

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-336-83>

УДК: 620.952

ТОКАРЧУК Діна

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-6341-4452>

tokarchuk_dina@ukr.net

ОГЛЯД БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РІЗНИХ ВИДІВ БІОПАЛИВ 1

Енергетична безпека є одним із ключових викликів сучасності, що вимагає пошуку відновлюваних джерел енергії для заміщення викопного палива. У цьому контексті енергетичні культури, які використовуються для виробництва біопалив, набувають все більшого значення. Запропоновано власну класифікацію енергетичних культур за різними ознаками, яка дозволяє врахувати їхній економічний, технологічний та екологічний потенціал; наведено приклади культур. Досліджено біоенергетичний потенціал енергетичних культур для виробництва біопалив першого, другого та третього поколінь та систематизовано сировинну базу для їх виробництва.

Особливу увагу приділено глобальному використанню енергетичних культур, таких як пшениця, кукурудза, цукрова тростина, ріпак, а також рослинних олій, які забезпечують основу для виробництва біопалив. Виявлено, що у світі переважає виробництво біопалив першого покоління, таких як біоетанол із цукрових і крохмалевмісних культур та біодизель із рослинних олій. Проте, з огляду на те, що для виробництва біопалив першого покоління використовують традиційні сільськогосподарські культури, може виникнути загроза продовольчій безпеці, що є стимулом для виробництва біопалив другого і третього поколінь.

Обґрунтовано доцільність залучення малопродуктивних земель України для вирощування багаторічних біоенергетичних культур, що забезпечить сталу сировинну базу для виробництва біопалив. Обґрунтовано, що використання традиційних та спеціальних енергетичних культур сприяє зменшенню залежності від викопних ресурсів та зниженню викидів парникових газів. Результати дослідження підтверджують, що розвиток біоенергетики є стратегічно важливим напрямом енергетичної та екологічної політики України, а ефективне використання енергетичних культур сприяє глобальному переходу до відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: енергетичні культури біопалива, біоенергетичний потенціал, біоетанол, біодизель, біогаз, тверді біопалива.

ТОКАРЧУК Dina

Vinnitsia National Agrarian University

OVERVIEW OF THE BIOENERGY POTENTIAL OF ENERGY CROPS FOR THE PRODUCTION OF DIFFERENT TYPES OF BIOFUELS

Energy security is one of the key challenges of today, which requires the search for renewable energy sources to replace fossil fuels. In this context, energy crops used for the production of biofuels are becoming increasingly important. A separate classification of energy crops according to various characteristics is proposed, which allows taking into account their economic, technological and ecological potential; examples of cultures are given. The bioenergy potential of energy crops for the production of biofuels of the first, second and third generations was studied and the raw material base for their production was systematized.

Particular attention is paid to the global use of energy crops such as wheat, corn, sugar cane, rapeseed, as well as vegetable oils, which provide the basis for the production of biofuels. It has been found that the production of first-generation biofuels, such as bioethanol from sugar and starch-containing crops and biodiesel from vegetable oils, is predominant in the world. However, given the fact that traditional crops are used for the production of first-generation biofuels, there may be a threat to food security, which is an incentive for the production of second- and third-generation biofuels.

The expediency of attracting low-productivity lands of Ukraine for the cultivation of perennial bioenergy crops, which will provide a stable raw material base for the production of biofuels, is substantiated. It is substantiated that the use of traditional and special energy crops contributes to reducing dependence on fossil resources and reducing greenhouse gas emissions. The results of the study confirm that the development of bioenergy is a strategically important area of Ukraine's energy and environmental policy, and the effective use of energy crops contributes to the global transition to renewable energy sources.

Keywords: biofuel energy crops, bioenergy potential, bioethanol, biodiesel, biogas, solid biofuels.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сьогодні Україна стикається з гострим дефіцитом енергетичних ресурсів. Нестабільність поставок традиційного палива, зростання цін на енергоресурси та необхідність зниження залежності від імпорту створюють серйозні виклики для забезпечення енергетичної безпеки країни. Водночас Україна володіє значним агроекологічним потенціалом, який залишається недооціненим у контексті розвитку біоенергетики.

Енергетичні культури, завдяки своїм властивостям, можуть стати джерелом відновлюваної енергії, забезпечуючи сировинну базу для виробництва біопалив першого та другого поколінь. Однак відсутність систематизованих знань про біоенергетичний потенціал цих культур, регіональні особливості їх

1 Стаття підготовлена в межах виконання НДР «Новітня концепція розвитку АПК України на засадах «зеленої» економіки» (номер державної реєстрації 0124U000470)

виращування, економічну доцільність та ефективність виробництва різних видів біопалив стримує їх широкомасштабне впровадження.

Проблемою є також недостатній рівень впровадження сучасних технологій у сфері біоенергетики, відсутність належної нормативно-правової бази та низька обізнаність сільськогосподарських підприємств щодо переваг виращування енергетичних культур. Враховуючи глобальні виклики, пов'язані зі змінами клімату, та інтеграцію України в європейський енергетичний простір, виникає необхідність у дослідженні потенціалу енергетичних культур як інструменту декарбонізації та енергозабезпечення.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженням біоенергетичного потенціалу енергетичних культур присвячені праці таких науковців як Г.М. Калетнік [1], Г.Г. Гелетуша [2], Г.Г. Гончарук [3], Я.В. Гонтарук [3], Т.А. Желєзна [2], Н.В. Пришляк [1] та ін. Аналізуючи результати їх досліджень варто зазначити, що використання потенціалу культур на виробництво різних видів біопалив активно розвивається у світі. Проте, з огляду на актуальність та важливість біопалив для заміни традиційних енергоносіїв, існує потреба в комплексному огляді та узагальненні біоенергетичного потенціалу енергетичних культур.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою дослідження є проведення аналізу біоенергетичного потенціалу енергетичних культур для виробництва різних видів біопалив для забезпечення енергетичними ресурсами потреб населення та економіки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Енергетичні культури в законодавстві ЄС відносяться до промислових культур (industrial crops), які використовуються виключно для виробництва відновлюваної енергії. Ведеться статистика за енергетичними культурами, які не класифіковані в інших рубриках і виращуються на ріллі. Перелік культур може бути різним залежно від країни ЄС. Зі зміною аграрної політики очікується, що у виробництво будуть запуснені нові рослини, які використовуються виключно для виробництва енергії [4].

Спеціалізовані енергетичні культури (культури, призначені для енергетики) в законодавстві США – це нехарчові культури, які можна виращувати на маргінальних землях (землях, непридатних для виращування традиційних культур, таких як кукурудза та соя), спеціально для отримання біомаси [5].

Ми пропонуємо розглядати енергетичні культури як рослини, що спеціально виращуються з метою використання безпосередньо в якості палива чи для виробництва біопалив, та як традиційні культури, що мають як енергетичне, так і неенергетичне використання.

Науковці Біоенергетичної асоціації України пропонують класифікувати енергетичні культури наступним чином:

- за цикл виращування – однорічні та багаторічні;
- за типом – деревоподібні, трав'янисті;
- за характеристика й отримуваним кінцевим продуктом – олійні (на біодизель), цукро- та крохмалевмісні (на біоетанол), лігноцелюлозні (для виробництва електричної й теплової енергії, твердих біопалив або ж рідких біопалив (біоетанолу) другого покоління);
- за «походженням» – класичні культури, які призначені суто для використання в енергетичних цілях та традиційні сільськогосподарські культури, які можуть виращуватися як у продовольчих цілях, так і з метою переробки на біопалива [2].

Нами пропонується більш розширена класифікація енергетичних культур, яка дозволить враховувати широкий спектр їх характеристик, що є ключовим для їх раціонального використання в біоенергетиці (табл. 1).

Біопалива є відновлюваним джерелом енергії, яке отримують із матеріалів біологічного походження. Їх визначають як палива, які містять щонайменше 80% (за об'ємом) речовин, отриманих із живих організмів. Біомаса може бути використана для енергетичних цілей шляхом прямого спалювання деревини, соломи, сапропелю (донних органічних відкладень), або ж у вигляді перероблених продуктів, таких як рідкі палива (ефіри ріпакової олії, спирти) чи газоподібні (наприклад, біогаз, основу якого становить метан) [6].

Біопалива мають важливе значення, адже вони сприяють переходу до більш екологічно стійкої енергетики, знижуючи викиди парникових газів і вплив на зміну клімату. Вони допомагають диверсифікувати енергетичні джерела, забезпечуючи альтернативу викопному паливу. Крім того, виробництво біопалив підтримує економіку, особливо в аграрних регіонах, створюючи нові робочі місця та сприяючи переробці відходів.

Лідерами з виробництва біопалив у світі є Сполучені Штати, Бразилія та країни Європейського Союзу, зокрема Німеччина і Франція. США та Бразилія домінують у виробництві біоетанолу, тоді як Європа зосереджена на біодизелі, використовуючи місцеву сировину, таку як ріпак та відходи харчової промисловості. Крім рідких видів, важливими є тверді біопалива, такі як пелети та брикети, які широко використовуються для опалення та генерації електроенергії, особливо в країнах з розвиненим лісовим

господарством, як Швеція та Фінляндія. Біогаз, отриманий із сільськогосподарських і побутових відходів, стає популярним у Німеччині, Данії та Індії, де його використовують для виробництва електрики, тепла або як заміну природному газу.

Таблиця 1

Класифікація енергетичних культур

| Класифікаційна ознака | Класифікаційна категорія | Приклади |
|---|-----------------------------------|--|
| За циклом вирощування | Однорічні культури | Ріпак, соняшник, кукурудза |
| | Багаторічні культури | Верба, тополя, міскантус |
| За типом | Деревоподібні культури | Верба, тополя, евкالیпт |
| | Трав'янисті культури | Міскантус, просо прутоподібне, цукрова тростина |
| За характеристиками й отримуваним продуктом | Олійні культури | Ріпак, соя, соняшник |
| | Цукро- та крохмалевмісні культури | Цукровий буряк, цукрова тростина, кукурудза |
| | Лігноцелюлозні культури | Верба, тополя, міскантус |
| | Енергетична біомаса | Солома, залишки кукурудзи |
| За походженням | Класичні енергетичні культури | Міскантус, енергетична верба |
| | Традиційні сільськогосподарські | Ріпак, кукурудза, цукрова тростина |
| За технологіями переробки | Для біоетанолу | Цукровий буряк, кукурудза, цукрова тростина |
| | Для біодизелю | Ріпак, соняшник, соя |
| | Для біогазу | Кукурудза, міскантус, силосна біомаса |
| | Для твердого біопалива | Верба, тополя, міскантус |
| За біоенергетичним призначенням | Для теплової енергії | Солома, міскантус, деревні породи |
| | Для електроенергії | Верба, тополя, лігноцелюлозні відходи |
| | Для транспортного палива | Цукрова тростина, ріпак, кукурудза |
| За стійкістю до умов вирощування | Виблагливі до умов | Цукровий буряк, соняшник |
| | Невибагливі до умов | Міскантус, енергетична верба, просо прутоподібне |
| За зональним вирощуванням | Помірний клімат | Ріпак, соняшник, верба |
| | Тропічний клімат | Цукрова тростина, евкالیпт |
| За стійкістю до змін клімату | Стійкі до посухи | Просо прутоподібне, міскантус |
| | Чутливі до посухи | Ріпак, цукровий буряк |
| За продуктивністю біомаси | Високопродуктивні | Міскантус, тополя |
| | Середньопродуктивні | Ріпак, соняшник |

Джерело: доповнено автором на основі [2]

Види біопалив, які можна отримати, використавши енергетичні культури, відображено на рис. 1.

Біопалива класифікуються на покоління залежно від джерела сировини, технологій виробництва та впливу на навколишнє середовище та продовольчий сектор.

Біопалива першого покоління виробляються з харчових культур (цукровий буряк, кукурудза, соняшник, ріпак, соя), які є традиційними для сільського господарства, при цьому використовуються їстівні частини рослин (олії, крохмаль, цукри), які конкурують із харчовою промисловістю.

Біопалива другого покоління виготовляються з лігніно-целюлозної біомаси (енергетичні культури, солома, деревина), сільськогосподарських і лісових відходів; використовуються нехарчові культури, неїстівні частини рослин або відходи. Перевагою є те, що вони не конкурують з харчовим сектором, дозволяють ефективно використовувати малопродуктивні землі та відходи; недоліком є складніші технології переробки, що вимагають більшої кількості енергії та фінансових інвестицій.

Біопалива третього покоління отримуються з мікро-, макроводоростей і інших фотосинтетичних організмів; сировина вирощується у водних середовищах без конкуренції за земельні ресурси, використовуючи CO₂ для швидкого росту. Перевагою є висока продуктивність сировини, мінімальний вплив на продовольчий сектор, здатність поглинати вуглекислий газ; недоліком – технології ще на стадії розвитку, висока вартість виробництва.

Основними видами біопалив, що наразі набули найбільш широкого використання, є біопалива першого та частково другого покоління: біоетанол, біодизель, біогаз та тверді біопалива (див. рис. 1).

Біоетанол – це рідке біопаливо, яке виробляється шляхом ферментації цукровмісних або крохмалевмісних культур (наприклад, кукурудзи, цукрового буряку). Воно використовується як заміник або добавка до бензину, знижуючи викиди парникових газів. Основна перевага біоетанолу – його екологічність і можливість виробництва з відновлюваних ресурсів.

Біодизель – це екологічно чисте паливо, отримане з рослинних олій (ріпак, соняшник, соя) або тваринних жирів шляхом трансестерифікації. Воно використовується в дизельних двигунах без суттєвих модифікацій, зменшуючи шкідливі викиди. Біодизель є біорозкладним і менш токсичним порівняно з традиційним дизельним паливом.

Біогаз – це газоподібне паливо, що утворюється в результаті анаеробного розкладання органічних речовин (силос, відходи сільського господарства, гній). Він складається переважно з метану (CH₄) та вуглекислого газу (CO₂) і використовується для виробництва теплової та електричної енергії. Біогаз дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи та зменшувати викиди парникових газів.



Рис. 1. Використання енергетичних культур для виробництва різних видів біопалив

Джерело: узагальнено автором

Тверді біопалива, такі як пелети та брикети, виготовляються з пресованої біомаси (деревних відходів, соломи, лушпиння соняшнику). Вони використовуються в котлах для опалення та виробництва енергії, забезпечуючи високу теплотворну здатність. Завдяки компактності та екологічності пелети й брикети стають популярною альтернативою викопному паливу.

Слід зазначити, що такі види біопалив як біодизель і біоетанол почали виробляти розвинені країни не тільки з метою зменшення економічної та політичної залежності від країн-імпортерів, а й зниження екологічних ризиків і, передусім, зменшення викидів парникових газів. Міжнародна система сертифікації сталості та карбону видає сертифікати на кожній точці збору біомаси – від постачання її до одержання якісного кінцевого біопалива, а на останньому етапі виробництва видає документ підтвердження сталості біопалива для використання в транспортних засобах, що є запорукою отримання державних субсидій. Несертифіковані виробники біопалива та сировини в найближчій перспективі будуть втрачати можливість реалізації своєї продукції на ринках ЄС або ж продаватимуть її за нижчою ціною. Процес сертифікації передбачає виконання вимог щодо достовірності одержаної сировини на земельних ділянках із наданням документів щодо їх географічного розташування за допомогою методів ідентифікації. Усі експортери ріпаку в країни ЄС, зокрема й українські, змушені пройти процедуру сертифікації, витрати від якої будуть мінімізовані за умови укладання двосторонніх угод між урядом України та Європейською комісією. У свою чергу на трейдерів покладаються функції забезпечення інформованості учасників експортних процедур щодо конкретних вимог і можливих змін механізмів процесу сертифікації.

У країнах ЄС з липня 2009 року передбачено нові цільові показники щодо критеріїв сталості для певних видів біопалив. Передбачається обмеження вирощування біомаси з критерієм захисту земель, зокрема насичених карбоном (вуглецем) та з високим показником біорізноманіття. Набір показників та їхніх значень щодо порівняльної екологічності різних видів біопалива з метою отримання прав на державну підтримку перетворився у так званий «критерій сталості» (з відповідними схемами сертифікації): спеціально розроблені параметри, гарантують достатній рівень екологічних, соціальних та інших характеристик у процесі виробництва й постачання біопалива. Визначені вимоги сталості стосуються всіх наслідків

використання біопалив: викидів парникових газів, зміни використання земель, охорони біорізноманіття, негативного впливу на ціни, продовольство та на зайнятість.

Поки що виробництво біопалива другого покоління більш дороге порівняно із звичайним паливом і біопаливом першого покоління, тому його масове освоєння відкладається на невизначену перспективу.

Енергетичні культури наразі забезпечують розвиток біоенергетики, а виробництво різних видів біопалив розвивається в тій чи іншій мірі в усіх країнах світу.

Огляд світового використання основних енергетичних культур на виробництво біопалив (табл. 2) показав, що енергетичне використання культур зростає для відповідності потребам енергетичного сектору.

Таблиця 2

Огляд світового використання основних енергетичних культур на виробництво біопалив

| Показник | Од. виміру | Роки | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2016-2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Пшениця | | | | | | | | |
| Виробництво | млн. т | 752 | 766 | 765 | 776 | 785 | 796 | 798 |
| Площа | млн. га | 219 | 221 | 217 | 223 | 225 | 224 | 223 |
| Урожайність | т/га | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Споживання | млн. т | 741 | 752 | 761 | 765 | 786 | 794 | 797 |
| Використання на біопалива | млн. т | 12 | 13 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Кукурудза | | | | | | | | |
| Виробництво | млн. т | 1128 | 1152 | 1160 | 1183 | 1207 | 1220 | 1262 |
| Площа | млн. га | 190 | 190 | 191 | 194 | 204 | 205 | 210 |
| Урожайність | т/га | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Споживання | млн. т | 1112 | 1159 | 1173 | 1183 | 1217 | 1225 | 1258 |
| Використання на біопалива | млн. т | 179 | 182 | 186 | 186 | 190 | 192 | 193 |
| Інші зернові | | | | | | | | |
| Виробництво | млн. т | 292 | 299 | 297 | 305 | 399 | 309 | 308 |
| Площа | млн. га | 154 | 156 | 154 | 155 | 150 | 150 | 148 |
| Урожайність | т/га | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Споживання | млн. т | 291 | 293 | 290 | 299 | 305 | 304 | 301 |
| Використання на біопалива | млн. т | 9 | 10 | 9 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| Цукрова тростина | | | | | | | | |
| Виробництво | млн. т | 1758 | 1731 | 1737 | 1774 | 1773 | 1735 | 1857 |
| Площа | млн. га | 25 | 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 26 |
| Споживання | млн. т | 69 | 69 | 71 | 73 | 73 | 72 | 72 |
| Використання на біопалива | млн. т | 361 | 377 | 427 | 365 | 380 | 402 | 412 |
| Рослинні олії | | | | | | | | |
| Виробництво | млн. т | 203 | 211 | 217 | 220 | 224 | 225 | 234 |
| в т.ч. пальмової олії | млн. т | 71 | 75 | 81 | 80 | 82 | 82 | 83 |
| Споживання | млн. т | 201 | 211 | 218 | 219 | 224 | 225 | 234 |
| Використання на біопалива | млн. т | 26 | 30 | 32 | 33 | 36 | 37 | 41 |

Джерело: [7]

Виробництво біоетанолу з зернових культур, зокрема пшениці (рис. 2) передбачає перетворення крохмалю, що міститься в зерні, на етанол через ферментацію за допомогою дріжджів. Цей процес також забезпечує побічні продукти, такі як суха барда, яка використовується як високоякісний корм для тварин. Використання пшениці для виробництва біопалива стимулює розвиток агропромислового сектору, але створює певні виклики, зокрема конкуренцію з продовольчим ринком.

Виробництво біопалива з кукурудзи є досить поширеним у світі. На енергетичні потреби наразі використовується близько 15% вирощеної продукції (рис. 3). Технологія виробництва біоетанолу першого покоління з кукурудзи включає ферментацію крохмалю, що міститься в зерні, з подальшою дистиляцією отриманого біоетанолу. Також можливо виробляти біоетанол другого покоління з нехарчової частини кукурудзи, що практикується в США. Основною перевагою кукурудзи є її висока врожайність та доступність.

Цукрова тростина є однією з найефективніших видів сировини для виробництва біоетанолу завдяки високому вмісту цукрів, які легко ферментуються. Частка виробництва, що використовується для отримання біопалив останніми роками коливається в межах 20-23% (рис. 4). Технологія виробництва передбачає отримання соку тростини шляхом пресування, після чого цукри у ньому ферментуються дріжджами, утворюючи біоетанол. Біоетанол із цукрової тростини є популярним у країнах із тропічним кліматом, зокрема в Бразилії. Виробництво також генерує побічні продукти, такі як багаса (волокниста маса), яку використовують для вироблення електроенергії. Завдяки високій продуктивності тростини та її швидкому зростанню, вона є економічно вигідною сировиною для сталого розвитку біоенергетики.

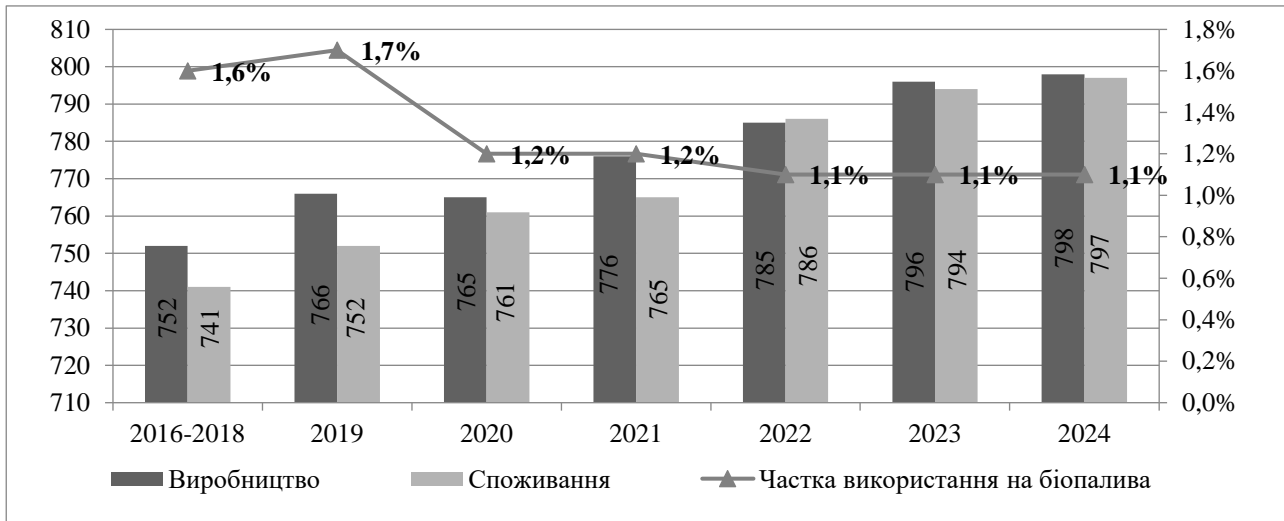


Рис. 2. Світове виробництво пшениці, її споживання та частка, що використовується на виробництво біопалив
Джерело: [7]

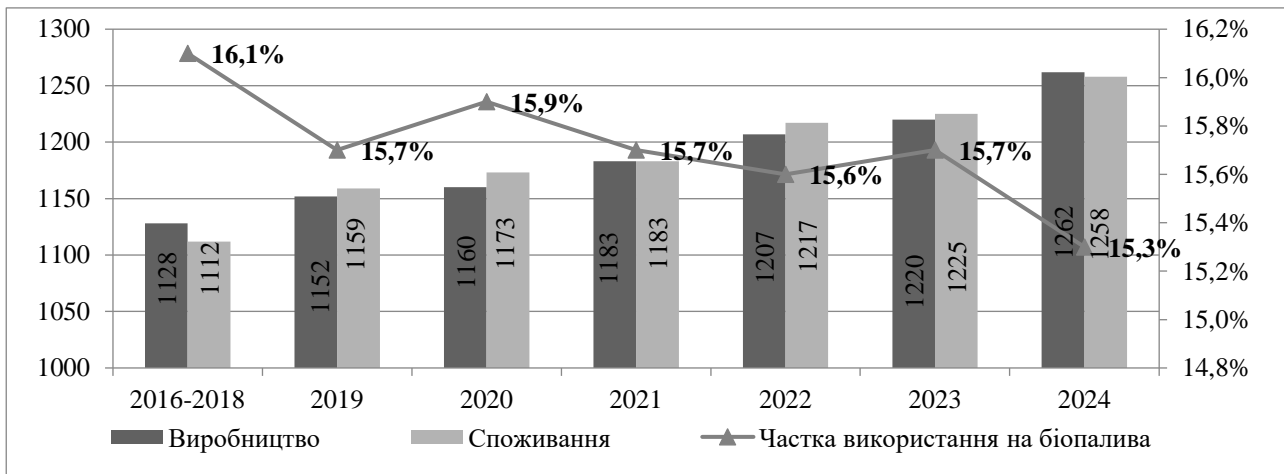


Рис. 3. Світове виробництво кукурудзи, її споживання та частка, що використовується на виробництво біопалив
Джерело: [7]

Рослинні олії, такі як ріпакова, соєва та пальмова тощо, використовуються для виробництва біодизеля першого покоління шляхом трансестерифікації, у якій олії реагують з метанолом за наявності каталізатора, утворюючи біопаливо та гліцерин як побічний продукт. Відсоток енергетичного використання олій на енергетичні цілі у світі протягом останніх 4 років коливається в межах 15,0-17,5% і щорічно зростають (рис. 5). Основною перевагою є те, що ці олії відновлювані та доступні у великих обсягах. Однак виклики, такі як конкуренція з харчовою промисловістю, стимулюють дослідження альтернативних джерел сировини, таких як використання відпрацьованих олій чи водоростей для виробництва біодизелю другого та третього покоління.

Що стосується України, то важливим аргументом на користь розвитку виробництва біопалив є значний ресурс малопродуктивних земель, які можуть бути залучені до вирощування багаторічних біоенергетичних культур. Станом на початок повномасштабного вторгнення російської федерації у 2022 році на території країни було зафіксовано близько 8 млн га таких земель, які не використовуються ефективно у сільському господарстві. Ці території мають значний потенціал для вирощування енергетичних рослин, таких як міскантус, енергетична верба чи тополя, що здатні забезпечити сталу сировинну базу для біопалив.

Експертні оцінки вказують, що для досягнення енергетичної незалежності в сфері теплогенерації достатньо залучити лише 2 млн га малопродуктивних земель під вирощування біоенергетичних культур. Якщо ж метою є повне заміщення імпортованих енергоносіїв біопаливом, площа посівів має зрости до 3 млн га, що становить близько 37% від загального фонду низькопродуктивних земель. Залучення таких територій не лише сприятиме вирішенню проблем енергетичної безпеки, але й дозволить покращити стан довкілля завдяки утилізації деградованих земель, зменшенню ерозії ґрунтів та скороченню викидів парникових газів.

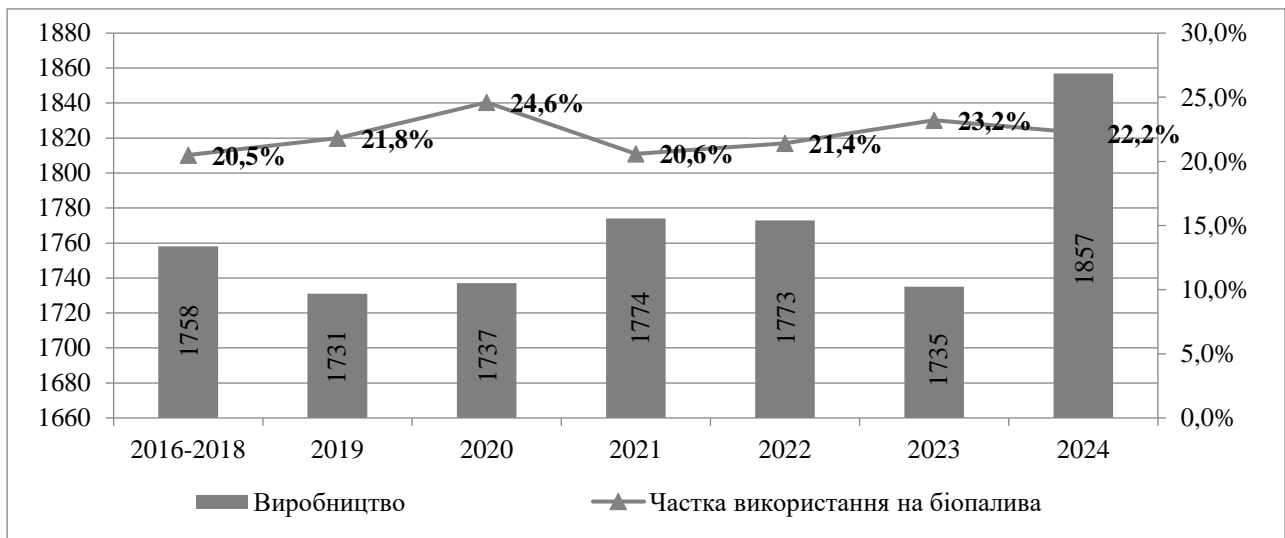


Рис. 4. Світове виробництво цукрової тростини та частка, що використовується на виробництво біопалив
Джерело: [7]

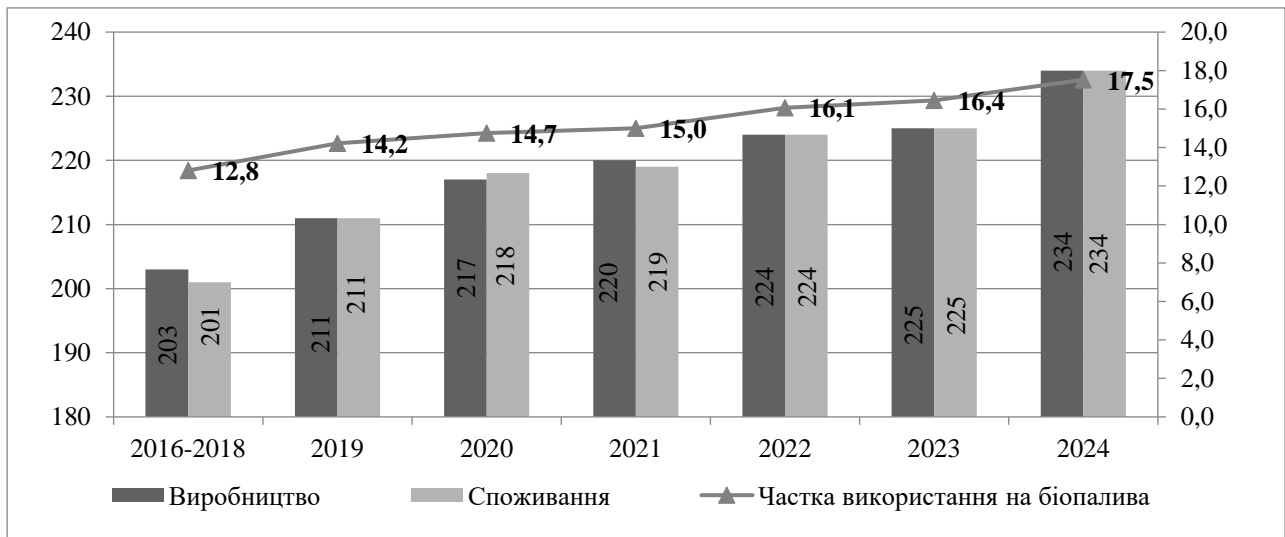


Рис. 5. Світове виробництво рослинних олій та частка, що використовується на виробництво біопалив
Джерело: [7]

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Для виробництва різних видів біопалив використовуються енергетичні культури, серед яких є як традиційні сільськогосподарські культури, які використовуються у продовольчих цілях, так і спеціальні культури, що мають виключно енергетичне використання.

Енергетичні культури є сировиною для виробництва біопалив першого, другого та третього покоління. Наразі в світі переважає виробництво біопалив першого покоління: біоетанолу з крохмальної та цукрової сировини, біодизелю з рослинних олій. Серед біопалив другого покоління переважає виробництво пелет і брикетів, менш поширеним – виробництво біоетанолу з лігніно-целюлозної сировини.

Світове використання енергетичних культур на виробництво біопалив активно розвивається, оскільки вони є важливою альтернативою викопним паливам і сприяють зменшенню викидів парникових газів.

Україна має значні площі сільськогосподарських земель, багато з яких можуть бути ефективно використані для вирощування енергетичних культур. Це створює передумови для розвитку біоенергетики як стратегічного напрямку енергетичної та екологічної політики країни. Особливо актуальною ця тема є в умовах зростаючого дефіциту енергоресурсів через обмеження імпорту, викликані геополітичними чинниками та війною.

Подальші дослідження стосуватимуться аналізу біоенергетичного потенціалу в розрізі культур, що вирощуються в Україні.

Література

1. Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and Their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22. Issue 3. P. 59–70. <https://doi.org/10.12912/27197050/135447>
2. Гелегуха Г.Г., Железна Т.А., Трибой О.В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка UABIO № 10. 2014. 33 с.
3. Гончарук І.В., Гончарук Я.В., Ємчик Т.В., Голембівський С.О. Оцінка потенціалу агробіомаси АПК України для виробництва біопалив. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 4 (66). С. 34-46. <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-4-3>
4. Glossary: Industrial crops. Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Industrial_crops
5. Regional Biomass Resource Hub Initiative. URL: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/regional-biomass-resource-hub-initiative>
6. Kaletnik G. Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook. Vinnytsia: LLC “Nilan-Ltd”, 2018. 336 p.
7. Global Bioenergy Statistics Report. 2024. 11th Edition. URL: https://www.worldbioenergy.org/uploads/241023_GBS_Report.pdf

References

1. Kaletnik, G., Pryshliak, N., Tokarchuk, D. (2021). Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and Their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22, 3, 59–70. <https://doi.org/10.12912/27197050/135447>
2. Geletukha, H.G., Zhelezna, T.A., Triboy, O.V. (2014). Prospects for growing and using energy crops in Ukraine. UABIO analytical note, 10. 33 p.
3. Honcharuk, I.V., Hontaruk, Ya.V., Yemchuk, T.V., Golembivskyi, S.O. (2023). Assessment of the potential of agro-biomass of the agricultural sector of Ukraine for the production of biofuels. *Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, 4 (66). 34-46. <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-4-3>
4. Glossary: Industrial crops. Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Industrial_crops
5. Regional Biomass Resource Hub Initiative. URL: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/regional-biomass-resource-hub-initiative>
6. Kaletnik, G. (2018). Production and use of biofuels: Second edition, supplemented: textbook. Vinnytsia: LLC “Nilan-Ltd”.
7. Global Bioenergy Statistics Report. 2024. 11th Edition. URL: https://www.worldbioenergy.org/uploads/241023_GBS_Report.pdf