

ОЦІНКА БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АПК ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ ГАЛУЗІ

©2023 ГОНЧАРУК І. В., ПАНЦИРЕВА Г. В., ВОВК В. Ю.

УДК 338:633
JEL Classification: Q42; P18; P48; R11

Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Вовк В. Ю.

Оцінка біоенергетичного потенціалу АПК для забезпечення енергетичної незалежності галузі

Метою дослідження є оцінка біоенергетичного потенціалу агропромислового комплексу України для забезпечення енергетичної незалежності галузі. У статті проаналізовано структуру світового постачання первинної енергії та визначено частку у ній відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ). Обґрунтовано доцільність використання біомаси для розвитку біоенергетики в Україні. Охарактеризовано класифікацію основних джерел біомаси для виробництва енергії, до яких, у першу чергу, відносять первинну деревину, сільськогосподарські відходи (сухі та вологі залишки), енергетичні рослини, харчові та промислові відходи. Досліджено утворення первинних сільськогосподарських відходів в Україні, виходячи з валового збору основних сільськогосподарських культур та коефіцієнтів відходів. Розраховано теоретичний біоенергетичний потенціал первинних відходів рослинництва в Україні у перерахунку на умовне паливо на основі теплоти згорання відходів відповідних культур. Визначено технічний біоенергетичний потенціал відходів рослинництва з використанням коефіцієнтів технічної доступності, основою якого виступають існуючі технології збирання та переробки сільськогосподарських відходів на енергію. Здійснено оцінку економічного потенціалу відходів рослинництва для виробництва енергії, за основу розрахунку прийнято обрахований технічний потенціал відходів рослинництва та коефіцієнт енергетичного використання відходів. За результатами дослідження зроблено висновок, що в Україні найбільший потенціал використання на енергетичні цілі мають первинні відходи таких сільськогосподарських культур, як кукурудза на зерно, соняшник, пшениця, ріпак та соя. Виділено основні бар'єри, які перешкоджають розвитку біоенергетики в Україні та уповільнюють темпи досягнення енергетичної незалежності АПК. Також запропоновано основні шляхи подолання виокремлених бар'єрів, що дозволить стимулювати використання біоенергетичного потенціалу АПК України.

Ключові слова: сільськогосподарські відходи, первинні відходи рослинництва, біомаса, біоенергетика, біоенергетичний потенціал, енергетична незалежність.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-71-80>

Рис.: 2. **Табл.:** 5. **Бібл.:** 18.

Гончарук Інна Вікторівна – доктор економічних наук, професор, проректор Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна)

E-mail: vnaunauka2021@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1599-5720>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1492304>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200143973>

Панцирева Ганна Віталіївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри лісового, садово-паркового господарства, садівництва та виноградарства, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна)

E-mail: arantsyeva@ukr.net

Вовк Валерія Юріївна – аспірант, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна)

E-mail: vvovk_2703@ukr.net

UDC 338:633
JEL Classification: Q42; P18; P48; R11

Honcharuk I. V., Pantsyeva H. V., Vovk V. Y. Assessing the Bioenergy Potential of the Agro-Industrial Complex to Ensure the Energy Independence of the Industry

The purpose of the study is to assess the bioenergy potential of the agro-industrial complex of Ukraine to ensure the energy independence of the industry. The article analyzes the structure of the world-wide supply of primary energy and determines the share of renewable energy sources (hereinafter – RES) in this structure. The expediency of using biomass for the development of bioenergy in Ukraine is substantiated. The classification of the main sources of biomass for energy production is characterized, which, first of all, include primary wood, agricultural waste (dry and wet residues), energy plants, food and industrial waste. The formation of primary agricultural waste in Ukraine is studied, starting from the gross harvest of the main crops and waste coefficients. The theoretical bioenergy potential of primary crop waste in Ukraine in terms of equivalent fuel based on the heat of combustion of waste from the corresponding crops is calculated. The technical bioenergy potential of crop waste has been determined using the coefficients of technical accessibility, the basis of which is the existing technologies for the collection and processing of agricultural waste into energy. An assessment of the economic potential of crop waste for energy production is carried out, the computed technical potential of crop waste and the coefficient of energy use of waste have been taken as the basis for the calculation. According to the results of the study, it is concluded that in Ukraine, the primary waste of such crops as corn for grain, sunflower, wheat, rapeseed and soybeans has the greatest potential for use for energy purposes. The main barriers that hinder the development of bioenergy in Ukraine and slow down the pace of achieving energy independence

of the agro-industrial complex are identified. The main ways to overcome the identified barriers are proposed, which should stimulate the use of the bioenergy potential of the agro-industrial complex of Ukraine.

Keywords: agricultural waste, primary crop waste, biomass, bioenergy, bioenergy potential, energy independence.

Fig.: 2. **Tabl.:** 5. **Bibl.:** 18.

Honcharuk Inna V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Pro-rector of the Vinnytsia National Agrarian University (3 Soniachna Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine)

E-mail: vnaunauka2021@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1599-5720>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1492304>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57200143973>

Pantsyeva Hanna V. – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Forestry, Gardening, Horticulture and Viticulture, Vinnytsia National Agrarian University (3 Soniachna Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine)

E-mail: apantsyeva@ukr.net

Vovk Valeriia Yu. – Postgraduate Student, Vinnytsia National Agrarian University (3 Soniachna Str., Vinnytsia, 21008, Ukraine)

E-mail: vvovk_2703@ukr.net

Вступ. З огляду на наявні глобальні екологічні проблеми, зокрема, пов'язані зі зміною клімату, а також значну залежність від викопних джерел енергії, біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору ВДЕ. Проблема відмови від викопних джерел енергії та забезпечення енергетичної незалежності порушувалася неодноразово, але ситуація значно загострилася у 2022 році з початком повномасштабного вторгнення росії на територію України. За даними Міжнародного енергетичного агентства (далі – МЕА), країни ЄС імпортують 90 % спожитого природного газу, з яких 45 % надходить із росії. Крім того, країна-агресор також постачає до ЄС 25 % нафти, 45 % вугілля та 20 % урану із загального імпорту [1].

Галузь біоенергетики має значний потенціал розвитку. Це зумовлено особливостями клімату, високою родючістю ґрунтів, а також наявністю необхідної робочої сили. Нині у світі близько 64 % біоетанолу отримують із кукурудзи, а близько 77 % світового виробництва біодизелю базується на використанні рослинних олій (37 % олій ріпаку, 27 % – соєвої та 9 % пальмової олій), або відпрацьованих олій (21 %). Тобто ці види палива виробляють із сільськогосподарських культур, що становлять основну частку аграрного експорту України (зернові – 48 %, олійні культури – 23 %) [2, с. 72–73].

Структура паливно-енергетичних ресурсів в Україні сьогодні створює серйозні загрози для національної та енергетичної безпеки. У такій ситуації пошук альтернативних джерел енергозабезпечення країни стає дуже важливим і актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оцінки біоенергетичного потенціалу України, роль біомаси для виробництва енергії вивчали багато вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема: В. Г. Андрійчук, П. І. Гайдучий, Г. Г. Глетуха, Т. В. Ємчик (Гончарук), Я. В. Гонтарук, Г. М. Заболотний, Г. М. Калетнік, С. М. Кваша, Я. В. Паламаренко, Д. М. Токарчук та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Водночас проблеми оцінки біоенергетичного потенціалу АПК України для поліпшення її енергетичного забезпечення та досягнення енергетичної незалежності ви-

вчено не повною мірою, деякі питання залишаються дискусійними, що і обґрунтовує це дослідження.

Метою дослідження є оцінка біоенергетичного потенціалу агропромислового комплексу України для забезпечення енергетичної незалежності галузі.

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними Світової біоенергетичної асоціації, у світовому енергопостачанні домінує викопне паливо – вугілля, сира нафта та природний газ, частка якого у 2020 р. становила 80 % від загального постачання первинної енергії. Частка відновлюваної енергетики у 2020 р. склала лише 15 % у постачанні первинної енергії, що на 0,9 % більше, ніж у 2019 р. Загалом зі всього обсягу 95,78 % всієї відновлюваної енергії у 2020 р. було вироблено з біоенергетики з незначною часткою геотермальних і сонячних теплових технологій (4 % та 0,22 % відповідно). Серед основних джерел біоенергетики головне місце займає біомаса (табл. 1, рис. 1) [6].

Біоенергетичний сектор – галузь електроенергетики, основою якої є виробництва біопалив із біомаси. Сьогодні біоенергетика займає значну частку світової відновлюваної енергетики, відіграючи вагомий роль у заміщенні викопних палив та скороченні викидів парникових газів. У 2020 р. у світі 95,78 % всієї відновлюваної енергії було вироблено з біоенергетики з незначною часткою геотермальних і сонячних теплових технологій (4 % та 0,22 % відповідно).

Сільське господарство є ключовим сектором для збільшення потенціалу використання біоенергетики в майбутньому. Що стосується врожайності основних сільськогосподарських культур, то існує значний потенціал для підвищення врожайності у різних регіонах країни до середньосвітового рівня. Це дозволить збільшити виробництво як продуктів харчування, так і палива, а сільськогосподарський сектор стане ключовим фактором збільшення використання біоенергії в усьому світі.

Біомаса – біологічно відновлювані речовини – сільськогосподарські та лісові відходи, органічні рештки побутових і промислових відходів, а також енергетичні рослини. Біомаса, яка регулярно вирощується і її використання як джерела енергії не супроводжується скороченням зелених насаджень, визнається поновлюваним ресурсом і вва-

Загальне постачання первинної енергії у світі, 2010–2020 рр., ЕДж

Види палива	Роки							Відхилення 2020/2010
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Вугілля	153,0	161,0	156,0	158,0	162,0	162,0	157,0	4,0
Нафта	173,0	182,0	184,0	186,0	187,0	187,0	172,0	-1,0
Природний газ	114,0	122,0	127,0	130,0	137,0	141,0	138,0	24,0
Ядерне паливо	30,1	28,1	28,5	28,8	29,6	30,5	29,2	-0,9
Відновлювані джерела енергії	66,3	75,1	80,6	81,1	83,0	85,4	88,0	21,7
Всього	536,4	568,2	576,1	583,9	598,6	605,9	584,2	48,0

Джерело: розраховано автором за даними [6]

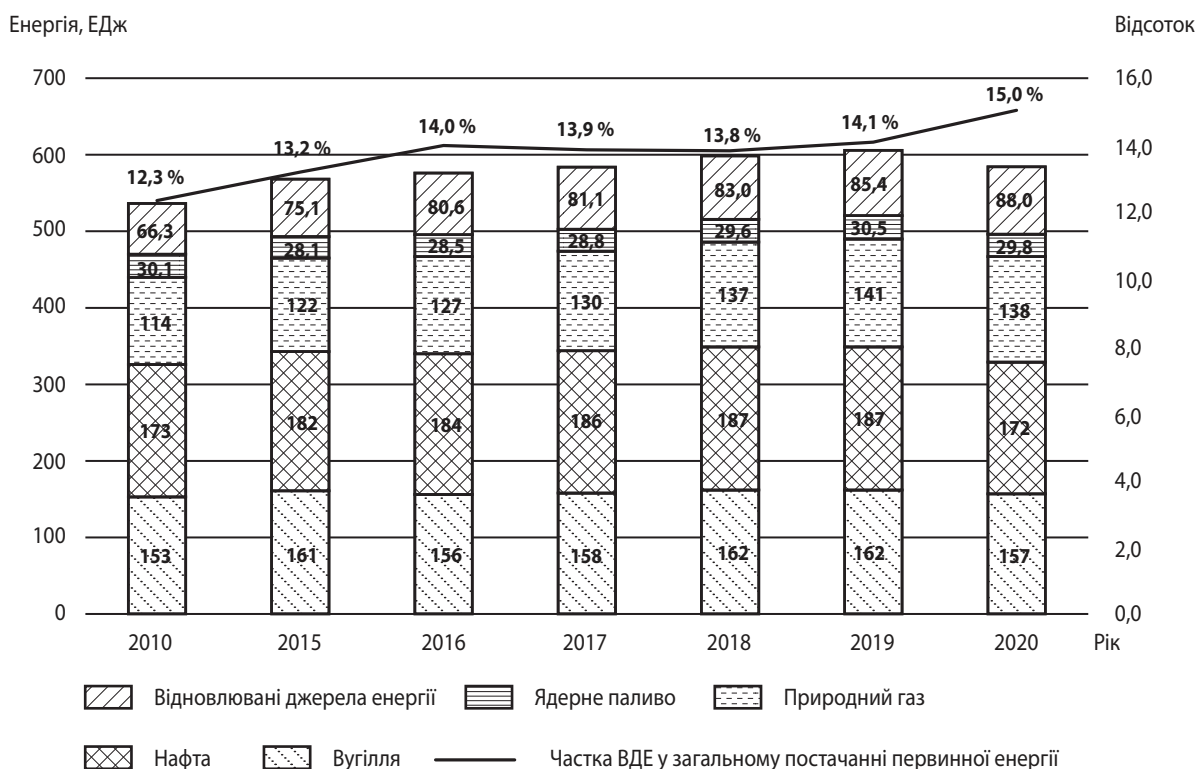


Рис. 1. Загальне постачання первинної енергії у світі, 2010–2020 рр., ЕДж

Джерело: розраховано та побудовано авторами за даними [6]

жається екологічно нейтральним (має нульовий баланс викидів двоокису вуглецю).

У директиві Європарламенту та Ради Європи 2009/28/ЕС про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, біомасою вважається речовина органічного походження, яка зазнає біологічного розкладання – продукти, відходи та залишки сільського господарства (включаючи речовини рослинного та тваринного походження), лісового господарства та пов'язаних з ними галузей, враховуючи рибництво, а також частина промислових та побутових відходів, що зазнає біологічного розкладу [7].

Відповідно до визначення біомаси, наведеного у Законі України «Про альтернативні види палива», біомаса –

біологічно відновлювана речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів [8].

За даними Біоенергетичної асоціації України [9], у 2020 році біомасою було замінено близько 5,2 млрд м³ природного газу, а це приблизно 15 % від загального доведеного споживання. Для виробництва енергії можна застосувати до 30 % теоретичного потенціалу (тобто загального обсягу утворення) соломки зернових культур й до 40 % теоретичного потенціалу відходів виробництва кукурудзи на зерно, соняшника, а також соломки ріпаку.

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпорту енергоносіїв, у першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні досі істотно відстають від європейських. Сьогодні частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 1,78 %. Щорічно для виробництва енергії в Україні використовується майже 2 млн т біомаси різних видів [11].

Джерелами походження біомаси є залишки та відходи сільського та лісового господарства, деревообробної та целюлозно-паперової промисловості, харчової промисловості та комунального господарства, а також спеціально вирощені енергетичні культури, які дають швидкий приріст зеленої маси (верба, тополя тощо), певні сорти трав'янистих рослин (міскантус, просо, сорго тощо).

Також до енергетичних сільськогосподарських культур відносять соняшник, ріпак, кукурудза та сорго (рис. 2).

Сільське господарство може бути джерелом великого обсягу різних видів біомаси для енергетичних погреб. Зокрема, це солома зернових та інших культур, відходи виробництва кукурудзи на зерно та соняшника. Найпоширеніші напрямки використання біомаси включають виробництво теплової та електричної енергії з твердих біопалив, біогазу і біометану, а також отримання моторних біопалив (біометану, біодизелю, біоетанолу).

Протягом періоду 2010–2021 рр. виробництво основних сільськогосподарських культур в Україні постійно зростало (за виключенням 2020 р. та 2022 р. у зв'язку з веденням воєнних дій на території країни), і така тенденція в майбутньому гарантує утворення великої кількості відходів, придатних для використання в якості палива (табл. 2).

Частину залишків та відходів сільського господарства одразу використовується для задоволення потреб сільськогосподарських підприємств – як органічне добриво, підстилка або корм тваринам тощо), частина – іншими секторами економіки, а решта біомаси не використовується, часто її спалюють у полях або вивозять на звалища, що приносить значну екологічну шкоду навколишньому середовищу. Частину невикористаної біомаси доцільно залучати для виробництва енергії, проте важливо визначити, яку частку сільськогосподарських відходів і залишків можна використати на енергетичні потреби без негативного впливу на родючість ґрунтів.

У власних дослідженнях науковці Біоенергетичної асоціації України [13; 14] визначення біоенергетичного потенціалу АПК ґрунтують на визначенні теоретичного, технічного та економічного потенціалів сільськогосподарських відходів та енергетичних культур:

- 1) теоретично можливий (теоретичний) – загальний максимальний обсяг біомаси, яка теоретично може бути використана для виробництва енергії. У випадку відходів та залишків теоретичний потенціал дорівнює максимальному обсягу утворених відходів та залишків (наприклад, соломи);
- 2) технічно доступний (технічний) – вказує, яка частка теоретичного потенціалу є фізично доступною

на сучасному рівні розвитку техніки та технологій (наприклад, об'єм соломи, яка може бути фактично зібрана);

- 3) економічно доцільний (економічний) – вказує на ту частку технічного потенціалу, яка задовольняє критеріям економічної доцільності та враховує інтереси інших споживачів цього виду біомаси.

Методика визначення біоенергетичного потенціалу АПК є одним із найважливіших критеріїв у дослідженні біоенергетики, оскільки вона переважно визначає оцінку економічної доцільності розробки та використання того чи іншого джерела енергії.

Технічний потенціал розраховується з теоретичного з використанням коефіцієнта технічної доступності, який визначає частку рослинних залишків, відходів та інших видів біомаси, яка може бути фактично зібрана (тобто є доступною) для подальшої обробки / використання. Економічний потенціал розраховується з технічного з застосуванням коефіцієнта енергетичного використання, який визначає частку рослинних залишків, відходів та інших видів біомаси, яка може бути використана для виробництва енергії [15 с. 202].

Для сільськогосподарських відходів теоретичний потенціал біомаси рівний загальному обсягу залишків. Для енергетичних культур – це максимальна кількість біомаси, яка може бути отримана при теоретично оптимальному управлінні землеробством з урахуванням обмежень, що виникають внаслідок температури, сонячної радіації та опадів [14].

Для оцінки теоретичного біоенергетичного потенціалу АПК України використовуємо методику Біоенергетичної асоціації 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 використано коефіцієнти відходів згідно з даними Відділення рослинництва Національної академії аграрних наук України [18]. Коефіцієнти відходів – відношення сухої маси наземних залишків до маси зібраного з польовою вологістю врожаю. Наприклад, для зернових культур наземні залишки – це солома, а врожай – зерно. Коефіцієнт відходів для пшениці становить – 1,0; для ячменю – 0,8; для інших зернових – 1,0; для кукурудзи на зерно – 1,3; для соняшника – 1,9; для ріпаку – 1,8.

Першочерговим завданням для визначення біоенергетичного потенціалу АПК України є розрахунок теоретичного потенціалу біомаси в Україні. Обсяги утворення основних первинних рослинних відходів, отриманих у сільському господарстві України протягом 2010–2022 рр., наведено у табл. 3.

Розрахунок біоенергетичного потенціалу соломи зернових, технічних і круп'яних культур виконаний для найбільш розповсюджених видів культур, які вирощуються: пшениця, жито, ячмінь, овес, просо, кукурудза (стебла), соя, соняшник (стебла), гречка, а також ріпак (солома).

Саме розраховані у табл. 3 значення є теоретично доступним обсягом відходів для виробництва енергії в Україні. Для кращого розуміння розрахований теоретичний потенціал у натуральних показниках необхідно перевести в умовне паливо. Для переведення отриманих натуральних по-

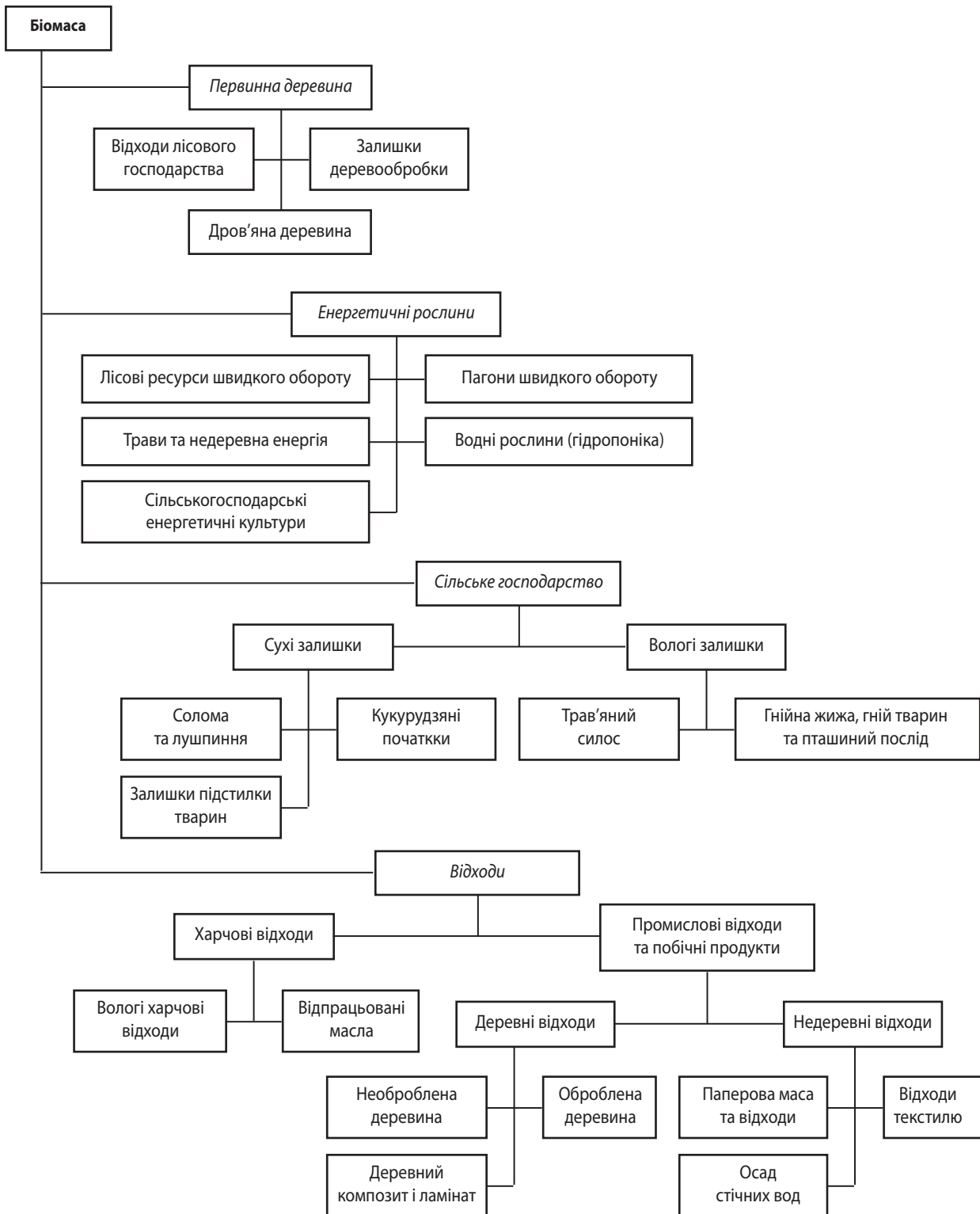


Рис. 2. Класифікація джерел біомаси для виробництва енергії

Джерело: узагальнено авторами на основі власних досліджень

казників в умовне паливо використовувалося значення теплоти згоряння умовного палива, яке дорівнює 29,3 МДж/кг (7000 ккал/кг) (табл. 4) [4, с. 175].

Згідно з проведеними розрахунками теоретичний енергетичний потенціал первинних відходів рослинництва

в Україні протягом 2010–2022 рр. коливався у межах від 29415,7 тис. т н.е. у 2010 р. до 66267,0 тис. т н.е. у 2021 р. Можemo простежити чітку тенденцію до зростання загального теоретичного потенціалу відходів рослинництва в Україні до 2021 р. У зв'язку з повномасштабним вторгненням об-

Таблиця 2

Вибрані показники сільськогосподарського виробництва в Україні протягом 2010–2022 рр.

Показники	Роки						Відхилення, 2022/2010
	2010	2015	2019	2020	2021	2022	
Валовий збір, тис. т:							
Зернових та зернобобових культур, у т.ч.:	39270,9	60125,8	75143,2	64933,4	86010,4	53863,7	14592,8
▪ пшениця	634,5	594,7	664,3	618,0	782,1	822,5	188
▪ ячмінь	5265,9	5007,2	5038,3	4345,0	4581,3	2944,9	-2321
▪ кукурудза	11953,0	23327,6	35880,1	30290,3	42109,9	26186,9	14233,9
Соняшник	6771,5	11181,1	15254,1	13110,4	16392,4	11328,8	4557,3
Ріпак	1469,7	1737,6	3698,7	2557,2	2938,9	3318,0	1848,3
Посівні площі, тис. га							
Зернових та зернобобових культур, у т.ч.:	14575,7	14640,9	15291,9	15282,9	15948,4	11772,9	-2802,8
▪ пшениця	302,0	169,4	167,1	166,7	187,1	216,5	-85,5
▪ ячмінь	1880,0	1767,9	1552,4	1367,0	1334,9	933,7	-946,3
▪ кукурудза	2647,6	4083,5	4986,9	5392,1	5481,8	4124,5	1476,9
Соняшник	4572	5105	5928	6457	6622	5293	721
Ріпак	907	682	1282	1127	1311	1186	279
Урожайність, ц/га							
Зернових та зернобобових культур, у т.ч.:	26,9	41,1	49,1	42,5	53,9	45,8	18,8
▪ пшениця	21,0	35,1	39,8	37,1	41,8	38,0	17,0
▪ ячмінь	28,0	28,3	32,5	31,8	34,3	31,5	3,5
▪ кукурудза	45,1	57,1	71,9	56,2	76,8	63,5	18,3
Соняшник	14,8	21,9	25,7	20,3	24,8	21,4	6,6
Ріпак	16,2	25,5	28,9	22,7	22,4	28,0	11,8

Джерело: узагальнено авторами за даними [12]

Таблиця 3

Обсяги первинних рослинних відходів в Україні протягом 2010–2022 р.

Сільськогосподарська культура	Коефіцієнт утворення відходів	Роки								Відхилення, 2022/2010
		2010		2015		2021		2022		
		Валовий збір зерна, тис. т	Обсяг утворених відходів, тис. т	Валовий збір зерна, тис. т	Обсяг утворених відходів, тис. т	Валовий збір зерна, тис. т	Обсяг утворених відходів, тис. т	Валовий збір зерна, тис. т	Обсяг утворених відходів, тис. т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пшениця	1,0	16851,3	16851,3	26532,1	26532,1	32151,0	32151,0	20729,2	20729,2	3877,9
Ячмінь	0,8	8484,9	6787,9	8288,4	6630,7	9437,0	7549,6	5608,2	4486,6	-3998,3
Жито	1,3	464,9	604,4	391,1	508,4	593,1	771,0	314,0	408,2	-56,7
Просо	0,8	117,1	93,7	213,2	170,6	205,0	164,0	90,6	72,5	-44,6
Овес	1,0	310,8	310,8	210,5	210,5	178,0	178,0	153,5	153,5	-157,3
Гречка	1,9	133,7	254,0	128,1	243,4	105,8	201,0	147,7	280,6	146,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Інші зерно-бобові культури	0,7	592,3	414,6	502,1	351,5	680,6	476,4	334,2	233,9	-358,4
Соя	0,9	1680,2	1512,2	3930,6	3537,5	3493,2	3143,9	3434,8	3091,3	1411,1
Ріпак	2,0	1469,7	2939,4	1737,6	3475,2	2938,9	5877,8	3318,0	6636,0	5166,3
Кукурудза на зерно (стебла)	1,3	11953,0	15538,9	23327,6	30325,9	42109,9	54742,9	26186,9	34043,0	22090,0
Соняшник (стебла)	1,9	6771,5	12865,9	11181,1	21244,1	16392,4	31145,6	11328,8	21524,7	14753,2

Джерело: розраховано авторами на основі Листа Національної академії аграрних наук України №5-2/256 від 16.11.2012 р. та Державної служби статистики України [12]

сяги виробництва сільськогосподарських культур значно скоротилися, тому і теоретичний потенціал первинних відходів рослинництва в Україні у 2022 р. скоротився до 45425,3 тис. т н.е.

Розмір технічного потенціалу обмежений наявною технологією збирання врожаю, що призводить до зменшення теоретичного потенціалу на величину коефіцієнта технічної доступності. Що стосується економічно доцільного потенціалу, то на нього впливає низка інших факторів, іноді призводячи до зміни його тенденції, що є протилежною тенденції зміни теоретичного та технічного потенціалів.

У цьому контексті можна виділити такі чинники:

- 1) конкуренція між використанням відходів для енергетичних цілей та в галузі тваринництва.
- 2) можливість виснаження органічних і поживних речовин у ґрунті через видалення соломи з сільськогосподарських угідь. Ці аспекти враховуються

при обчисленні економічного потенціалу, з урахуванням коефіцієнта енергетичного використання.

Табл. 5 містить результати розрахунків технічного та економічно доцільного потенціалу первинних відходів рослинництва, які щорічно формуються у процесі сільськогосподарського виробництва в Україні.

Розраховані дані свідчать, що найбільший потенціал використання на енергетичні цілі в Україні у 2022 р. мають відходи таких сільськогосподарських культур, як кукурудза на зерно – 12530,6 тис. т у.п., соняшник – 9748,1 тис. т у.п., пшениця – 2489,5 тис. т у.п., ріпак – 2151,3 тис. т у.п. та соя – 1194,7 тис. т у.п. Аналіз отриманих даних показує, що теоретичний потенціал варіює залежно від року і головним чином залежить від урожайності сільськогосподарських культур. Технічно досяжний потенціал загалом відображає зміну теоретично можливого потенціалу, хоча менш виразно. Більша еластичність пояснюється тим, що на величину

Таблиця 4

Теоретичний потенціал первинних відходів рослинництва в Україні, 2010–2022 рр., тис. т н.е.

Сільськогосподарські культури	Нижча теплота згоряння, ккал/кг	Роки				Відхилення, 2022/2010, +/-
		2010	2015	2021	2022	
Пшениця	3285	7908,1	12451,1	15088,0	9727,9	1819,8
Ячмінь	3190	3093,4	3021,7	3440,5	2044,6	-1048,8
Жито	3240	279,7	235,3	356,9	188,9	-90,8
Просо	3000	40,1	73,1	70,3	31,1	-9,1
Овес	3850	170,9	115,8	97,9	84,4	-86,5
Гречка	3000	108,9	104,3	86,2	120,3	11,4
Інші зернобобові культури	3000	177,7	150,6	204,2	100,3	-77,4
Соя	3800	820,9	1920,4	1706,7	1678,1	857,2
Ріпак	3660	1536,9	1817,0	3073,2	3469,7	1932,8
Кукурудза на зерно (стебла)	3270	7258,9	14166,5	25572,7	15902,9	8644,0
Соняшник (стебла)	3270	6010,2	9924,0	14549,4	10055,1	4044,9
Всього	-	29415,7	45994,9	66267,0	45425,3	16009,7

Джерело: розраховано авторами на основі даних табл. 3 та Біоенергетичної асоціації України [9]

Таблиця 5

Технічний та економічний потенціал первинних відходів рослинництва в Україні, 2010–2022 рр., тис. т у.п.

Сільськогосподарські культури	Технічний потенціал					Економічний потенціал				
	Коефіцієнт технічної доступності відходів	Роки				Коефіцієнт енергетичного використання відходів	Роки			
		2010	2015	2021	2022		2010	2015	2021	2022
Пшениця	0,5	3954,0	6225,6	7544,0	4864,0	0,33	1304,8	2054,4	2489,5	1605,1
Ячмінь	0,5	1546,7	1510,9	1720,2	1022,3	0,33	510,4	498,6	567,7	337,4
Жито	0,5	139,9	117,7	178,4	94,5	0,33	46,2	38,8	58,9	31,2
Просо	0,5	20,1	36,5	35,1	15,5	0,33	6,6	12,1	11,6	5,1
Овес	0,5	85,5	57,9	49,0	42,2	0,33	28,2	19,1	16,2	13,9
Гречка	0,5	54,4	52,2	43,1	60,1	0,33	18,0	17,2	14,2	19,8
Інші зернобобові культури	0,5	88,8	75,3	102,1	50,1	0,33	29,3	24,9	33,7	16,5
Соя	0,7	574,6	1344,3	1194,7	1174,7	1	574,6	1344,3	1194,7	1174,7
Ріпак	0,7	1075,8	1271,9	2151,3	2428,8	1	1075,8	1271,9	2151,3	2428,8
Кукурудза на зерно (стебла)	0,7	5081,2	9916,6	17900,9	11132,1	0,7	3556,9	6941,6	12530,6	7792,4
Соняшник (стебла)	0,67	4026,8	6649,1	9748,1	6736,9	1	4026,8	6649,1	9748,1	6736,9
Всього	-	18657,9	29272,8	42687,9	29643,2	-	13187,6	20887,0	30837,4	22183,9

Джерело: розраховано авторами на основі даних табл. 4 та Біоенергетичної асоціації України [9]

потенціалу впливає також коефіцієнт технічної доступності культур. Розподіл енергетичного потенціалу первинних відходів сільськогосподарства у різних регіонах України залежить від кількох факторів, включаючи площу під посівами та урожайність сільськогосподарських культур у кожному районі.

Незважаючи на значний біоенергетичний потенціал АПК в Україні, існує також низка бар'єрів, які перешкоджають розвитку цього напрямку використання біомаси та уповільнюють темпи досягнення енергетичної незалежності галузі. Основними з них, на нашу думку, є:

- 1) недостатній рівень розвитку ринку твердого біопалива;
- 2) мінімальні обсяги державної підтримки виробників біомаси та біопалив;
- 3) відсутність аукціонів із державної підтримки проектів із виробництва електроенергії з ВДЕ;
- 4) неможливість отримати «зелений» тариф для нових виробників електроенергії з біомаси і біогазу, що розпочали роботу з 01.01.2023 р.;
- 5) необхідність сплати податку за викиди вуглекислого газу для котелень, ТЕЦ, ТЕС, які працюють на біомасі
- 6) необхідність обов'язкової державної реєстрації дигестату, отриманого з біогазових установок, із метою його використання як органічного добрива.

Таким чином, для подолання бар'єру недостатнього рівня розвитку ринку твердого біопалива необхідно запро-

вадити систему електронної торгівлі твердим біопаливом через використання електронних аукціонів, які гарантують якість біопалив.

Шляхом подолання другого бар'єру, мінімальних обсягів державної підтримки виробників біомаси та біопалив, вбачаємо розширення обсягів державної підтримки сільськогосподарським виробникам за умови, що вони виробляють біомасу або біопалива та впроваджують на виробництві біоенергетичні проекти.

Можливість подолання третього бар'єру розвитку біоенергетики в Україні полягає, відповідно, у започаткуванні проведення аукціонів із державної підтримки проектів із виробництва електроенергії з ВДЕ.

Неможливість отримання «зеленого» тарифу для виробників електроенергії з біомаси і біогазу, які розпочали свою діяльність після 01.01.2023 р., можна вирішити шляхом надання всім виробникам електроенергії з біомаси і біогазу можливість вибору між отриманням «зеленого» тарифу та участю в аукціонах.

Отже, для подолання п'ятого бар'єру розвитку біоенергетики в Україні необхідно звільнити від сплати податку за викиди вуглекислого газу установки, які спалюють біопаливо.

Подолання останнього виокремленого нами шостого бар'єру полягає у скасуванні вимоги обов'язкової державної реєстрації для дигестату, а також розробити і затвердити національний стандарт на дигестат при використанні його як органічного добрива чи поліпшувача ґрунту.

Висновки. Отже, одним із перспективних напрямків використання відходів є їх використання для виробництва енергії. Розрахунки свідчать про наявність в Україні значного потенціалу первинних сільськогосподарських відходів, який може бути використаний для виробництва біопалив або енергії.

Проте важливо враховувати, яку саме частину технічного потенціалу слід використовувати як джерело енергії, а яку залишити на полях для збереження родючості ґрунту або використовувати як підстилку для тварин. Дослідженням встановлено, що темпи використання біомаси відходів сільськогосподарського виробництва, зокрема, рослинництва, щороку нарощуються.

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.

Впровадження альтернативних видів палива з біомаси сільськогосподарських відходів є однією зі складових стратегії розвитку аграрного сектора економіки України в рамках біоекономічного підходу.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/>
2. Калетнік Г. М., Пришляк Н. В. Розвиток галузі біопалива як детермінанта сталого розвитку України. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 71–81.
DOI: 10.32317/2221-1055.202102071
3. Гончарук І. В., Вовк В. Ю. Виробництво біометану з агробіомаси в Україні: проблеми та перспективи. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. № 2 (37). С. 65–72.
DOI: 10.37406/2706-9052-2022-2-10.
4. Токарчук Д. М. Основні тенденції утворення та поводження з відходами аграрних підприємств. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 4 (44). С. 170–180.
DOI: 10.37128/2411-4413-2019-4-18
5. Паламаренко Я. В., Чіков І. А. Дослідження перспектив використання агробіомаси в напрямку забезпечення екологічної та енергетичної незалежності підприємств АПК. *Бізнес Інформ*. 2023. № 5. С. 98–112.
DOI: 10.32983/2222-4459-2023-5-98-112
6. World Bioenergy Association (WBA). URL: <https://www.worldbioenergy.org/>
7. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council «On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC» of 23 April 2009. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>
8. Про альтернативні види палива : Закон України від 14.01.2000 № 1391-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
9. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/>
10. Гонтарук Я. В., Шевчук Г. В. Напрями вдосконалення виробництва та переробки продукції АПК на біопаливо. *Економіка та суспільство*. 2022. № 36.

DOI: 10.32782/2524-0072/2022-36-8

11. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://sae.gov.ua/uk/ae/bioenergy>

12. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

13. Дубровін В. О., Голуб Г. А., Драгнєв С. В., Гелетуха Г. Г., Железная Т. А. та ін. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси. Київ : ТОВ «Біолпринт», 2013. 25 с.

14. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / Ін-т технічної теплофізики НАН України ; за ред. Г. Гелетухи. Київ : Академперіодика, 2022. 373 с.

15. Літвак О. А. Біоекономічні пріоритети у розвитку аграрного сектора. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. № 8. С. 200–205.

16. Гончарук І. В., Гонтарук Я. В., Ємчик Т. В. Перспективи переробки ріпаку на біодизель як напрям забезпечення енергетичної незалежності АПК. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 1 (63). С. 60–71.
DOI: 10.37128/2411-4413-2023-1-5

17. Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Вовк В. Ю., Верхолюк С. Д. Дослідження екологічної безпеки та економічної ефективності дигестату як біодобрива. *Збалансоване природо-користування*. 2023. № 2. С. 86–92.
DOI: 10.33730/2310-4678.2.2023.282744

18. Відділення рослинництва Національної академії аграрних наук України. URL: <http://naas.gov.ua/ustanovy/viddilennya-roslinnictva/>

REFERENCES

- Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy. <https://uabio.org/>
- “Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council «On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC» of 23 April 2009”. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. <https://www.ukrstat.gov.ua/>
- Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberzhennia Ukrainy. <https://sae.gov.ua/uk/ae/bioenergy>
- Dubrovina, V. O. et al. *Metodyka uzahalnenoi otsinky tekhnichno-dosiazhnogo enerhetychnoho potentsialu biomasy* [Methodology of the Generalized Assessment of the Technically Achievable Energy Potential of Biomass]. Kyiv: TOV «Violprynt», 2013.
- Honcharuk, I. V. et al. “Doslidzhennia ekolohichnoi bezpeky ta ekonomichnoi efektyvnosti dyhestatu yak biodobryva” [Study of Ecological Safety and Economic Efficiency of Digestate as a Biofertilizer]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, no. 2 (2023): 86-92.
DOI: 10.33730/2310-4678.2.2023.282744
- Honcharuk, I. V., and Vovk, V. Yu. “Vyrobnytstvo biometanu z ahrobiomasy v Ukraini: problemy ta perspektyvy” [Production of Biomethane from Agrobiomass in Ukraine: Problems and Prospects]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, no. 2(37) (2022): 65-72.
DOI: 10.37406/2706-9052-2022-2-10
- Honcharuk, I. V., Hontaruk, Ya. V., and Yemchuk, T. V. “Perspektyvy pererobky ripaku na biodyzel yak napriam zabezpechennia enerhetychnoi nezalezhnosti APK” [Prospects for the Processing of Rapeseed Into Biodiesel as a Means of Ensuring the Energy Independence of the Agricultural Sector]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, no. 1(63) (2023): 60-71.
DOI: 10.37128/2411-4413-2023-1-5

Hontaruk, Ya. V., and Shevchuk, H. V. "Napriamy vdoskonalennia vyrobnytstva ta pererobky produktii APK na biopalyvo" [Directions for Improving the Production and Processing of Agricultural Products Into Biofuel]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 36 (2022).

DOI: 10.32782/2524-0072/2022-36-8

International Energy Agency. <https://www.iea.org/>

Kaletnik, H. M., and Pryshliak, N. V. "Rozvytok haluzi biopalyva yak determinanta staloho rozvytku Ukrainy" [Development of the Biofuel Industry as a Determinant of Sustainable Development of Ukraine]. *Ekonomika APK*, no. 2 (2021): 71-81.

DOI: 10.32317/2221-1055.202102071

[Legal Act of Ukraine] (2000). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>

Litvak, O. A. "Bioekonomichni priorytety u rozvytku ahrarnoho sektora" [Bioeconomic Priorities in the Development of the Agricultural Sector]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, no. 8 (2015): 200-205.

Palamarenko, Ya. V., and Chikov, I. A. "Doslidzhennia perspektyv vykorystannia ahrobiomasy v napriamku zabezpechennia ekolohichnoi ta enerhetychnoi nezalezhnosti pidpriemstv APK" [A Study on Prospects for the Use of Agrobiomass in the Direction

of Ensuring Environmental and Energy Independence of Agricultural Enterprises]. *Biznes Inform*, no. 5 (2023): 98-112.

DOI: 10.32983/2222-4459-2023-5-98-112

Tokarchuk, D. M. "Osnovni tendentsii utvorennia ta povodzhennia z vidkhodamy ahrarnykh pidpriemstv" [The Main Trends in the Generation and Management of Waste from Agricultural Enterprises]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, no. 4(44) (2019): 170-180.

DOI: 10.37128/2411-4413-2019-4-18

Viddilennia roslynnytstva Natsionalnoi akademii ahrarnykh nauk Ukrainy. <http://naas.gov.ua/ustanovy/viddilennya-roslinnytstva/>

Vyrobnytstvo enerhii z biomasy v Ukraini: tekhnolohii, rozvytok, perspektyvy [Production of Energy from Biomass in Ukraine: Technologies, Development, Prospects]. Kyiv: Akadempriodyka, 2022.

World Bioenergy Association (WBA). <https://www.worldbioenergy.org/>

Стаття надійшла до редакції 07.08.2023 р.