прикладу, доцільно впровадити автоматизовану систему на основі штучного інтелекту для перерозподілу відповідальності за доставку побічної продукції та органічних відходів на біогазовий комплекс. В цьому випадку система матиме здатність самостійно коригувати обсяги надходження продукції чи відходів відповідно до потреб комплексу так щоб виробництво було безперервним [2].

В той же час І. Гончарук зазначає, що використання біоенергетичного потенціалу як альтернативного джерела палива сприяє раціональному використанню та охороні природних ресурсів, таких як земля, паливно-енергетичні ресурси і вода. Це сприяє відновленню екологічної рівноваги і підвищує екологічну безпеку [3, с. 79].

Як зазначає В. Мельниченко економічний потенціал первинних відходів виробництва аграрної продукції доцільно розраховувати за формулою:

$$EP = TDEP * KEV, \quad (1)$$

де EP – економічний потенціал; TDEP – коефіцієнт технічно доступного енергетичного потенціалу; KEV – коефіцієнт енергетичного використання [4, с. 232].

Схожий підхід реалізується для оцінки теоретичного біоенергетичного потенціалу АПК України Біоенергетичною асоціацією України, у якій ключовими аспектами виступають коефіцієнти відходів для кожної культури, а також частка відходів, яку можливо використати для виробництва енергії. Для розрахунку потенціалу соломи та інших рослинних решток використовуються коефіцієнти

відходів згідно з даними Відділення рослинництва Національної академії аграрних наук України [5].

В той же час Н. Пришляк про ефективність використання енергетичних ресурсів можна робити висновки з показника енергомісткості виробництва продукції, який розраховується за формулою:

$$e = E/Q \quad (2),$$

де e – енергомісткість виробництва продукції;

E – обсяг спожитих енергоресурсів;

Q – обсяг виробленої продукції [6, с. 64].

Загальна формула для оцінки економічного потенціалу відходів виробництва сільськогосподарської культури на думку Н. Пришляк має мати вигляд:

$$Pe = cr * kr * kt * ke * kse,$$

де: Pe – економічно доцільний потенціал, тис. т у.п.;

cr – валовий збір сільськогосподарської культури, тис. т;

kr – коефіцієнт відходів, що є різним для кожного виду рослин;

kt – коефіцієнт технічної доступності відходів сільськогосподарських рослин, який характеризує кількість соломи, що може бути отримана за наявної технології збирання. Коефіцієнт технічної досяжності для всіх видів сільськогосподарських рослин прийнятий рівним 0,8;

ke – коефіцієнт енергетичного використання відходів, що характеризує частину відходів (соломи), яку можна використати з метою отримання енергії;

kse – коефіцієнт перерахунку в умовне паливо [6, с. 64].

Проте на нашу думку для вдосконалення обчислення потенціалу доцільно проводити уточнення коефіцієнтів, а саме:

– коефіцієнт відходів (kr): цей коефіцієнт залежить від виду культури, кліматичних умов та технології вирощування. Рекомендується використовувати дані наукових досліджень та статистичних звітів для визначення оптимальних значень;

– коефіцієнт технічної доступності (kt): даний коефіцієнт може варіюватися залежно від регіону, типу ґрунту та рельєфу. Для його визначення можна використовувати дані про втрати біомаси під час збирання та транспортування;

– коефіцієнт енергетичного використання відходів (ke): даний коефіцієнт залежить від обраної технології переробки біомаси та її якості. Для його визначення можна використовувати дані виробників обладнання та результати наукових досліджень.

Також при оцінюванні потенціалу доцільним є врахування додаткових факторів а саме:

– вологість біомаси (врахування вмісту вологи на теплотворну здатність біомаси та витрати на її сушку);

– зольність біомаси (врахування вмісту золи, що впливає на ефективність спалювання та може

вимагати додаткових витрат на очищення продуктів згоряння);

– екологічні аспекти (доцільно враховувати вплив виробництва та використання біопалива на довкілля).

При оцінці біоенергетичного потенціалу різних видів сировини для виробництва біопалив доцільним може стати використання програмного забезпечення для спрощення розрахунків відповідне спеціалізоване програмне забезпечення дозволить автоматизувати процес розрахунку економічного потенціалу та проводити моделювання різних сценаріїв.

Точний розрахунок економічного потенціалу відходів сільського господарства є важливим етапом у плануванні та реалізації біоенергетичних проектів. Використання наведених вище рекомендацій та подальше дослідження цієї теми дозволить підвищити ефективність використання біоресурсів та сприяти розвитку сталого енергетичного сектору.

Особливо актуальним при оцінці біоенергетичного потенціалу необхідним є врахування екологічного ефекту від переробки відходів не лише сільського господарства а й твердої фракції побутових відходів.

На думку Лутковської С.М. забезпечення екологічної безпеки в умовах сталого розвитку має ґрунтуватися на концепції переробки відходів промисловості та сільського господарства на альтернативні джерела енергії [7, с. 1131].

В той же час Г. Калетник зазначає, що загальний потенціал виробництва біоенергії з 10 млн га земельних угідь держави може становити понад 28,99 млн т. н.е. [8, с. 11].

В той же час оцінювання біоенергетичного потенціалу має включати оцінку еколого-економічної ефективності виробництва біопалив.

Для прикладу Н. Зеленчук запропонована наступна методика обрахунку еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК:

$$C. \text{ екон-екол} = (E \text{ в.е.} + E \text{ о.в.} + B \text{ р.д.} + E \text{ е.з.} + + B \text{ р.+О.д.д.}) - (B \text{ м./Т}) + B \text{ в.},$$

де E в.е. – економія витрат на енергоносіях, млн грн;

E о.в. – економія витрат основного виробництва за рахунок використання біогазу (спирт, цукор), млн грн;

B р.д. – вартість реалізованого дигестату, млн грн;

E е.з. – економія на екологічних заходах (утримання відстійників, екологічні податки тощо), млн грн;

B р. – вартість реалізованого біогазу чи електроенергії, млн грн;

B м. – вартість модернізації підприємства АПК, млн грн;

B в. – витрати на виробництво біогазу, млн грн;

Од.д. – обсяг державних дотацій;

T – амортизаційний строк використання установки, років [9, с. 7].

На нашу думку доцільним при оцінці біоенергетичного потенціалу необхідним є оцінки комплексу факторів, а саме: кількість та якість біомаси: важливо враховувати не тільки загальний обсяг біомаси, а й її якісні характеристики, такі як вологість, зольність, теплотворна здатність. Від цих показників залежить ефективність використання біомаси та вибір технології переробки; географічне розташування: кліматичні умови впливають на врожайність сільськогосподарських культур та кількість доступної біомаси. Рельєф місцевості визначає доступність до полів та лісів, а також вартість збору та транспортування біомаси; технології переробки: вибір технології переробки залежить від виду біомаси, масштабу виробництва та бажаного виду енергії (тепло, електрика). Сучасні технології дозволяють ефективно переробляти різноманітні види біомаси, але їх вартість може бути значною; економічні фактори: вартість сировини, енергоносіїв, обладнання та трудових ресурсів визначає собівартість виробництва біопалива. Важливо враховувати також державні субсидії та податкові пільги для біоенергетичних проектів.

– екологічні фактори: виробництво та використання біопалива можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на довкілля. Важливо оцінити викиди парникових газів, забруднення ґрунтів і водних ресурсів, а також вплив на біорізноманіття;

– соціальні фактори: розвиток біоенергетики може створити нові робочі місця, особливо в сільській місцевості. Однак, необхідно враховувати можливі негативні соціальні наслідки, такі як конкуренція за земельні ресурси та зміна традиційного способу життя;

– політичні фактори: державна політика в галузі енергетики та сільського господарства визначає умови для розвитку біоенергетики. Підтримка з боку держави у вигляді фінансових стимулів, податкових пільг та регуляторних заходів може значно підвищити інвестиційну привабливість проектів (табл. 1).

Важливо зазначити що існують додаткові фактори, які можуть впливати на економічну доцільність розвитку біоенергетики, а саме: інфляція (зміна вартості обладнання, сировини та інших ресурсів); курс валют (для проектів з іноземним фінансуванням або використанням імпортного обладнання); політична стабільність (прямий вплив на інвестиційний клімат та доступність фінансування; технологічні інновації (розробка нових технологій може знизити вартість виробництва біопалива та підвищити його ефективність).

Фактори оцінки біоенергетичного потенціалу

Фактор	Опис	Важливість
Кількість та якість біомаси	Обсяг доступної біомаси, її теплотворна здатність, вологість, зольність.	Визначає загальний потенціал.
Географічне розташування	Кліматичні умови, рельєф, доступність інфраструктури.	Впливає на вартість збору та транспортування.
Технології переробки	Ефективність технологій перетворення біомаси на енергію.	Визначає економічну доцільність проекту.
Економічні фактори	Вартість сировини, енергоносіїв, обладнання, трудові ресурси.	Впливає на рентабельність проекту.
Екологічні фактори	Вплив на довкілля (виділення парникових газів, забруднення ґрунтів і водних ресурсів).	Визначає сумісність з екологічними стандартами.
Соціальні фактори	Вплив на зайнятість населення, розвиток сільських територій.	Важливий для оцінки соціальної складової проекту.
Політичні фактори	Державна політика в галузі енергетики та сільського господарства.	Впливає на інвестиційну привабливість проекту.

Джерело: власні дослідження

Важливо зазначити, що економічна ефективність біоенергетичного проекту залежить від комплексного впливу всіх цих факторів. Оцінка економічної доцільності біоенергетичного потенціалу того чи іншого ресурсу вимагає комплексу оцінювання з врахуванням економічної доцільності використання біоенергетичного потенціалу (табл. 2).

Слід зауважити що розвиток виробництва біопалив вимагає значних інвестиційних ресурсів, а в умовах військового стану державне

стимулювання не може забезпечити належної підтримки тому доцільним є розвиток механізмів державно-приватного партнерства. Розвиток ДПП у сфері виробництва біопалив може стимулювати розвиток біоенергетики в Україні, сприяти зниженню залежності від імпортованих енергоносіїв та покращити екологічну ситуацію в країні [10, с. 293].

Ефективне управління ресурсним забезпеченням є ключовим фактором успіху проектів з виробництва біогазу та дигестату. Впровадження

Таблиця 2

Економічні аспекти біоенергетики: таблиця факторів

Економічний фактор	Опис	Вплив на біоенергетику
Вартість сировини	Ціна на біомасу (енергетичні культури, відходи сільського господарства, лісові відходи).	Безпосередньо впливає на собівартість біопалива.
Вартість технологій	Інвестиції в обладнання для переробки біомаси, будівництво біоенергетичних установок.	Визначає початкові інвестиції та термін окупності проекту.
Енергетична ефективність	ККД технологій перетворення біомаси на енергію.	Впливає на кількість отриманої енергії з одиниці біомаси та, відповідно, на економічну ефективність.
Соціальні витрати	Витрати на охорону праці, соціальні програми для працівників.	Впливають на загальні витрати на виробництво біопалива.
Екологічні витрати	Витрати на очищення стічних вод, утилізацію відходів, компенсацію шкоди довкіллю.	Збільшують собівартість виробництва біопалива.
Державна підтримка	Субсидії, податкові пільги, кредити для біоенергетичних проектів.	Знижують ризики інвестування та стимулюють розвиток галузі.
Ціна на енергоносії	Ціни на традиційні енергоносії (газ, нафта).	Визначають конкурентоспроможність біопалива.
Ринки збуту	Обсяги та ціни на біопаливо на внутрішньому та зовнішньому ринках.	Впливають на прибутковість біоенергетичних підприємств.
Транспортні витрати	Вартість транспортування біомаси та біопалива.	Впливають на собівартість біопалива, особливо для віддалених регіонів.
Сезонність виробництва біомаси	Зміна кількості та якості біомаси протягом року.	Вимагає додаткових витрат на зберігання та переробку біомаси.

Джерело: власні дослідження

правильної системи може допомогти проектам досягти своїх цілей та зробити свій внесок у розвиток стійкої енергетики та сільського господарства [11]. Переваги та недоліки ДПП представлені в таблиці 3.

Загалом, ДПП є перспективним інструментом для розвитку біоенергетики, але його успішна реалізація вимагає ретельного планування, прозорого механізму управління та ефективного контролю.

За прогнозованою оцінкою біоенергетичний потенціал України у 2050 році зросте і становитиме 46,88 млн т.н.е., що включає в себе 13,04 млн т.н.е. побічної продукції сільськогосподарських культур, 2,88 млн т.н.е. – деревинна біомаса тощо та 2,8 млрд м³ біогазу (табл. 4).

Повний розквіт біоенергетичного потенціалу України можливий лише за умови активної державної підтримки. Фінансова допомога, податкові пільги та сприятливе законодавство – це ключові елементи, які залучать інвестиції та пришвидшать розвиток галузі. Такий підхід не лише стимулюватиме виробництво біопалива, але й позитивно вплине на економіку, екологію та енергетичну безпеку країни. Для успішної реалізації цього потенціалу необхідно залучати значні інвестиції, розвивати інноваційні технології та забезпечувати стабільну державну політику.

З урахуванням розглянутих факторів та запропонованих формул, можна запропонувати універсальну методику для оцінки біоенергетичного потенціалу:

$$\text{БЕП} = \sum(Q_i * \eta_i * A_i * K_i * F_i),$$

де: БЕП – біоенергетичний потенціал (в умовних одиницях енергії, наприклад, ГДж/рік);

Q_i – теплотворна здатність i -го виду біомаси (кДж/кг);

η_i – коефіцієнт ефективності перетворення i -го виду біомаси на енергію;

A_i – кількість доступної i -го виду біомаси (кг/рік);

K_i – коефіцієнт, що враховує втрати при зберіганні, транспортуванні та переробці i -го виду біомаси;

F_i – коефіцієнт, що враховує інші фактори, такі як сезонність, вартість, екологічні наслідки використання i -го виду біомаси.

Сумація (Σ): Враховує різноманітність видів біомаси, які можуть бути використані.

Теплотворна здатність (Q_i): Визначає кількість енергії, яку можна отримати зі спалювання одиниці маси біомаси.

Коефіцієнт ефективності (η_i): Враховує втрати енергії при перетворенні біомаси на корисну енергію (теплову або електричну).

Кількість доступної біомаси (A_i): Визначає загальний обсяг біомаси, який може бути використаний.

Коефіцієнт втрат (K_i): Враховує втрати біомаси під час збирання, зберігання, транспортування та переробки.

Коефіцієнт інших факторів (F_i): Дозволяє врахувати інші фактори, які можуть впливати на біоенергетичний потенціал, такі як сезонність виробництва біомаси, вартість її переробки, екологічні обмеження тощо.

Переваги цієї формули:

Універсальність: Може бути застосована для оцінки потенціалу різних видів біомаси.

Таблиця 3

Переваги та недоліки державно-приватного партнерства (ДПП) для розвитку біоенергетики

Переваги ДПП для розвитку біоенергетики	Недоліки ДПП для розвитку біоенергетики
Залучення інвестицій: Приватний сектор може забезпечити значні інвестиції, необхідні для реалізації масштабних біоенергетичних проектів.	Ризики для держави: Держава бере на себе певні фінансові ризики у разі невдачі проекту.
Ефективність управління: Приватний сектор, як правило, має більшу гнучкість та ефективність у управлінні проектами, що може призвести до зниження витрат і підвищення якості послуг.	Можливі конфлікти інтересів: Між державними та приватними партнерами можуть виникати розбіжності щодо цілей проекту, розподілу прибутків та ризиків.
Передача технологій: Співпраця з приватними компаніями може сприяти трансферу нових технологій та інновацій у сферу біоенергетики.	Монополізація ринку: Великі приватні компанії можуть здобути домінуючу позицію на ринку, що може призвести до підвищення цін на біопаливо.
Поширення кращих практик: ДПП дозволяє залучати до проектів міжнародний досвід та кращі практики.	Бюрократичні бар'єри: Складні процедури укладення та виконання договорів про ДПП можуть уповільнити реалізацію проектів.
Зменшення навантаження на державний бюджет: Частина фінансування проектів бере на себе приватний сектор.	Прозорість та контроль: Відсутність належного контролю може призвести до корупції та неефективного використання коштів.
Стимулювання розвитку інфраструктури: Реалізація біоенергетичних проектів може сприяти розвитку інфраструктури в регіонах.	Недостатня кваліфікація державних органів: Відсутність досвіду у реалізації таких проектів може призвести до помилок та неефективного використання ресурсів.

Джерело: власні дослідження

Оцінка біоенергетичного потенціалу України у 2022 році

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн т.	Потенціал для отримання енергії (економічний потенціал)	
		Частка теоретичного потенціалу, %	млн т. н.е.
Солома зернових культур	37,5	30,0	3,84
Солома ріпаку	5,9	40,0	0,81
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, качани)	46,6	40,0	3,57
Субпродукти виробництва соняшнику (стебла, головки)	29,0	40,0	1,66
Вторинні сільськогосподарські залишки (лушпиння соняшнику)	2,6	100,0	1,08
Деревна біомаса (паливна деревина, порубкові відходи, відходи деревообробки)	7,4	95,0	1,73
Біодизель (з насіння ріпаку)	1,2	40,1	0,46
Біоетанол (з насіння кукурудзи та цукрового буряку)	-	-	0,79
Біогаз з відходів і побічної продукції агропромислового комплексу	2,8 млрд м ³ CH ₄	42,0	0,99
Газ звалищ	0,6 млрд м ³ CH ₄	29,0	0,14
Каналізаційний газ (промислові та міські стічні води)	0,4 млрд м ³ CH ₄	28,0	0,09
Енергетичні культури:			
верба, тополя, міскантус (на 1 млн га невикористаних сільськогосподарських угідь)	11,5	100,0	4,88
кукурудза на біогаз (на 1 млн га невикористаних сільськогосподарських угідь)	3,0 млрд м ³ CH ₄	100,0	2,57
Всього			22,61

Джерело: сформовано на основі даних [12–14]

Комплексність: Враховує широкий спектр факторів, що впливають на біоенергетичний потенціал.

Гнучкість: Коефіцієнти F_i дозволяють враховувати специфічні особливості кожного конкретного випадку.

Застосування даної методики дозволить оцінити потенціал розвитку біоенергетики в конкретному регіоні, розробити оптимальні стратегії використання біомаси та приймати обґрунтовані рішення щодо інвестицій у біоенергетичні проекти.

Висновки з проведеного дослідження.

Формування біоенергетичного потенціалу є складним багатограним процесом, який вимагає комплексного підходу. Поєднання теоретичних знань та практичних навичок дозволить ефективно використовувати біомасу як джерело енергії та сприяти розвитку сталого енергетичного сектору.

Запропонована методика для оцінки біоенергетичного потенціалу є потужним інструментом для планування та розвитку біоенергетичного сектору. Вона дозволяє:

- оцінити потенціал різних видів біомаси через порівняння різних видів біомаси за їх енергетичною цінністю та потенціалом використання;

- оптимізувати використання ресурсів, а саме визначити оптимальні комбінації видів біомаси та технологій переробки для досягнення максимальної ефективності;

- приймати обґрунтовані інвестиційні рішення через оцінку економічної доцільності біоенергетичних проектів та визначити пріоритетні напрямки розвитку;

- сформулювати основу для розробки державної політики в галузі біоенергетики за допомогою використання отриманих даних для розробки ефективних механізмів підтримки біоенергетики.

Перспективними напрямками подальших досліджень є: розробка регіональних моделей оцінки біоенергетичного потенціалу з урахуванням специфіки природних умов та сільськогосподарського виробництва в різних регіонах; дослідження впливу різних технологій переробки біомаси на економічну ефективність через порівняння різних технологій за такими показниками, як капітальні витрати, операційні витрати, вихід продукції та якість продукції; оцінка соціальних та екологічних наслідків розвитку біоенергетики через проведення аналізу впливу біоенергетики на зайнятість населення, розвиток сільських територій та збереження біорізноманіття.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Фурман І.В., Ксенчин Д.О. Розвиток біоенергетики в контексті забезпечення енергетичної безпеки України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 61. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3746> DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41>.
2. Фурман І.В., Ксенчин Д.О. Управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 59. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3398> DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-44>
3. Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Вовк В.Ю. Оцінка біоенергетичного потенціалу АПК для забезпечення енергетичної незалежності галузі. *Проблеми економіки*. 2023. № 3 (57). С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-71-80>.
4. Мельниченко В.В. Методичні засади визначення біоенергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2017. Вип. 260. С. 228–236.
5. Відділення рослинництва Національної академії аграрних наук України. URL: <http://naas.gov.ua/ustanovy/viddilennya-roslinnictva/> (дата звернення: 20.09.2024).
6. Пришляк Н. В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біопалив із агробіомаси. *Агросвіт*. 2021. № 12. С. 58–67. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.12.58>
7. Lutkovska S.M., Kaletnik G.M. Strategic Priorities of the System Modernization Environmental Safety under Sustainable Development. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Fall, 5 (45). Volume XI. P. 1124–1136.7.
8. Калетнік Г.М., Гончарук І.В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Економіка АПК*. 2020. № 9. С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006.3>.
9. Зеленчук Н.В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 27. С. 5–8. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212>
10. Гонтарук Я.В. Управління інвестиційними ресурсами підприємств для виробництва біопалив на засадах державно-приватного партнерства. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. № 2(11). С. 290–294. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.11-47>
11. Гонтарук Я.В. Управління ресурсним забезпеченням проектів з виробництва біогазу та дигестату. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 62. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-173>
12. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 20.09.2024).
13. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/> (дата звернення: 20.09.2024).
14. Гонтарук Я.В., Ясінська Б.О. Оцінка біоенергетичного потенціалу Ілінецької територіальної громади. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 8(08). С. 242–247. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120>

REFERENCES:

1. Furman I. V., Ksenchyn D. O. (2024). Rozvytok bioenerhetyky v konteksti zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Development of bioenergy in the context of ensuring energy security of Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 61. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3746> DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41>. (in Ukrainian)
2. Furman I.V., Ksenchyn D.O. (2024). Upravlinnia vyrobnytstvom biohazu z vidkhodiv pidpriumstv APK ta domohospodarstv [Management of biogas production from waste of agricultural enterprises and households]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 59. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-44> (in Ukrainian)
3. Honcharuk I.V., Pansyryeva H.V., Vovk V.Yu. (2023). Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu APK dlia zabezpechennia enerhetychnoi nezalezhnosti haluzi [Assessment of the bioenergy potential of the agricultural sector to ensure the industry's energy independence]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (57). С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-71-80>. (in Ukrainian)
4. Melnychenko V.V. (2017). Metodychni zasady vyznachennia bioenerhetychnoho potentsialu silskohospodarskykh pidpriumstv [Methodological principles of determining the bioenergy potential of agricultural enterprises]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya : Ekonomika, ahraryni menedzhment, biznes*, vol. 260, pp. 228-236 (in Ukrainian)
5. Viddilennia roslynnytstva Natsionalnoi akademii ahrarynykh nauk Ukrainy [Plant breeding department of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine]. Available at: <http://naas.gov.ua/ustanovy/viddilennya-roslinnictva/> (accessed: 20.09.2024). (in Ukrainian)
6. Pryshliak N. (2021) Methodical approaches to determining the ecological and economic efficiency of biofuel production from agrobiomass [Methodical approaches to determining the ecological and economic efficiency of the production of biofuels from agrobiomass]. *Agrosvit*, vol. 12, pp. 58–67. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.12.58> (in Ukrainian)
7. Lutkovska S.M., Kaletnik G.M. (2020). Strategic Priorities of the System Modernization Environmental Safety under Sustainable Development. *Journal of Environmental Management and Tourism*, fall, 5 (45), vol. XI, pp. 1124–1136 (in Poland)
8. Kaletnik G.M., Honcharuk I. V. (2020). Ekonomichni rozrakhunky potentsialu vyrobnytstva vidnovliuvanoi bioenerhii u formuvanni enerhetychnoi nezalezhnosti ahropromyslovoho kompleksu [Economic calculations of the potential of renewable bio-energy production in the formation of energy independence of the agro-industrial com-

plex]. *Ekonomika APK*, vol. 9, pp. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006>. (in Ukrainian)

9. Zelenchuk N.V. (2023). Metodichni pidkhody do vyznachennia ekoloho-ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva biohazu na pererobnykh pidpriemstvakh APK Ukrainy [Methodical approaches to determining the ecological and economic efficiency of biogas production at the processing enterprises of the agricultural sector of Ukraine]. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut»*, no. 27, pp. 5–8. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212> (in Ukrainian)

10. Hontaruk Ya.V. (2024). Upravlinnia investytsiiny my resursamy pidpriemstv dlia vyrobnytstva biopalyv na zasadakh derzhavno-privatnoho partnerstva [Management of investment resources of enterprises for the production of biofuels on the basis of public-private partnership]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, no. 2(11), pp. 290–294. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.11-47> (in Ukrainian)

11. Hontaruk Ya.V. (2024). Upravlinnia resursnym zabezpechenniam proektiv z vyrobnytstva biohazu ta dyhestatu [Resource management of biogas and digester production projects]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 62. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-173> (in Ukrainian)

12. Ofitsiynyi sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (accessed: 20.09.2024). (in Ukrainian).

13. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy [Bioenergy Association of Ukraine]. Available at: <https://uabio.org/> (accessed: 20.09.2024). (in Ukrainian)

14. Hontaruk Ya.V., Yasinska B.O. (2023) Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu llinetskoï terytorialnoi hromady [Assessment of the bioenergy potential of the llinetsk territorial community]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, vol. 8(08), pp. 242–247. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120> (in Ukrainian)