

Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку
Національна академія наук України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОСТЕНКО ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 620.952: 662.63

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОБНИЦТВА
ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ**

08.00.03 – економіка та управління національним господарством

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Д. М. Костенко

Науковий керівник:
Салашенко Тетяна Ігорівна,
кандидат економічних наук

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Костенко Д. М. Обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. – Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, Харків, 2021.

У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, окреслено методи дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації.

У першому розділі – «Економіко-правові передумови розвитку виробництва та використання твердого біопалива в Україні» – проведено структурну декомпозицію балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства; визначено особливості нормативно-правового регулювання сфери виробництва та використання твердого біопалива в Україні, а також оцінено його енергетичний потенціал за видами та регіонами.

Спираючись на балансовий метод, запропоновано аналітичне забезпечення із структурної декомпозиції балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства, що передбачає аналіз і декомпозицію національного енергобалансу за потоками органічного палива, твердого органічного палива із розподілом останнього на потоки твердого традиційного палива та твердого біопалива. Для кожного енергопотуку визначаються джерела його забезпечення (власне виробництво й імпорт) і напрямки використання (перетворення, кінцеве споживання, експорт), та у підсумку встановлюється ступінь проникнення твердого біопалива до кожної балансової складової. Апробація цього забезпечення за енергопотоками України у 2018 р. дозволила встановити:

1) потік енергозабезпечення національного господарства формується переважно (на 65 %) за рахунок внутрішнього виробництва, тоді як потік органічного палива розподілений 53 % на 48 % між власною і зовнішньою пропозицією. У

структурі твердого органічного палива власні джерела енергозабезпечення складають 58 %, тоді як окремо для твердого традиційного палива є на 5 % меншими. Проте енергетичний потік твердого біопалива є профіцитним, внутрішнє виробництво в якому перекриває на 13 % його потреби;

2) потік енергокористування розподілений між перетворенням і кінцевим споживанням у співвідношенні 45 % і 55 % відповідно (експорт майже відсутній), тоді як у міру його декомпозиції це співвідношення змінюється у напрямку збільшення питомої ваги сфери перетворення, частка якої для твердого традиційного палива вже дорівнює 77 %. Ця тенденція не підтверджується для твердого біопалива, у структурі енергокористування якого переважають кінцеві споживачі із часткою 58 %;

3) глибина проникнення твердого біопалива в загальний енергетичний потік національного господарства складає 3 %, у тому числі у сферу виробництва – 6 %, у сферу перетворення – 4 %, у сферу кінцевого споживання – 4 %.

Отже, структурна декомпозиція балансу твердого біопалива довела його недооцінену роль в енергетичних потоках національного господарства.

Проведений аналіз нормативно-правових положень регулювання виробництва та використання біопалива дозволив визначити його роль серед інших видів енергетичних продуктів у державній політиці України. З одного боку, воно є складовою альтернативних джерел енергії та відноситься до відновлюваних їх видів, і регулюється Законом України «Про альтернативні джерела енергії», а з іншого – альтернативним видом палива та відноситься до нетрадиційних його видів, і регулюється Законом України «Про альтернативні види палива». Означене дозволяє застосовувати норми обох законів для стимулювання розвитку його виробництва та використання.

Сучасний розвиток виробництва та використання біопалива в Україні відбувається на засадах загальнонаціонального курсу до євроінтеграції. Однак, згідно з проведеним аналізом, узяті Україною міжнародні зобов'язання щодо розбудови відновлюваної енергетики не виконані (її частка у національному енергобалансі склала 4,6 % у 2018 р., тоді як, згідно з Національним планом дій з

розвитку відновлюваної енергетики, було взято зобов'язання щодо забезпечення її рівня у 11 % у 2020 р.). Положення Директиви 2009/28/ЄС повністю не імplementовані в національне законодавство, натомість у ЄС вже прийнято нову Директиву 2018/2001/ЄС щодо подальшої інтеграції відновлюваних джерел енергії. Водночас Україна приєдналася до загальноєвропейського зеленого курсу (European Green Deal) і ставить нову амбітну мету щодо забезпечення енергетичного переходу до безвуглецевого розвитку та досягнення частки відновлюваних джерел енергії на рівні 25 % у 2035 р. із подальшим досягненням чистих нульових викидів у 2070 р.

Біоенергетика розглядається серед напрямів енергетичного переходу, зокрема, пріоритетними є розбудова тепло- й електрогенеруючих потужностей на основі біомаси з основним акцентом на когенераційні технології розподіленої генерації, використання побічних продуктів і відходів сільського та лісового господарств для енергозабезпечення підприємств, поширення використання біопалива в індивідуальному теплопостачанні.

Визначено, що на державному рівні впроваджені методи стимулювання для поширення використання біопалива, зокрема, дискримінаційного тарифоутворення для виробників електроенергії із відновлюваних джерел енергії (так званий «зелений» тариф) та теплоенергії із альтернативних видів палива (так званий «стимулюючий» тариф). Однак значно нижчі ставки для біопалива порівняно зі ставками для негарантованих джерел енергії стримують активну розбудову сфери використання біопалива в Україні (зокрема, у 2018 р. діяв «зелений» тариф для СЕС із коефіцієнтом 3,79, тоді як для БЕС – із коефіцієнтом 2,30, що обумовило приріст перших у 2015–2018 рр. у 3,4 разу, склавши в енергосистемі 2,4 % від встановленої потужності, тоді як другі зросли лише у 1,9 разу, забезпечивши лише 0,2 % потужностей).

Розбудова сфери виробництва та використання твердого біопалива в Україні потребувала також від держави нормативно-правового врегулювання його якості. Однак міжнародні стандарти сертифікації, зокрема ISO EN 17225, й досі не затверджені в Україні, а його виробництво здійснюється за технічними умовами підприємств його виробників. Проведене дослідження довело недооцінену роль

біопалива з боку держави в Україні.

Узагальнення теоретичних підходів до визначення сутності поняття «енергетичний потенціал» дозволило уточнити сутність поняття «енергетичний потенціал твердого біопалива», під яким розуміється сукупний потенціал відновлюваних органічних енергоресурсів із урахуванням досягнення максимального значення їх перетворення на готові до використання енергоносії.

Оцінено теоретичний і технічний енергетичний потенціал твердого біопалива в Україні у 2019 р., який склав 65 млн т н.е. та 46 млн т н.е. відповідно.

Згідно з проведеними розрахунками визначено, що серед окремих видів твердого біопалива найбільший енергопотенціал мають відходи кукурудзи (13,5 млн т н.е.), міскантусу (9,1 млн т н.е.) та відходи соняшника (6,8 млн т н.е.), які разом складають близько 65 % від сукупного технічного енергетичного потенціалу твердого біопалива.

Виявлено, що у регіональному розрізі найбільший енергопотенціал твердого біопалива зосереджено у Полтавській, Вінницькій, Чернігівській, Донецькій, Київській, Черкаській, Харківській та Одеській областях, які сумарно формують близько 45 % всього енергопотенціалу твердого біопалива в Україні.

Згідно з енергобалансом і власними розрахунками доведено, що ступінь використання національного енергопотенціалу твердого біопалива у 2019 р. – лише 2,4 %. Отже, Україна майже його не використовує, вдаючись до імпорту дефіцитних обсягів традиційного органічного палива.

У другому розділі – «Аналіз промислового вирощування енергетичних культур і способів виробництва твердого біопалива» – класифіковано характеристики енергетичних культур; проаналізовано способи їх перетворення на тверде біопаливо; визначено сфери використання твердого біопалива; запропоновано структурно-організаційну модель біоенергетичного циклу.

Сировиною для виробництва біопалива є побічна продукція і відходи сільського та лісового господарства, а також спеціально вирощувані енергетичні культури. Тільки останні є основним видом продукції, тому можуть розглядатися як стала сировинна база для біоенергетики. У роботі запропоновано класифікацію

енергетичних культур і виділено такі їх ознаки: за циклом вирощування (однорічні та багаторічні), за типом (деревоподібні, трав'янисті, водорості), за складом кінцевого продукту (олійні, крохмальні, цукровмісні, лігноцелюлозні), за призначенням (класичні, сільськогосподарські, лісогосподарські культури).

Визначено, що перспективи вирощування енергетичних культур обумовлені рядом критеріїв: природно-кліматичними умовами місцевості (рівнем рН ґрунтів, кількістю опадів, температурою середовища), їх біологічними властивостями (життєвим циклом, урожайністю та періодичністю збору врожаю) та теплотворною здатністю (теплотою згоряння, виробництвом енергії на одиницю площі, вмістом вологи, зольністю). Порівняння енергетичних культур за ознаками та критеріями дало змогу обґрунтувати доцільність для вирощування в Україні класичних багаторічних деревоподібних або трав'янистих лігноцелюлозних їх видів, серед яких найперспективнішими є енергетична верба та міскантус.

Біомаса енергетичних культур може бути перетворена на готове тверде біопаливо, що значно підвищує їх енергетичні властивості та забезпечує сталі параметри якості. Аналіз способів перетворення біомаси енергетичних культур на кінцеві енергоносії дозволив виділити такі технології, як подрібнення: (енергетична тріска (щепа) – подрібнена рублена біомаса у формі шматків певного розміру часток, вироблена механічним обробленням гострими інструментами); брикетування (паливні брикети – спресовані вироби циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми); та гранулювання (пелетування) (паливні гранули (пелети) – це високопродуктивне паливо, вироблене в результаті переробки біомаси методом пресування під великим тиском у спеціальній матриці). Обґрунтовано, що найперспективнішим із них є спосіб гранулювання, що дозволяє підвищити ефективність отримання енергії у вигляді твердого біопалива.

Аналіз досвіду використання твердого біопалива дозволив виділити два основних його напрями: виробництво електричної енергії і теплової енергії. Визначено, що основними споживачами твердого біопалива в енергетиці є промислові об'єкти, які використовують тверде біопаливо для виробництва електроенергії, комунальні підприємства та приватний сектор, що використовуює

тверде біопаливо для отримання теплової енергії. У процесі використання тверде біопаливо може бути перетворене на різні агрегатні стани, що обумовлює різноманіття технологій його перетворення в кінцеву енергію, а саме: пряме спалювання, сумісне спалювання, газифікація, піроліз, когенерація. Обґрунтовано, що серед цих технологій найбільш раціональною та ефективною технологією є когенерація з сумісним використанням традиційного органічного та твердого біологічного палива. Перевагами такого процесу визначено: можливість використання наявного обладнання та широкого спектра палив; високу ефективність використання палива; досягнення високої ефективності виробництва електро- та теплоенергії, задовільні екологічні параметри; автономність систем у режимі когенерації. Визначено, що устаткування за екологічними нормами можна використовувати навіть у природоохоронних зонах. Така технологія дозволяє, не зменшуючи енергоефективності обладнання, виробляти максимально можливу кількість енергії, значно скоротивши викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Аналіз промислової бази дозволив розробити організаційну схему формування біоенергетичного циклу, який складається із трьох переділів: 1 переділ – вирощування енергетичних культур; 2 переділ – виробництво твердого біопалива; 3 переділ – перетворення твердого біопалива.

Запропонована схема передбачає взаємоузгодження різних видів економічної діяльності: сільського господарства, деревообробної промисловості й енергетики.

Доведено, що біоенергетичний цикл є екологічно нейтральним, оскільки вирощування енергетичних культур здатне поглинути викиди парникових газів, спричинених спалюванням твердого біопалива.

У третьому розділі – «Теоретико-методичне обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні» – розроблено концептуальні положення із розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні; запропоновано методичні положення до планування техніко-економічних показників промислового комплексу виробництва твердого біопалива з енергетичних культур; обґрунтовано методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості проєкту із виробництва твердого біопалива з

енергетичних культур.

В основу обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур закладено гіпотезу про те, що цей напрям господарської діяльності є економічно рентабельним, соціально доступним і екологічно прийнятним і забезпечує стаке забезпечення енергетичних потреб національного господарства. Враховуючи це, запропоновано концептуальні положення із розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

Запровадження цих положень потребує кооперації різних видів економічної діяльності через залучення біоенергетичного потенціалу сільських територій, спрямовуючи національне господарство на досягнення ряду цілей сталого розвитку.

Реалізація концептуальних положень передбачає визначення техніко-економічних характеристик промислових комплексів із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, для обґрунтування яких було запропоновано відповідні методичні положення.

Апробацію запропонованих положень було проведено для земельної ділянки у 100 га, яка розташована на північ від с. П'ятнецьке Харківської обл. За критеріями відбору (природно-кліматичними умовами, біологічними властивостями, теплотворною здатністю) визначено, що найбільш придатною для вирощування культурою є міскантус, а також доцільним є виробництво з нього паливних пелет.

Результати розрахунку техніко-економічних показників такого промислового комплексу засвідчили його високу продуктивність, яка склала 19 т/га, та високу рентабельність – 121,5 %. Водночас, як показали розрахунки, такі високі показники забезпечують високу фондомісткість виробництва, частка амортизаційних відрахувань у витратах комплексу склала 18,5 %.

Доведено, що паливні пелети із міскантусу є конкурентоспроможними порівняно із продуктами-аналогами на ринку твердого біопалива в Україні, собівартість виробництва яких складає 1355 грн/т, тому, враховуючи їх високу теплотворну здатність, можна встановити їх ринкову ціну на рівні 3000 грн/т. Означене дозволило довести ефективність функціонування такого промислового комплексу.

Доведення його економічної доцільності було також здійснено через оцінку інвестиційної привабливості, для чого запропоновано відповідний методичний підхід.

Визначено, що запропонований підхід враховує та узгоджує особливості здійснення інвестиційної діяльності в сільському (вирощування міскантусу) та енергетичному (виробництво паливних пелет) господарствах.

Отримані результати оцінки інвестиційної привабливості представленого проєкту дозволили обґрунтувати, що термін реалізації інвестиційного проєкту складе 5 років; первісна вартість інвестицій складає 10,3 млн грн; дисконтований термін окупності (DPP) – 4,8 року; чиста вартість інвестиційного проєкту (NPV) на момент його завершення – 622 тис грн.

Узагальнення результатів оцінки економічної доцільності промислового комплексу дало змогу підтвердити гіпотезу про соціально-економічну ефективність та екологічну прийнятність виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні.

SUMMARY

Kostenko D. M. Substantiation of economic expediency of solid biofuel production from energy crops in Ukraine. – Manuscript.

The thesis on a Candidate's of Economics Degree by specialty 08.00.03 – Economics and Management of National Economy. – Research Center for Industrial Problems of Development of the National Academy of Sciences of Ukraine. – Kharkiv, 2021.

The introduction presents a general description of the work, substantiates the relevance of the dissertation, formulates the purpose, objectives, object and subject of research, outlines research methods, reflects the scientific novelty and practical significance of the results, provides data on their testing.

In the first section – "Economic and legal prerequisites for the development of production and use of solid biofuels in Ukraine" – a structural decomposition of the balance of solid biofuels in the energy flows of the national economy is carried out; the

peculiarities of normative-legal regulation of the sphere of production and use of solid biofuel in Ukraine are determined, and also its energy potential by types and regions is estimated.

Based on the balance method, analytical support for structural decomposition of solid biofuel balance in energy flows of the national economy is proposed, which provides analysis and decomposition of national energy balance by flows of fossil fuels, solid fossil fuels with distribution of the latter into streams of solid traditional fuels and solid biofuels. For each energy flow, the sources of its supply (own production and import) and directions of use (conversion, final consumption, export) are determined, and as a result, the degree of penetration of solid biofuels to each balance component is established. Approbation of this provision for energy flows of Ukraine in 2018 allowed to establish:

1) the flow of energy supply of the national economy is formed mainly (by 65%) due to domestic production, while the flow of fossil fuels is distributed 53% by 48% between own and external supply. In the structure of solid fossil fuels, own energy sources account for 58%, while separately for solid traditional fuels they are 5% lower. However, the energy flow of solid biofuels is in surplus, in which domestic production covers 13% of its needs;

2) the the flow of energy use is distributed between conversion and final consumption in the ratio of 45% and 55%, respectively (exports are almost absent), while as it decomposes, this ratio changes in the direction of increasing the share of conversion, the share of which for solid traditional fuels is already 77 %. This trend is not confirmed for solid biofuels, the structure of energy use of which is dominated by end users with a share of 58%;

3) the depth of penetration of solid biofuels into the total energy flow of the national economy is 3%, including in the sphere of production - 6%, in the sphere of transformation - 4%, in the sphere of final consumption - 4%.

Thus, the structural decomposition of the balance of solid biofuels proved its underestimated role in the energy flows of the national economy.

The analysis of normative-legal provisions of regulation of production and use of biofuel is carried out and allowed to determine its role among other types of energy

products in the state policy of Ukraine. On the one hand, it is a component of alternative energy sources and refers to their renewable types, and is regulated by the Law of Ukraine "On Alternative Energy Sources", and on the other - an alternative type of fuel and refers to its non-traditional types, and is regulated by the Law of Ukraine "On Alternative Fuels". This allows us to apply the rules of both laws to stimulate the development of its production and use.

The modern development of biofuel production and use in Ukraine is based on a national course towards European integration. However, according to the analysis, Ukraine's international commitments to develop renewable energy have not been met (its share in the national energy balance was 4.6% in 2018, while, according to the National Action Plan for Renewable Energy Development, was taken commitment to ensure its level of 11% in 2020). The provisions of Directive 2009/28/EU are not fully implemented in national legislation, instead the EU has already adopted a new Directive 2018/2001/EU on the further integration of renewable energy sources. At the same time, Ukraine has joined the European Green Deal and sets a new ambitious goal to ensure the energy transition to carbon-free development and achieve a share of renewable energy at 25% in 2035 with further net emissions in 2070.

Bioenergy is considered among the areas of energy transition, in particular, priority is the development of heat and power generation based on biomass with a focus on cogeneration technologies of distributed generation, the use of by-products and waste from agriculture and forestry for energy supply, distribution of biofuels in individual heat.

It is determined that at the state level introduced methods of incentives for the spread of biofuels, in particular, discriminatory tariffs for producers of electricity from renewable energy sources (so-called "green" tariff) and heat from alternative fuels (so-called "incentive" tariff). However, significantly lower rates for biofuels compared to rates for non-guaranteed energy sources constrain the active development of biofuels in Ukraine (in particular, in 2018 there was a "green" tariff for SES with a coefficient of 3.79, while for BES - with a coefficient of 2.30, which led to an increase of the first in 2015-2018 by 3.4 times, amounting to 2.4% of the installed capacity in the power system, while the second one increased only 1.9 times, providing only 0.2% of capacity).

The development of the production and use of solid biofuels in Ukraine also required the state to regulate its quality. However, international certification standards, in particular ISO EN 17225, are still not approved in Ukraine, and its production is carried out according to the technical conditions of its manufacturers.

Thus, the study proved the underestimated role of biofuels by the state in Ukraine.

The generalization of theoretical approaches to defining the essence of the concept of "energy potential" allowed to clarify the essence of the concept of "energy potential of solid biofuels", which means the total potential of renewable organic energy resources, taking into account the maximum value of their conversion into ready-to-use energy.

The theoretical and technical energy potential of solid biofuels in Ukraine in 2019 was estimated at 65 million toe and 46 million toe, respectively.

According to calculations, it is determined that among certain types of solid biofuels the largest energy potential has waste corn (13.5 million toe), miscanthus (9.1 million toe) and sunflower waste (6.8 million toe), which together make up about 65% of the total technical energy potential of solid biofuels.

It was found that in the regional context, the largest energy potential of solid biofuels is concentrated in Poltava, Vinnytsia, Chernihiv, Donetsk, Kyiv, Cherkasy, Kharkiv and Odessa regions, which together form about 45% of the total energy potential of solid biofuels in Ukraine.

According to the energy balance and own calculations, it is proved that the degree of use of the national energy potential of solid biofuels in 2019 is only 2.4%. Thus, Ukraine hardly uses it, importing scarce volumes of traditional fossil fuels.

In the second section - "Analysis of industrial cultivation of energy crops and methods of production of solid biofuels" - the characteristics of energy crops are classified; methods of their conversion into solid biofuels are analyzed; areas of use of solid biofuels are defined; a structural and organizational model of the bioenergy cycle is proposed.

Raw materials for biofuel production are by-products and agricultural and forestry wastes, as well as specially grown energy crops. Only the last one are the main type of product, so they can be considered as a stable raw material base for bioenergy. The classification of energy crops is proposed and the following features are identified: by

growing cycle (annual and perennial), by type (arboreal, herbaceous, algae), by the composition of the final product (oil, starch, sugar, lignocellulose), by purpose (classic, agricultural, forestry crops).

It is determined that the prospects of growing energy crops are determined by a number of criteria: natural and climatic conditions of the area (soil pH, rainfall, ambient temperature), their biological properties (life cycle, yield and frequency of harvest) and calorific value (heat of combustion, heat per unit area, moisture content, ash content).

Comparison of energy crops by characteristics and criteria allowed to justify the feasibility of growing in Ukraine classic perennial tree-like or herbaceous lignocellulosic species, among which the most promising are energy willow and miscanthus.

Biomass of energy crops can be converted into finished solid biofuels, which significantly increases their energy properties and provides stable quality parameters. Analysis of ways to convert biomass of energy crops into final energy allowed to identify such technologies as: grinding (energy chips) - crushed chopped biomass in the form of pieces of a certain particle size, produced by machining with sharp tools); briquetting (fuel briquettes - compressed products of cylindrical, rectangular or any other shape); and granulation (pelleting) (fuel pellets are highly productive fuels produced as a result of processing biomass by pressing under high pressure in a special matrix). It is substantiated that the most promising of them is the method of granulation, which allows to increase the efficiency of energy production in the form of solid biofuels.

Analysis of the experience of using solid biofuels allowed to distinguish two main areas: the production of electricity and heat. The main consumers of solid biofuels in the energy sector are industrial plants that use solid biofuels to produce electricity, utilities and the private sector that uses solid biofuels to produce heat. In the process of using solid biofuels can be converted into various physical states, which causes a variety of technologies for its conversion into final energy, namely: direct combustion, co-combustion, gasification, pyrolysis, cogeneration. It is substantiated that among these technologies the most rational and efficient technology is cogeneration with the combined use of traditional organic and solid biofuels. The advantages of this process are: the possibility of using existing equipment and a wide range of fuels; high fuel efficiency;

achieving high efficiency of electricity and heat production, satisfactory environmental parameters; autonomy of systems in the cogeneration mode. It is determined that the equipment according to ecological norms can be used even in nature protection zones. This technology allows, to produce the maximum possible amount of energy without reducing the energy efficiency of the equipment, significantly reducing emissions of harmful substances into the atmosphere.

The analysis of the industrial base allowed to develop an organizational scheme for the formation of the bioenergy cycle, which consists of three divisions: 1 - growing of energy crops; 2 - production of solid biofuels; 3 - conversion of solid biofuels.

The proposed scheme provides for the coordination of different types of economic activity: agriculture, woodworking and energy.

The bioenergy cycle is environmentally neutral, as growing energy crops can absorb greenhouse gas emissions from the combustion of solid biofuels.

In the third section - "Theoretical and methodological justification of the economic feasibility of solid biofuel production from energy crops in Ukraine" - conceptual provisions for the development of solid biofuel production from energy crops in Ukraine are developed; methodical provisions for planning technical and economic indicators of the industrial complex of solid biofuel production from energy crops are proposed; a methodical approach to assessing the investment attractiveness of a project for the production of solid biofuels from energy crops is substantiated.

The substantiation of economic feasibility of solid biofuel production from energy crops is based on the hypothesis that this area of economic activity is economically profitable, socially accessible and environmentally friendly and provides sustainable energy needs of the national economy. With this in mind, conceptual provisions for the development of solid biofuel production from energy crops are proposed.

The implementation of these provisions requires the cooperation of various types of economic activity through the involvement of bioenergy potential of rural areas, directing the national economy to achieve a number of sustainable development goals.

Implementation of the conceptual provisions involves determining the technical and economic characteristics of industrial complexes for the production of solid biofuels

from energy crops, to justify which methodological provisions was proposed.

Approbation of the proposed provisions was carried out for a land plot of 100 hectares, located north of the village Pyatnetske, Kharkiv region. According to the selection criteria (natural and climatic conditions, biological properties, calorific value) it is determined that the most suitable crop for growing is miscanthus, and it is advisable to produce fuel pellets from it.

The results of the calculation of technical and economic indicators of the industrial complex showed its high productivity, which amounted to 19 t / ha, and high profitability - 121.5%. At the same time, such high indicators provide high capital intensity of production, the share of depreciation in the costs of the complex amounted to 18.5%.

It is proved that miscanthus fuel pellets are competitive compared to similar products on the market of solid biofuels in Ukraine, the cost of production of which is 1355 UAH / t, so, given their high calorific value, you can set their market price at 3000 UAH / t. This allowed to prove the effectiveness of such an industrial complex.

Proof of its economic feasibility was carried out through the assessment of investment attractiveness, for which a methodological approach was proposed.

It is determined that the proposed approach takes into account and coordinates the specifics of investment activities in agriculture (growing miscanthus) and energy (fuel pellet production) farms.

The obtained results of the assessment of the investment attractiveness of the presented project allowed to substantiate that the term of the investment project implementation will be 5 years; the initial cost of investments is 10.3 million UAH; discounted payback period (DPP) - 4.8 years; net present value (NPV) at the time of its completion - 622 thousand UAH.

The generalization of the results of the assessment of the economic feasibility of the industrial complex allowed to confirm the hypothesis of socio-economic efficiency and environmental acceptability of solid biofuel production from energy crops in Ukraine.

Key words: biofuels, energy complex, solid biofuels, fuel and energy resources, energy potential.

Монографії:

1. Теоретико-прикладні аспекти декарбонізації та розвитку розподіленої електроенергетики України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, В. Є. Хаустова, В. В. Шпілевський, Є. І. Котляров, Т. І. Салашенко, Є. М. Крячко, Є. С. Колбасін, Д. М. Костенко, О. В. Шпілевський, О. В. Лелюк, Г. В. Мілютін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 344 с.

Особистий внесок: проведено оцінку та діагностику розвитку розподіленої електроенергетики в Україні. Оцінено напрями застосування твердого біопалива та визначено когенерацію як найбільш раціональну технологію застосування твердого біопалива для розвитку розподіленої енергетики.

2. Трансформація міжнародних економічних відносин в епоху глобалізації : кол. моногр. / за ред. А. П. Голікова, О. А. Довгаль ; авт. кол. Харків : Вид-во ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. 316 с.

Особистий внесок: проведено оцінку впливу глобалізації на розвиток енергетичного сектору країни в цілому та твердого біопалива зокрема.

3. Оцінка наслідків членства України у світовій організації торгівлі : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. Ю. Матюшенка ; авт. кол. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2014. 212 с.

Особистий внесок: визначено наслідки членства України у світовій організації торгівлі на розвиток ринку твердого біопалива в Україні.

Статті у наукових фахових виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних:

4. Костенко Д. М. Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик енергетичних плантацій та виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур. *Бізнес Інформ*. 2020. № 11. С. 123–132. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-11-123-132 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, GoogleScholar та ін.*).

5. Кизим М. О., Лелюк О. В., Костенко Д. М. Оцінка і діагностика

розвитку розподіленої енергетики в Україні. *Проблеми Економіки*. 2018. № 4 (38). С. 56–67 (включено до: *Ulrichsweb, Index Copernicus, DOAJ, ProQuest та ін*).

Особистий внесок: проаналізовано вплив твердого біопалива на розвиток розподіленої енергетики в Україні.

6. Костенко Д. М. Аналіз ринку рідкого біопалива в Україні. *Моделювання регіональної економіки*. Збірник наукових праць. м. Івано-Франківськ: Плай. ISBN 966-640-157-6. 2017. № 2 (30). С. 334–348 (включено до: *Index Copernicus*).

7. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу виробництва біопалива в регіонах України. *Моделювання регіональної економіки*. ISBN 966-640-157-6. 2017. № 1 (29). С. 279-292 (включено до: *Index Copernicus*).

8. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Передові виробничі технології – ключ до якісної трансформації і зростання високотехнологічного експорту України до 2030 р. *Бізнес Інформ*. 2016. № 3, С.32–43 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, GoogleScholar та ін.*).

Особистий внесок: оцінено вплив розвитку виробництва когенераційного устаткування на основі сумісного використання органічного та твердого біопалива як напряму зростання високотехнологічного експорту України.

9. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу місцевих енергетичних ресурсів регіону. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія : Економічні науки. 2015. Вип. 14, Ч. 1. С. 100–103 (включено до: *Index Copernicus*).

Особистий внесок: удосконалено методичний підхід до оцінки енергетичного потенціалу регіону.

10. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Хаустова В. Є., Костенко Д. М., Козирєва О. В., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Можливості і загрози від членства України в СОТ у зовнішній торгівлі продукцією високотехнологічних галузей в умовах співпраці з країнами ЄС і Митного

союзу ЄврАзЕС. *Проблеми Економіки*. 2014. № 1. С. 7–26 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, ProQuest та ін.*).

Особистий внесок: визначено наслідки членства України у світовій організації торгівлі на розвиток ринку твердого біопалива в Україні та зовнішньої торгівлі твердим біопаливом з країнами ЄС і Митного союзу ЄврАзЕС.

11. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафти в Україні. *Проблеми Економіки*. 2012. № 4. С. 56–67 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, ProQuest, GoogleScholar та ін.*).

Особистий внесок: розроблено методичний підхід до аналізу енергетичних потоків палива.

12. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафтопродуктів в Україні. *Моделювання регіональної економіки*. 2012. № 2. С. 292–306. (включено до: *Index Copernicus*).

Особистий внесок: проаналізовано динаміку споживання та виробництва, а також особливості попиту та пропозиції на моторне паливо.

Статті у зарубіжних наукових фахових виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних:

13. Kostenko D. Concept of production and use of bioenergy crops in Ukraine. *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic. ISSN 3162-2364. 2021. № 64, VOL 3, P. 43–49. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-64-3-43-49.

Праці апробаційного характеру:

14. Костенко Д. М. Структурний аналіз енергетичного балансу твердого палива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Харків, 13 листоп. 2020 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. С. 308–313.

15. Костенко Д. М. Законодавче та нормативно-правове забезпечення стимулювання використання та виробництва біопалива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Харків, 14 листоп. 2019 р.). Харків :

ФОП Лібуркіна Л. М., 2019. С. 392–395.

16. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Потенціал місцевих енергетичних ресурсів // Конкуренентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 13 листоп. 2015 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2015. С. 318–322.

Особистий внесок: уточнено сутність поняття «енергетичний потенціал твердого біопалива».

17. Костенко Д. М. Оценка энергетического потенциала биомассы в областях Украины // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 22-23 травня. 2015 р.). Харків. 2015. С. 171–177.

18. Костенко Д. М. Ринок природного газу України: стан та перспективи // Конкуренентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 14-15 листоп. 2013 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2013. С. 308–312.

19. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Перспективи розвитку високотехнологічного сектору в умовах інтеграції України в ЄС і Митний Союз // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XVIII Междунар. Научн.-практ. конф. (м. Ялта, 30 верес. - 06 жовт. 2013 р.). Ялта : 2013. С. 175–183.

Особистий внесок: оцінено наслідки інтеграції України в ЄС або Митний союз на розвиток виробництва когенераційного устаткування з сумісним використання органічного та твердого біопалива.

20. Костенко Д. М. Зменшення енерго та газоємності ВВП України як крок до сталого соціально-економічного розвитку України // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 23-24 травня. 2013 р.). Харків. 2013. С. 167–171.

21. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Украина на мировом рынке высокотехнологической продукции // Актуальні проблеми міжнародних

економічних відносин: матеріали VII наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Харків, 17 березня 2012 р.). Харків : : видавництво ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2012. С. 222–226.

Особистий внесок: оцінено місце когенераційного устаткування для виробництва електричної та теплової енергії з сумісним використання органічного та твердого біопалива на світовому ринку високотехнологічної продукції.

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| ВСТУП..... | 23 |
| РОЗДІЛ 1 ЕКОНОМІКО-ПРАВОВІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ..... | 29 |
| 1.1. Структурний аналіз енергетичного балансу країни та визначення в ньому місця твердого біопалива..... | 29 |
| 1.2. Нормативно-правове регулювання сфери виробництва та використання біопалива в Україні..... | 55 |
| 1.3. Оцінка потенціалу виробництва твердого біопалива в Україні | 71 |
| Висновки до розділу 1..... | 87 |
| СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1..... | 89 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА..... | 97 |
| 2.1. Класифікація та характеристика енергетичних культур як сировинної бази виробництва твердого біопалива..... | 97 |
| 2.2. Аналіз способів виробництва твердого біопалива з енергетичних культур..... | 112 |
| 2.3. Аналіз сфери застосування твердого біопалива і його технологічного забезпечення..... | 132 |
| Висновки до розділу 2..... | 152 |
| СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2..... | 154 |
| РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ..... | 164 |
| 3.1. Концептуальні положення з розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні..... | 164 |

| | |
|--|-----|
| 3.2. Обґрунтування техніко-економічних характеристик промислового комплексу з вирощування біоенергетичних культур та виробництва твердого біопалива..... | 179 |
| 3.3. Оцінка інвестиційної привабливості проєкту із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні..... | 194 |
| Висновки до розділу 3..... | 209 |
| СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3..... | 211 |
| ВИСНОВКИ..... | 216 |
| ДОДАТКИ..... | 220 |

ВСТУП

Актуальність теми. Тріада енергетичних проблем національного господарства (енергетична залежність, низька енергоефективність, висока вуглецеємність) обумовлюють необхідність пошуку нових видів енергетичних продуктів, здатних сприяти комплексному їх вирішенню. Загальносвітовою тенденцією в енергетиці є заміщення традиційних енергоресурсів відновлюваними джерелами енергії, які, з одного боку, зменшують залежність від перших, а з іншого – скорочують викиди шкідливих речовин в атмосферу. Наразі в багатьох країнах біомаса розглядається як перспективна енергетична сировина із нетто-негативними викидами парникових газів.

Україна має амбітні стратегічні цілі щодо розвитку відновлюваних джерел енергії: згідно з Енергетичною стратегією до 2035 р. їх частка в енергобалансі має становити 9 % у 2020 р. та 24 % – у 2035 р. Біопаливо є найвагомим серед цих джерел, частка якого має скласти 4,9 % у 2020 р. та 11,5 % – у 2035 р. Однак наразі означені цілі є важко досяжними: частка відновлюваних джерел енергії у фактичному енергобалансі склала 5,0 % у 2018 р. та 5,7 % – у 2019 р., а біопалива – 3,4 % та 3,8 % відповідно. У цих умовах набуває актуальності науково-прикладне завдання щодо розвитку теоретико-методичних положень і надання практичних рекомендацій щодо обґрунтування економічної доцільності вирощування енергетичних культур і виробництва з них твердого біопалива, вирішення якого покликане підвищити зацікавленість стейкхолдерів до розбудови цього напрямку відновлюваної енергетики.

Дослідження напрямів розвитку енергетики набули особливої актуальності в умовах «зеленого» енергетичного переходу. Наукові проблеми впровадження та використання відновлюваних джерел енергії описано в працях П. Кендрі, М. Роїка, Я. Блюма, І. Григорюка та ін. Перспективи їх упровадження в Україні розглядаються в роботах В. Геєця, М. Кизима, В. Микитенко, Р. Подолця, В. Рудики та ін. Вагомий внесок у розробку теоретичних засад розвитку сфери вирощування

енергетичних культур і виробництва з них біопалива зробили такі вчені, як: Г. Гелетуха, Т. Железна, О. Трибой, М. Гументик, П. Кучерук та ін. У більшості наукових досліджень зосереджено увагу на загальнонаціональних і регіональних особливостях упровадження відновлюваних джерел енергії і визначенні способів їх використання. Водночас питання оцінки економічної доцільності їх упровадження залишається неоднозначним. Зважаючи на це, дисертацію присвячено саме обґрунтуванню економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур як перспективного напрямку розвитку відновлюваної енергетики України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних робіт Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України за темами: «Напрями розвитку паливного сектору економіки України з урахуванням вступу до регіональних інтеграційних об'єднань» (номер держреєстрації 0114U000285, 2014–2016 рр.), у межах якої автором досліджено теоретико-методичні аспекти оцінки енергетичного потенціалу паливних ресурсів та оцінено достатність національного потенціалу для забезпечення енергетичних потреб країни, розроблено структурно-параметричну модель енергетичного циклу органічного палива в Україні та проведено структурний аналіз енергетичного балансу органічного палива в Україні; «Обґрунтування доцільності виробництва і використання біоенергетичних культур в Україні у контексті її низьковуглецевого розвитку» (номер держреєстрації 0120U103351, 2020 р.), у межах якої сформульовано проблеми у сфері розвитку виробництва та використання твердого біопалива для енергозабезпечення національного господарства; обґрунтовано організаційні положення щодо побудови перспективного біоенергетичного циклу країни; розроблено концептуальні положення розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні; розроблено методичні положення з планування техніко-економічних показників промислового комплексу з виробництва твердого біопалива з енергетичних культур; розроблено методичний підхід до оцінки інвестиційної

привабливості виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає у розвитку теоретико-методичних положень і розробці науково-практичних рекомендацій щодо обґрунтування економічної доцільності вирощування енергетичних культур і виробництва з них твердого біопалива в Україні.

Для досягнення поставленої мети було поставлено та вирішено такі завдання:

визначити проблему використання та розвитку твердого біопалива в енергетичному господарстві України;

узагальнити досвід вирощування енергетичних культур, виробництва та використання твердого біопалива;

обґрунтувати концептуальні положення розвитку вирощування енергетичних культур і виробництва з них твердого біопалива;

розробити методичні положення із планування техніко-економічних показників промислового комплексу із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур;

обґрунтувати методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості проєкту виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

Об'єктом дослідження є процес обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

Предметом дослідження є теоретичні та методичні положення та науково-прикладний інструментарій обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

Методи дослідження. Для виконання поставлених у дисертації завдань використано загальнонаукові й емпіричні методи дослідження, а саме: *групування, порівняння та опису* – для визначення складових біоенергетичного циклу із вирощування енергетичних культур, їх перетворення та використання твердого біопалива; *балансовий* – для побудови моделей енергетичних потоків у національному господарстві; *структурного аналізу* – для декомпозиції твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства; *індукції та*

дедукції – для узагальнення нормативно-правового забезпечення розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур; *гіпотетико-дедуктивний* – для формування концептуальних положень розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні; *нормативно-аналоговий* – для визначення техніко-економічних нормативів енергетичних плантацій та заводу із виробництва твердого біопалива; *дисконтування* – для оцінки інвестиційної привабливості проекту із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур; *графічний* – для ілюстрації результатів дослідження.

Інформаційну базу дослідження становлять теоретичні та методичні розробки провідних вітчизняних і зарубіжних учених, законодавчі акти Верховної Ради України, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, Міністерства енергетики України, Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, статистичні й інформаційні дані Державної служби статистики України, Біоенергетичної Асоціації України, International Renewable Energy Agency, British Petroleum, U. S. Energy Information Administration, The Organization of the Petroleum Exporting Countries, Eurostat, нормативної бази Європейської Комісії, Енергетичного співтовариства.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку теоретико-методичних положень щодо обґрунтування економічної доцільності вирощування енергетичних культур і виробництва з них твердого біопалива. Під час дослідження було отримано наукові результати різного ступеня новизни:

удосконалено:

концептуальні положення з розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, що, на відміну від існуючих, є взаємоузгодженими за стадіями біоенергетичного циклу та дозволяють визначити перспективні напрямки зміцнення енергетичної безпеки за рахунок сталого розвитку сільських територій;

науково-аналітичне забезпечення із структурної декомпозиції балансу

твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства, що, на відміну від існуючих, визначає напрямки його забезпечення та використання та забезпечує визначення проблем його розвитку за сферами господарювання;

методичні положення з планування техніко-економічних показників промислового комплексу із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, які, на відміну від існуючих, передбачають п'ять послідовних етапів: 1 – вибір енергетичної культури; 2 – планування виробничих характеристик промислового комплексу; 3 – обґрунтування технологічної схеми вирощування та переробки; 4 – калькулювання поточних витрат господарської діяльності; 5 – планування річних чистих доходів і оптових цін продукції, що дозволяють приймати ґрунтовні управлінські рішення щодо економічної ефективності його функціонування;

одержали подальшого розвитку:

організаційні положення із формування моделі біоенергетичного циклу, які, на відміну від існуючих, узгоджують три його переділи різних видів економічної діяльності: 1 – вирощування енергетичних культур, 2 – виробництво твердого біопалива, 3 – перетворення твердого біопалива, та дозволяють визначити альтернативні напрямки формування;

методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості проєкту із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, що, на відміну від існуючих, передбачає інструментальну оцінку за п'ятьма етапами із визначенням: 1 – графіку робіт промислового комплексу; 2 – інвестицій за переділами; 3 – плану фінансування; 4 – графіку чистих потоків; 5 – графіку поточної вартості, які у сукупності дозволяють приймати інвестиційне рішення щодо економічної доцільності проєкту.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці системи вартісних нормативів, техніко-економічної характеристики й оцінки економічної доцільності закладання енергетичних плантацій та виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур з урахуванням специфічних умов господарювання України. Запропоновані методичні та наукові положення, а також науково-

практичні рекомендації знайшли відображення у практичній діяльності: Відділу проблем науково-технічного і економічного прогресу регіону Північно-Східного наукового центру НАН і МОН України в процесі підготовки науково-дослідних робіт і проектів науково-технічного й економічного розвитку регіонів України (довідка № 01-06/69 від 15.11.2020 р.); Об'єднання промисловців і підприємців Харківської області як інструменти стимулювання розвитку підприємництва в об'єднаних територіальних громадах (довідка № 339/1/2 від 15.09.2020 р.); Громадської організації «Єдиний науково-промисловий союз територіальних громад Харківщини» у процесі стратегічного планування розвитку територіальних громад Харківщини (довідка № 221/3 від 10.11.2020 р.).

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення і практичні результати дисертаційної роботи оприлюднені на восьми міжнародних, всеукраїнських і регіональних науково-практичних конференціях, зокрема: «Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики» (м. Харків, 2013, 2015 рр.), «Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики» (м. Харків, 2013, 2015, 2019, 2020 рр.), «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики» (м. Ялта, 2013 р.), «Актуальні проблеми міжнародних економічних відносин» (м. Харків, 2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 21 наукову працю, серед яких: 3 розділи – у колективних монографіях; 10 статей – у спеціалізованих наукових фахових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз; 8 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях. Загальний обсяг публікацій складає 13,0 ум. друк. арк., з яких авторові належить 6,7 ум. друк. арк.

РОЗДІЛ 1

ЕКОНОМІКО-ПРАВОВІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

1.1 Структурний аналіз енергетичного балансу країни та визначення в ньому місця твердого біопалива

Енергетика справляє вирішальний вплив на стан економіки країни та рівень життя населення. Глобалізація економіки, загострення конкурентної боротьби за енергетичні ресурси на світовому ринку зумовили підвищену увагу з боку як світової спільноти, так і урядів країн до проблеми енергозабезпечення. Ці питання разом із заощадженням й ефективним використанням усіх видів палива та енергії обумовлюють необхідність пошуку і застосування нових джерел енергії та технологій. Якщо донедавна пріоритетним напрямом вирішення енергетичних проблем була диверсифікація енергопостачань, то зараз у міжнародній та вітчизняній практиках спостерігається застосування комплексного підходу до диверсифікації енергетичних продуктів та енергетичних потоків від поставок первинної енергії до її кінцевого споживання. Такий підхід сприяє прозорості руху енергетичних продуктів і потоків.

Оснoву аналізу енергетичних потоків складає балансовий метод, який передбачає складання енергетичних балансів як в межах національного кордону, енергетичного продукту та енергетичного потоку. Складовими енергетичного балансу є визначення первинної енергопропозиції, використання первинних енергоресурсів на перетворення в енергетичному секторі та кінцевого енергоспоживання.

Основними енергетичними проблемами України на сьогодні є дефіцит первинних паливно-енергетичних ресурсів та як наслідок посилення зовнішньої енергетичної залежності. Також значущими проблемами для України в

енергетичній сфері залишаються високі енергоємність та вуглецеємність національної економіки, що свідчить про неефективність енергокористування та відставання України від розвинених країн на шляху декарбонізації.

У таких умовах особливого значення набувають відновлювані джерела енергії, які можуть сприяти вирішенню кожної із перелічених трьох проблем. Основний акцент у розбудові відновлюваних джерел енергії робиться на негарантованих їх видах (сонячній та вітровій енергії), тоді як органічні види (біопаливо) залишаються на другорядному плані. У той же час саме останні здатні стати джерелом самостійного гарантованого забезпечення різних видів енергетичних потреб. Вищезазначене обумовлює необхідність дослідження біопалива як перспективного джерела енергозабезпечення майбутнього. Основна увага в роботі приділена твердому біопаливу, яке здатне замінити спалювання шкідливих викопних органічних видів енергоресурсів, (вугілля, сланців тощо).

Опираючись на балансовий метод, у роботі пропонується науково-аналітичне забезпечення із структурної декомпозиції твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства, модель якого наведена на рис. 1.1.

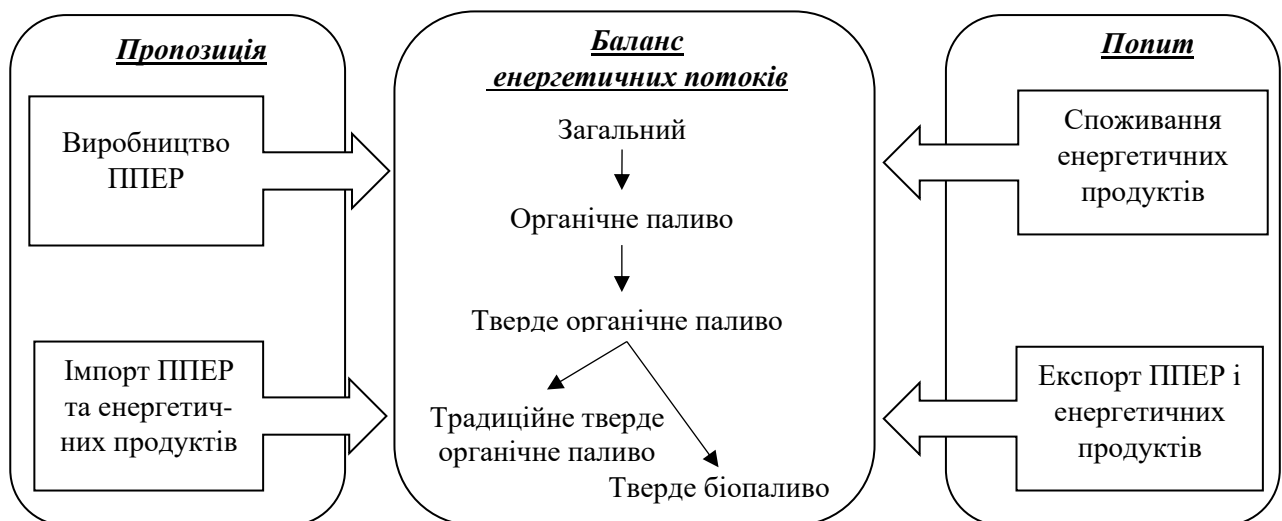


Рис. 1.1. Аналітична модель структурної декомпозиції балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства

Джерело: авторська розробка

Використання представленої на рис. 1.1 моделі дозволить визначати ступінь проникнення твердого біопалива за сферами господарювання та напрямки його забезпечення та використання.

На першому етапі декомпозиції необхідно провести аналіз енергетичних потоків на загальному рівні, визначити джерела забезпечення та напрямки розподілу енергетичних потреб.

У табл. 1.1 представлена динаміка енергетичних потреб та джерел їх забезпечення України у 2000–2018 рр.

Таблиця 1.1

**Динаміка енергетичних потреб та джерел їх забезпечення України у
2000–2018 рр., тис. т н.е.**

| Показник | Рік | | | | | | | | Темп приросту, % | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|----------------|----------------|
| | 2000 | 2005 | 2010 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2018 – 2000 | 2018 – 2010 | 2018 – 2015 |
| Виробництво | 76235 | 78929 | 78712 | 76928 | 61614 | 66323 | 58863 | 60883 | -20,1 | -22,7 | -1,2 |
| Імпорт | 64876 | 72340 | 51260 | 34437 | 31575 | 29152 | 35145 | 33847 | -47,8 | -34,0 | 7,2 |
| Експорт | 7242 | 12589 | 9278 | 6967 | 1447 | 1427 | 1944 | 1464 | -79,8 | -84,2 | 1,2 |
| Зміна запасів | - | 2549 | 11888 | 1417 | -1529 | 492 | -2351 | 526 | - | -95,6 | -134,4 |
| Перетворення енергетичним сектором | 61067 | 57939 | 58304 | 44223 | 39259 | 42734 | 39551 | 42034 | -31,2 | -27,9 | 7,1 |
| Кінцеве споживання | 72534 | 82916 | 74004 | 61460 | 50831 | 51649 | 49911 | 51458 | -29,1 | -30,5 | 1,2 |

Джерело: складено за матеріалами [1–6]

Із даних табл. 1.1 видно, в 2018 р. порівняно з 2000 р. та 2010 р. спостерігалось зниження темпів приросту за всіма показниками. Тоді як порівняно з 2015 р. зниження спостерігалось за такими показниками як виробництво (-1,2 %) та зміна запасів (-134,4 %), а зростання показників відбулося за показниками: імпорту (+7,2 %), експорту (+1,2 %), перетворення енергосектором (+7,1 %) та кінцевого споживання (+1,2 %).

На рис. 1.2 представлено загальний енергетичний потік України у 2018 р.

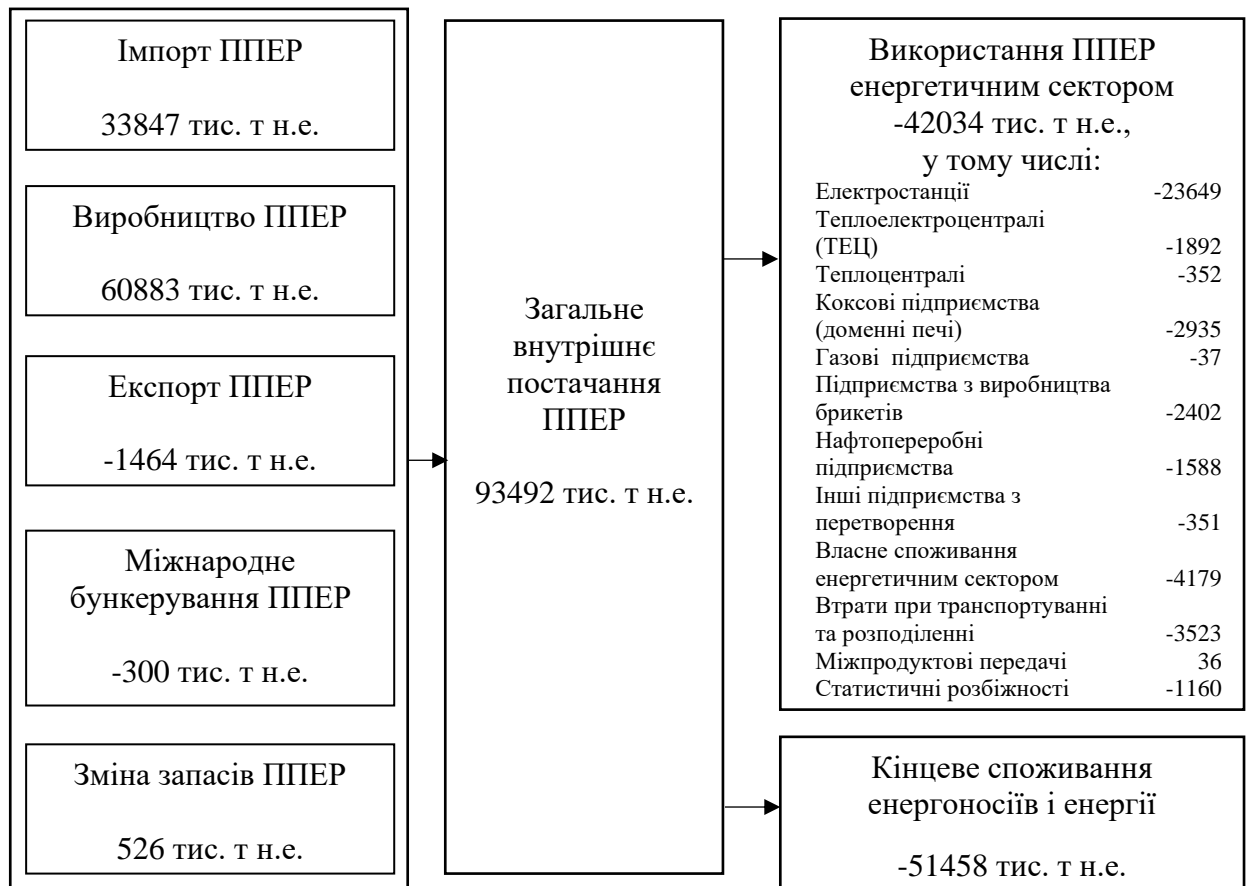


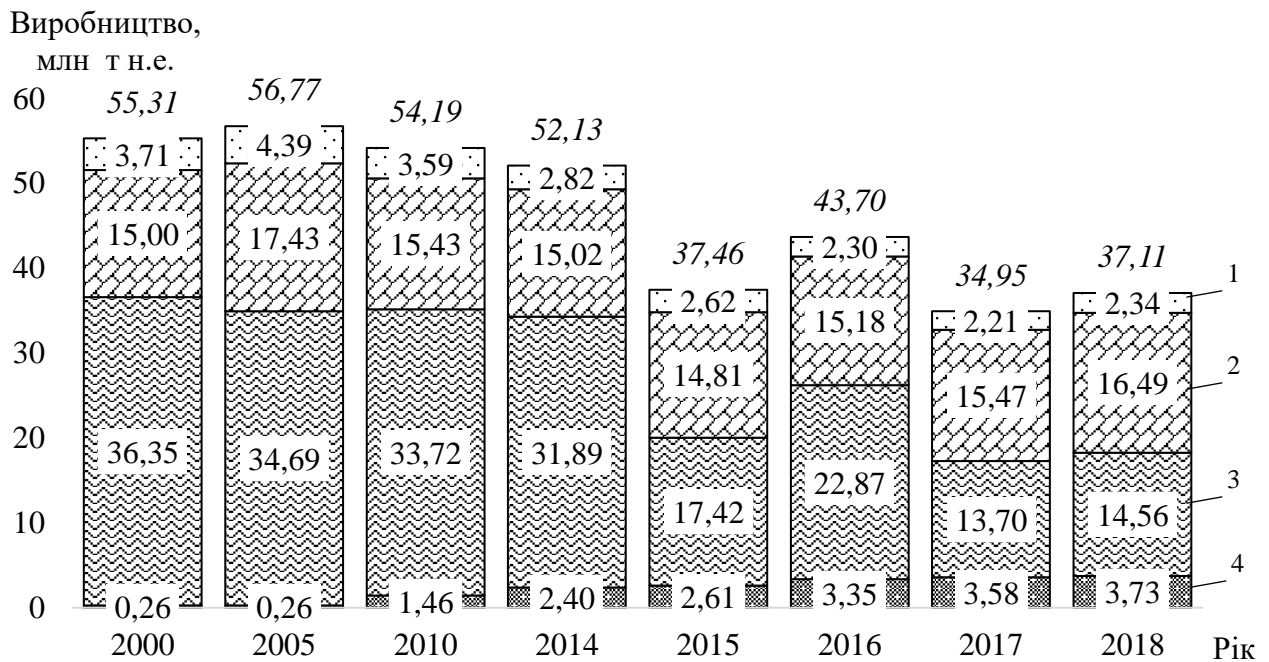
Рис. 1.2. Загальний енергетичний потік України у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–6]

Як видно з рис. 1.2, що у 2018 р. загальна внутрішня енергопропозиція склала 93492 тис. т н.е., основою формування якої було власне виробництво – 60883 тис. т н.е. (65,1 %), тоді як частки імпорту та експорту в її структурі дорівнювали 36,2 % та 1,6 % відповідно. Щодо споживання, то енергетичним сектором було спожито 45 %, а кінцевими споживачами – 55 %. Найкрупнішими споживачами в енергетичному секторі були електростанції – 25 %, а в секторі кінцевого споживання – побутові споживачі – 18 % від загальної енергопропозиції.

На другому етапі аналізуються енергетичні потоки за органічним паливом, складовою яких є і біопаливо.

На рис. 1.3 представлена динаміка виробництва органічного палива в Україні за видами.



Умовні позначення: 1 – нафта та газовий конденсат; 2 – природний газ; 3 – вугілля; 4 – біопаливо та відходи

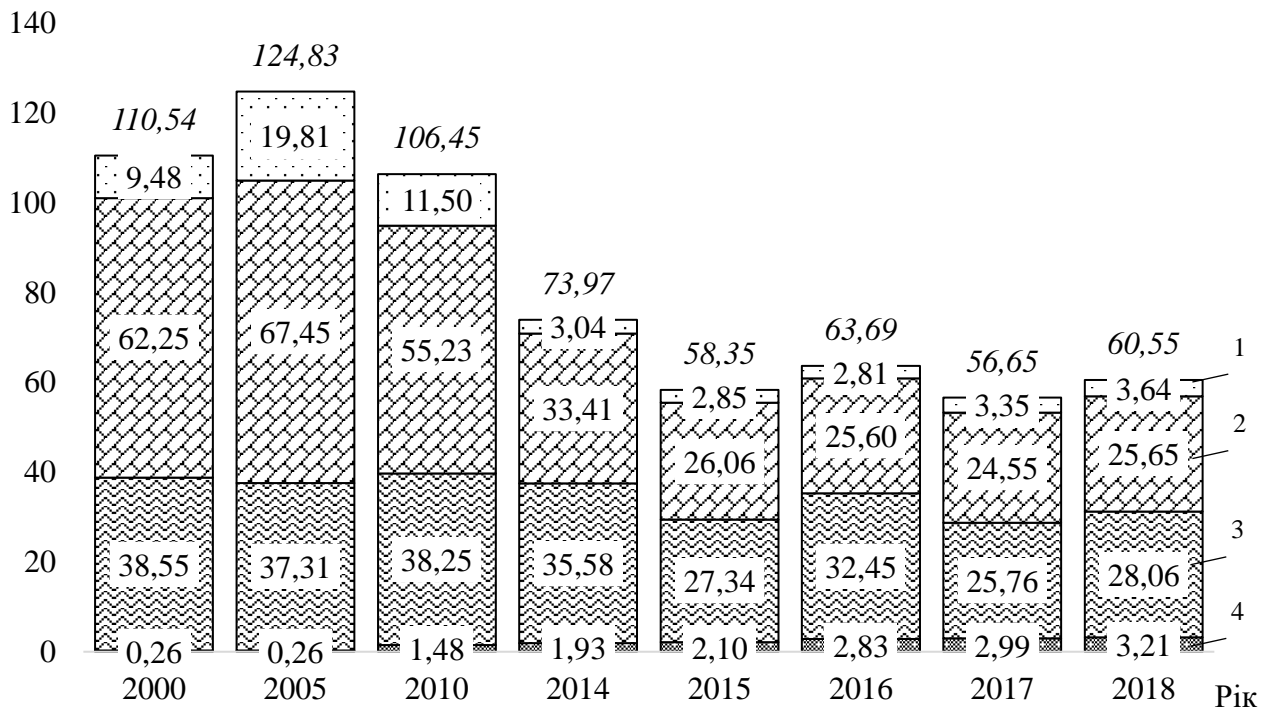
Рис. 1.3. Динаміка виробництва органічного палива в Україні в 2000–2018 рр.

Джерело: складено за матеріалами [1–13]

Рис. 1.3 свідчить, що у 2000 – 2018 рр. динаміка виробництва органічного палива демонструвала тенденцію до зниження. Відносно 2000 р. обсяги виробництва впали на 32,9 %, відносно 2010 р. – на 31,5 %, відносно 2015 р. – на 0,93 %. За видами палива можна визначити такі тенденції: обсяги виробництва вугілля та нафти зменшилися на 60 % та 37 % відповідно, тоді як обсяги виробництва природного газу та біопалива та відходів зросли на 10 % та 93 % відповідно порівняно із 2000 р. Основним видом органічного палива в енергетичному еквіваленті, що вироблялося в Україні, був природний газ, його частка в 2018 р. склала 44,4 %, на другому місці за видобутком розташувалося вугілля із часткою 39,2 %, частка біопалива та відходів склала 10 %, а частка нафти та газового конденсату – 6,3 %.

На рис. 1.4 представлена динаміка використання органічного палива в Україні за видами.

Використання,
млн т н.е.



Умовні позначення: 1 – нафта та газовий конденсат; 2 – природний газ; 3 – вугілля; 4 – біопаливо та відходи

Рис. 1.4. Динаміка використання органічного палива в Україні у 2000–2018 рр.

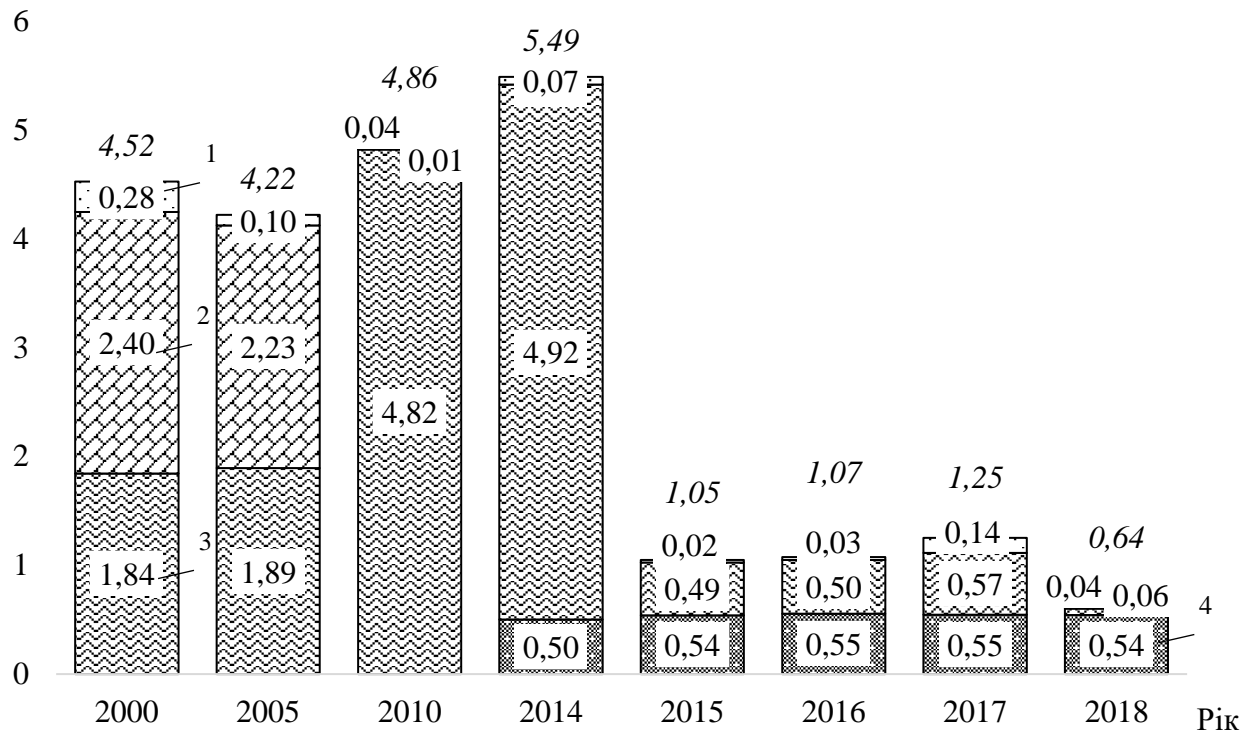
Джерело: складено за матеріалами [1–13]

Із рис. 1.4 видно, що динаміка використання органічного палива в Україні також демонструвала тенденцію до зниження. Відзначалося зменшення обсягів використання за всіма видами органічного палива, окрім біопалива та відходів. Відносно 2000 р. обсяги споживання впали на 45,2 %, відносно 2010 р. – на 43,1 %. За видами палива можна визначити такі тенденції: обсяги використання зменшилися на 27,2 % та 58,8 %, 61,6 % для вугілля, природного газу та нафти відповідно, але збільшилися на 91,9 % для біопалива та відходів порівняно із 2000 р. Основним видом органічного палива, що використовувалося в Україні в 2018 р. стало вугілля, тоді як в 2000 р. був природний газ. У 2000 р. структура використання органічного палива виглядала наступним чином: природний газ – 56,3 %, вугілля – 34,9 %, нафта і газовий конденсат – 8,6 %, біопаливо та відходи

– 0,24 %. У 2018 р. структура змінилася: природний газ – 42,4 %, вугілля – 46,3 %, нафта і газовий конденсат – 6,0 % та біопаливо та відходи – 5,3 %.

Динаміка експорту органічного палива в Україні у 2000–2018 рр. представлена на рис. 1.5.

Експорт,
млн т н.е.



Умовні позначення: 1 – нафта та газовий конденсат; 2 – природний газ; 3 – вугілля; 4 – біопаливо та відходи

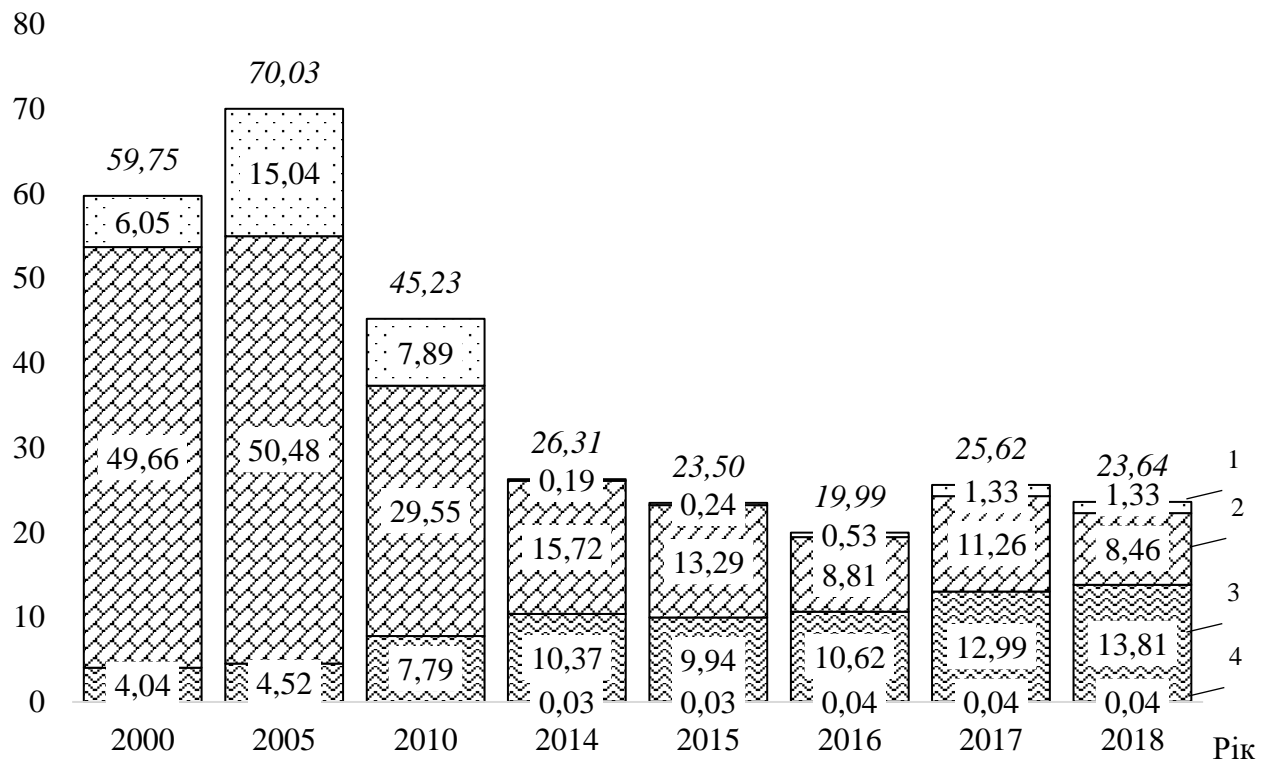
Рис. 1.5. Динаміка експорту органічного палива з України в 2000–2018 рр.

Джерело: складено за матеріалами [1–14]

Динаміка експорту органічного палива з України демонструвала розворотний тренд. До 2014 р. спостерігалось зростання, а з 2014 р. різкий спад обсягів експорту. Загальний обсяг експорту органічного палива з України в 2018 р. склав лише 0,64 млн т. н.е.

Динаміка імпорту органічного палива в Україні у 2000–2018 рр. представлена на рис. 1.6.

Імпорт,
млн т н.е.



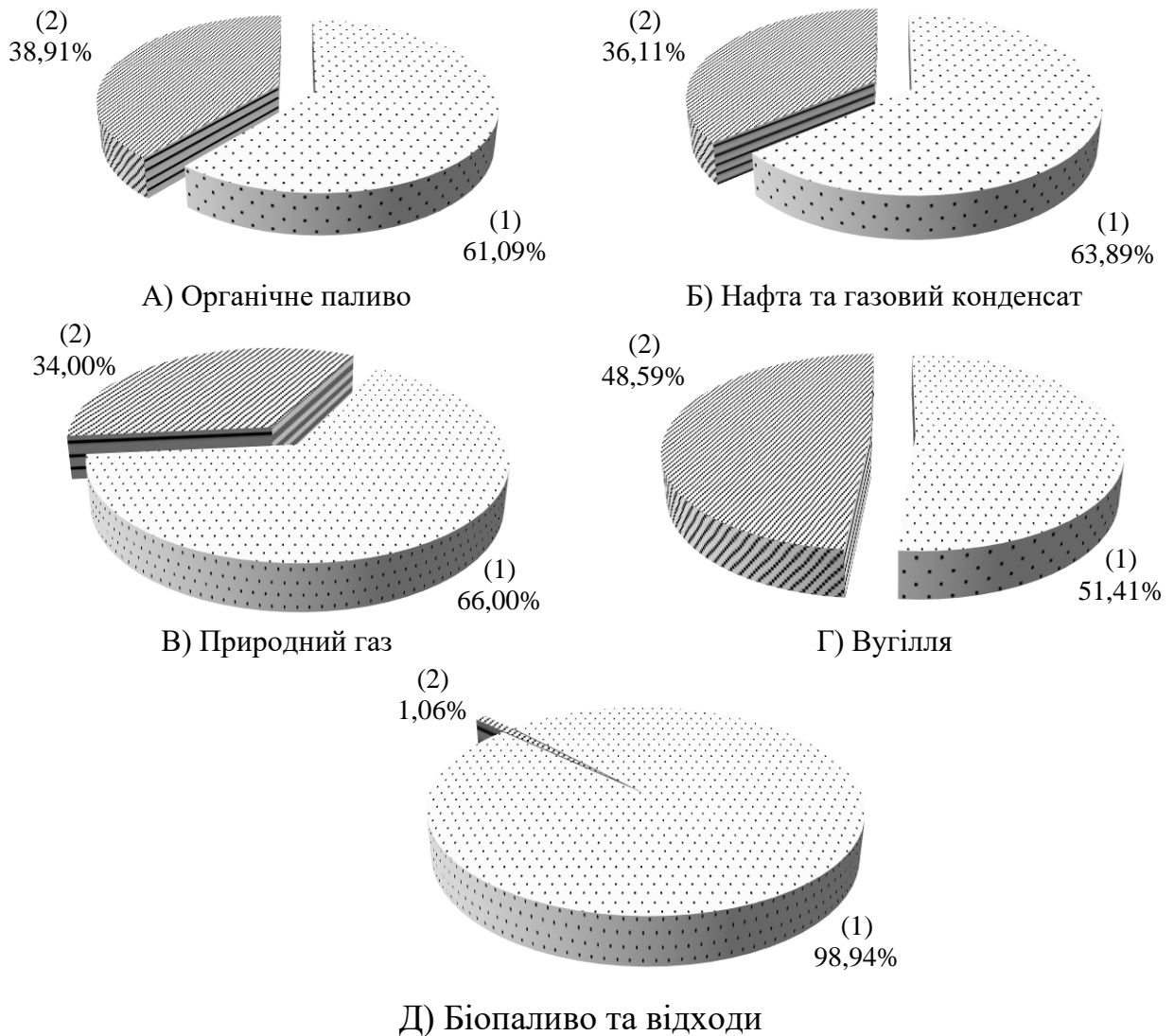
Умовні позначення: 1 – нафта та газовий конденсат; 2 – природний газ; 3 – вугілля; 4 – біопаливо та відходи

Рис. 1.6. Динаміка імпорту органічного палива в Україну в 2000–2018 рр.

Джерело: складено за матеріалами [1–14]

Динаміка імпорту органічного палива України мала сталу тенденцію до зниження. У період з 2000 р. по 2005 р. відзначалося зростання обсягів імпорту органічного палива. В 2018 р. обсяг імпорту органічного палива України склав 25,62 млн т н.е., з яких 50,7 % приходилося на вугілля, яке було основним імпортованим видом органічного палива, тоді як в 2000 р. частка імпорту вугілля складала лише 6,8 %. Загалом, за період, що аналізується, спостерігалось зменшення імпорту нафти і газового конденсату та природного газу та збільшення обсягів імпорту вугілля, біопалива та відходів.

На рис. 1.7 представлено структуру поставок органічного палива в Україні.



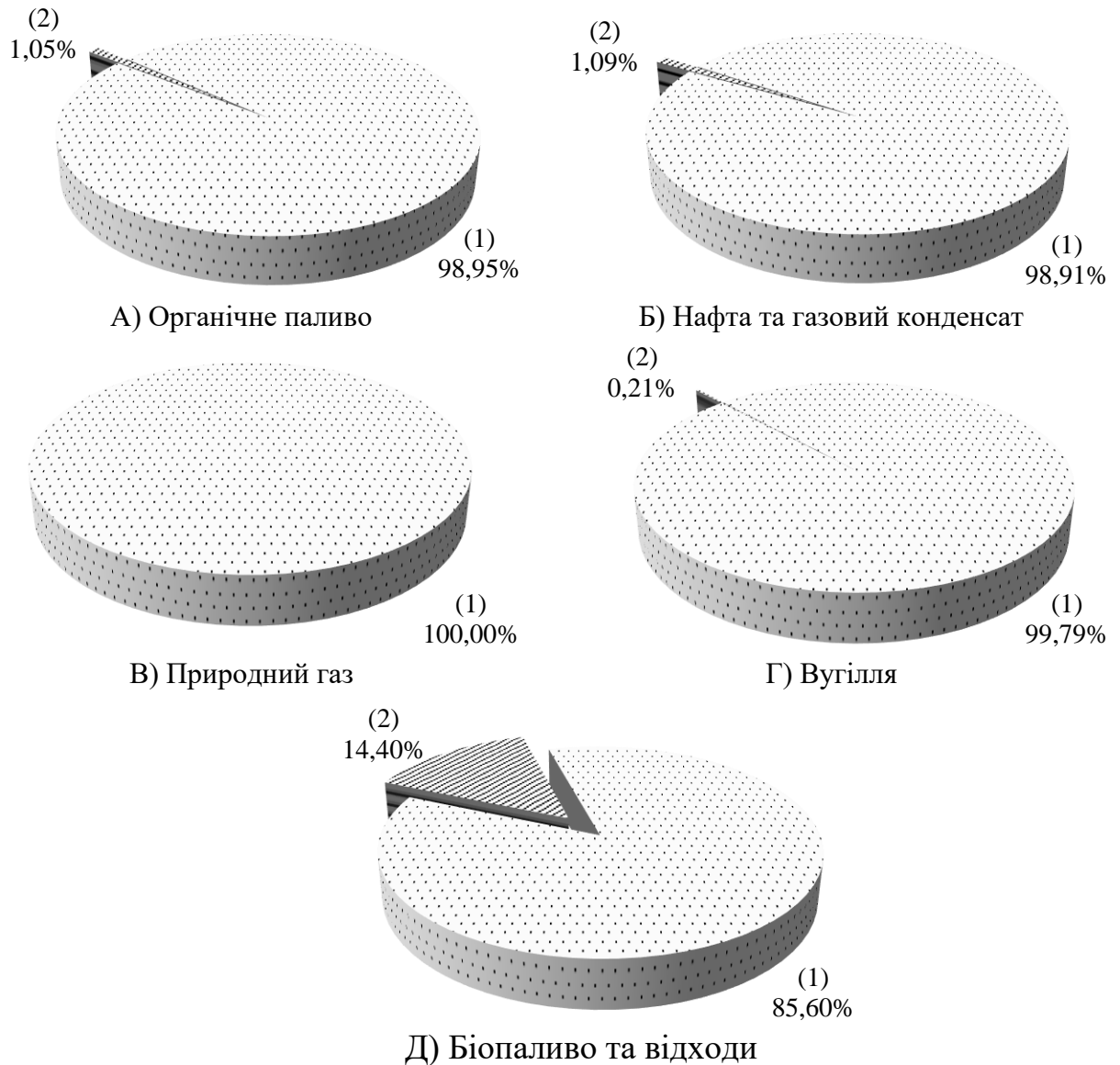
Умовні позначення: 1 – власне виробництво; 2 – імпорт

Рис. 1.7. Структура поставок органічного палива в Україні за видами в 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–14]

Структура поставок органічного палива в Україні у 2018 р. мала наступну структуру: власне виробництво – 61,1 %, імпорт – 38,9 %. Структура поставок органічного палива за видами в 2018 р.: нафти та газового конденсату: власне виробництво – 63,89 %, імпорт – 36,11 %; природного газу: власне виробництво – 66,0 %, імпорт – 34,0 %; вугілля: власне виробництво – 51,41 %, імпорт – 48,59 % та біопалива та відходів: власне виробництво – 98,9 %, імпорт – 1,1 %.

На рис. 1.8 представлена структура використання органічного палива в Україні за видами.



Умовні позначення: 1 – використання; 2 – експорт

Рис. 1.8. Структура використання органічного палива в Україні за видами в 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–14]

Структура використання органічного палива в Україні в 2018 р. виглядала наступним чином: використання – 98,95 %, експорт – 1,05 %. Структура поставок органічного палива за видами в 2018 р.: нафти та газового конденсату: використання – 38,31 %, експорт – 1,09 %; природного газу: використання – 100 %, експорт – 0 %; вугілля: використання – 99,79 %, експорт – 0,21 % та біопалива та відходів: використання – 85,6 %, експорт – 14,4 %.

На рис. 1.9 представлено енергетичний потік органічного палива України.

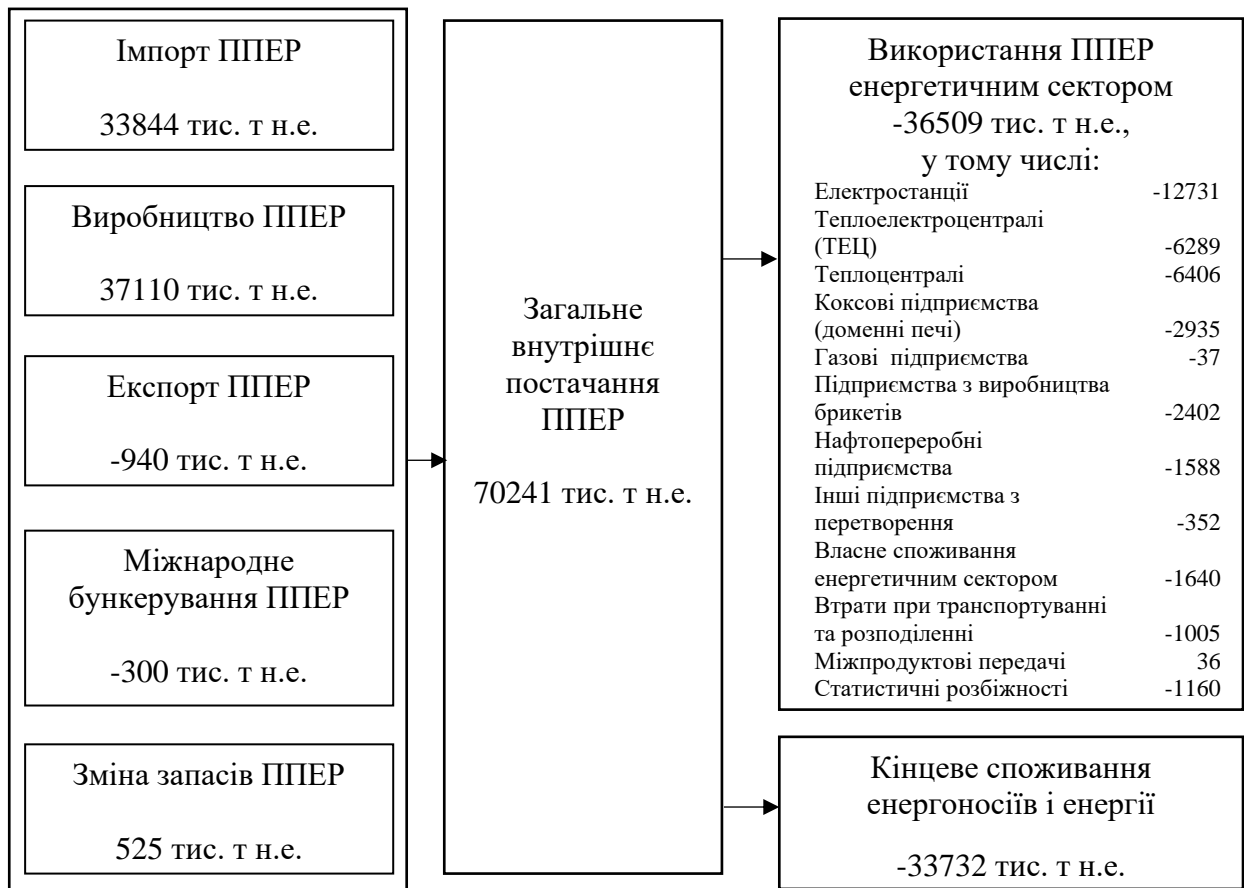


Рис. 1.9. Енергетичний потік органічного палива України у 2018 р.

Джерело: розроблено автором на основі [1–6]

Із рис. 1.9 видно, що у структурі загальної пропозиції органічного палива України в 2018 р. був майже рівномірний розподіл власних та імпортних джерел енергозабезпечення: власне виробництво – 37110 тис. т н. е. (52,3 %), імпорт – 33844 тис. т н. е. (47,7 %). Щодо споживання, поставленого органічного палива, то енергетичним сектором було спожито 52 %, а кінцевими споживачами – 48 %. Найбільше в енергетичному секторі органічного палива було спожито електростанціями – 12731 тис. т н.е. та теплоцентралями – 6406 тис. т н.е.

Таким чином на етапі аналізу енергетичних потоків за органічним паливом можна зробити наступні висновки. Хоча основним джерелом енергозабезпечення було власне виробництво, але існував гострий ресурсний та виробничий дефіцит вуглеводнів, причиною такої ситуації стала структурна невідповідність використання палива енергетичному потенціалу. Тому мала

місце висока імпортна залежність ключових видів органічного палива – вугілля, нафти та природного газу. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є заміщення імпортованих обсягів органічного палива на біопаливо, отримане шляхом вирощування енергетичних культур.

На третьому етапі відбувається аналіз енергетичних потоків твердого органічного палива, який включає структурний аналіз твердого традиційного палива та твердого біопалива. До твердого палива буде віднесено традиційне тверде паливо (вугілля, торф, брикети, ін.) та тверде біопаливо.

На рис. 1.10 представлено енергетичний потік твердого палива України, тоді як на рис. 1.11 і рис. 1.12 представлено результати його декомпозиції за твердим традиційним паливом та твердим біопаливом.



Рис. 1.10. Загальний енергетичний потік твердого органічного палива в Україні у 2018 р.

Джерело: розроблено автором на основі [1–5, 15–16]

Виходячи з рис. 1.10, основною складовою формування загальної пропозиції твердого палива в Україні в 2018 р. було власне виробництво –

18231,19 тис. т н.е. (56,9 %). Частка імпорту в структурі пропозиції твердого палива на українському ринку відповідно склала 43,1 %. Загальне внутрішнє постачання твердого палива склало 31307,1 тис. т н.е. Щодо споживання, поставленого твердого палива, то енергетичним сектором було спожито 73,5 %, а кінцевими споживачами – 26,5 %. Найбільше в енергетичному секторі твердого палива було спожито електростанціями – 12386,2 тис. т н.е. та коксовими підприємствами (доменними печами) – 5302,8 тис. т н.е.

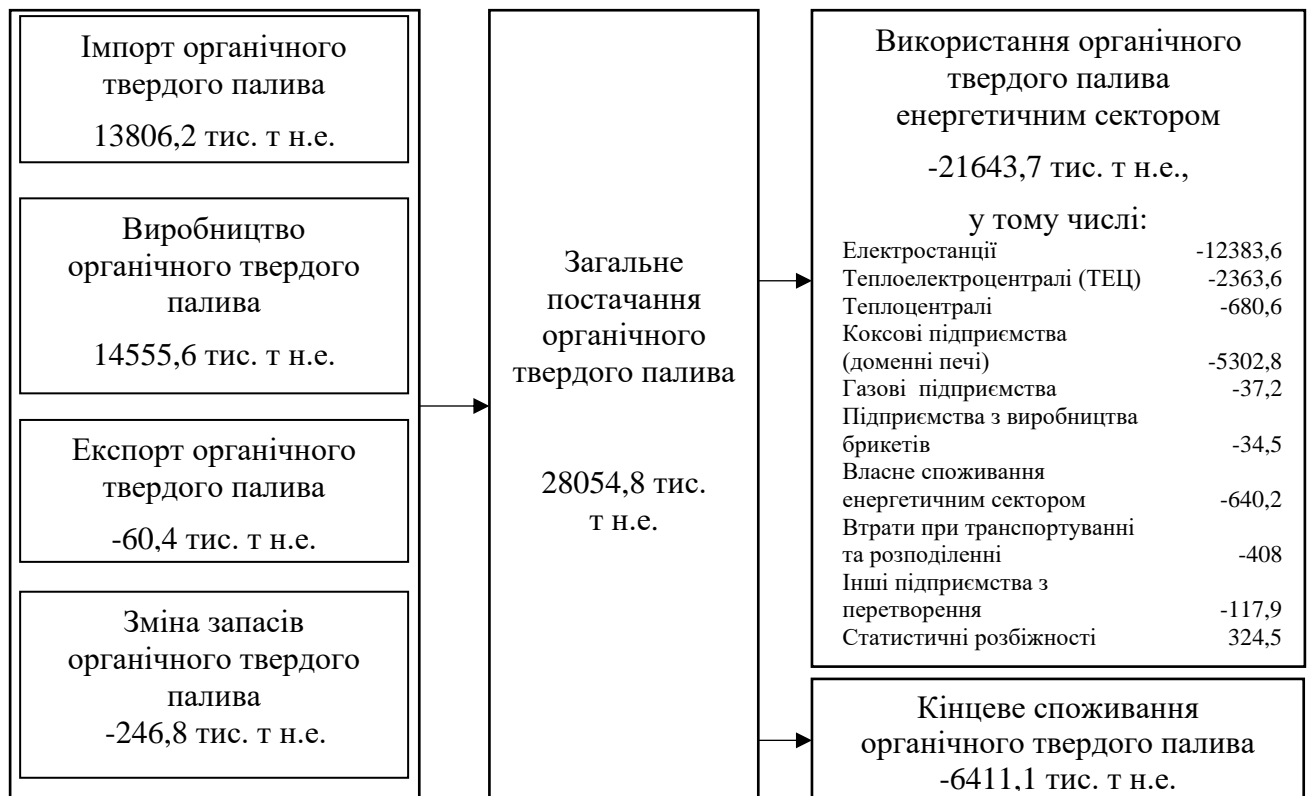


Рис. 1.11. Енергетичний потік твердого традиційного палива України у 2018 р.

Джерело: розроблено автором на основі [1–5, 15–16]

Із рис. 1.11 видно, що пропозиція на українському ринку твердого традиційного палива формувалася наступним чином: частка власного виробництва – 51,3 %, а частка імпорту – 48,7 %. Загальне внутрішнє постачання традиційного твердого палива склало 28054,8 тис. т н.е., з яких 77,1 % було спожито енергетичним сектором і лише 22,9 % кінцевими споживачами. Найбільше в енергетичному секторі твердого традиційного палива було спожито

електростанціями – 12386,2 тис. т н.е. та коксовими підприємствами (доменними печами) – 5302,8 тис. т н.е.

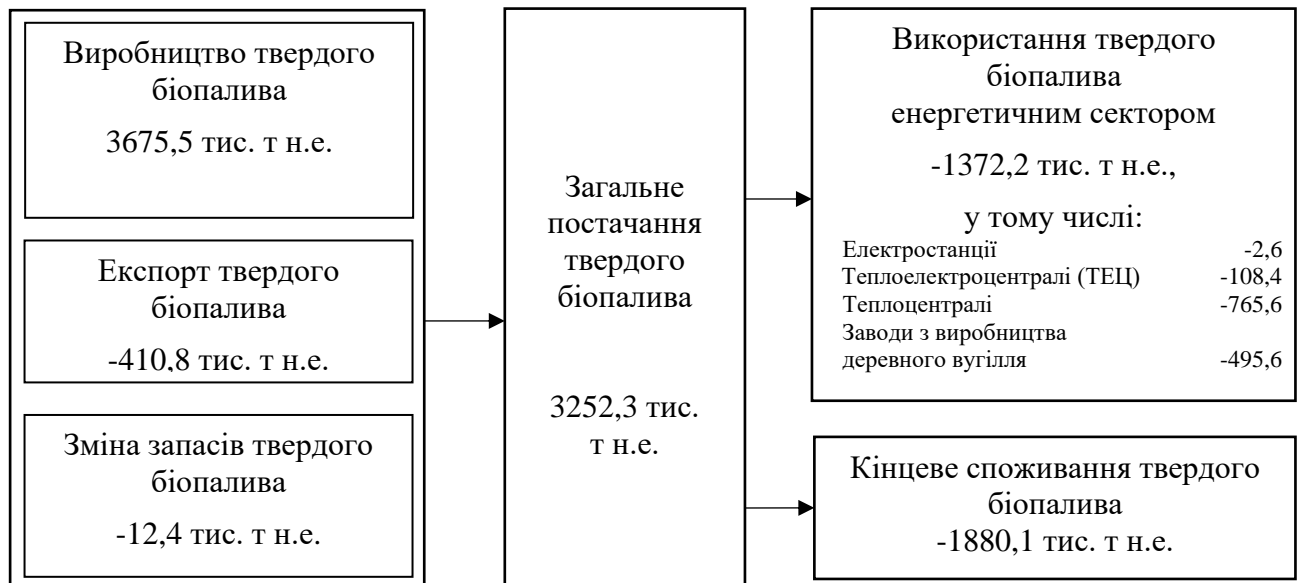


Рис. 1.12. Енергетичний потік твердого біопалива України у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із рис. 1.12 видно, що в енергетичному потоку твердого біопалива України спостерігалася ситуація, коли кінцеве споживання перевищувало використання твердого біопалива енергетичним сектором. Пропозиція на ринку твердого біопалива України формувалася за рахунок власного виробництва. Що стосується загального постачання твердого біопалива, то в 2018 р. воно склало 3252,3 тис. т н.е., з яких 57,8 % було споживано кінцевими споживачами та 42,2 % енергетичним сектором Основним споживачами твердого біопалива в енергетичному секторі були теплоцентралі – 765,6 тис. т н.е. та заводи з виробництва деревного вугілля – 495,6 тис. т н.е.

Дані, що характеризують кінцеве споживання твердого палива в Україні, представлені в табл. 1.2 та на рис. 1.13 – 1.14.

Виходячи із даних табл. 1.2, найбільший обсяг твердого палива, а саме 61,9 %, споживала промисловість. Інші кінцеві споживачі розташувалася на другому місці, споживши 31,7 % твердого палива. Третю позицію в кінцевому

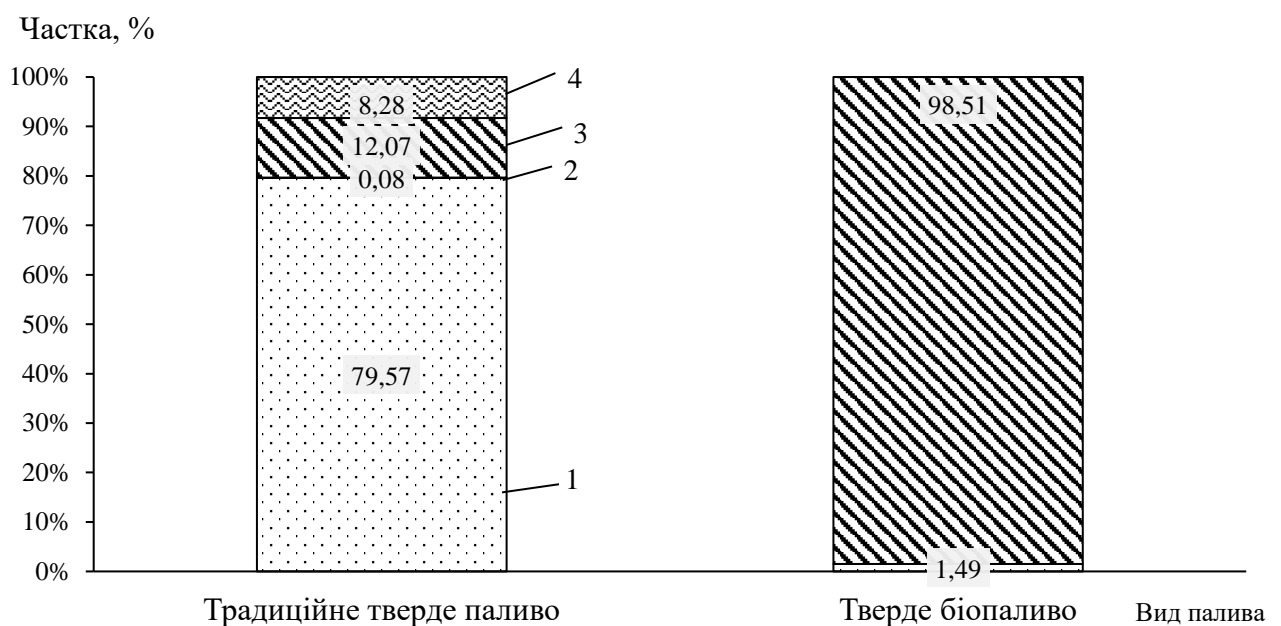
споживанні твердого палива займало неенергетичне використання – 6,4 %. Найменше, а саме 0,06 % твердого палива використано транспортом. Щодо структури кінцевого споживання традиційного твердого палива, то частка промисловості в 2018 р. склала 79,57 %, інших кінцевих споживачів – 12,07 %, неенергетичного використання – 8,28 % та транспорту – 0,08 %.

Таблиця 1.2

Кінцеве споживання твердого палива в Україні у 2018 р., тис. т н.е.

| Галузь або призначення | Вид палива | | |
|----------------------------|--------------------------|------------------|---------|
| | Традиційне тверде паливо | Тверде біопаливо | Загалом |
| Промисловість | 5101,2 | 28,1 | 5129,3 |
| Транспорт | 5,3 | - | 5,3 |
| Інші | 773,9 | 1852 | 2625,9 |
| Неенергетичне використання | 530,7 | - | 530,7 |
| Усього | 6411,1 | 1880,1 | 8291,2 |

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

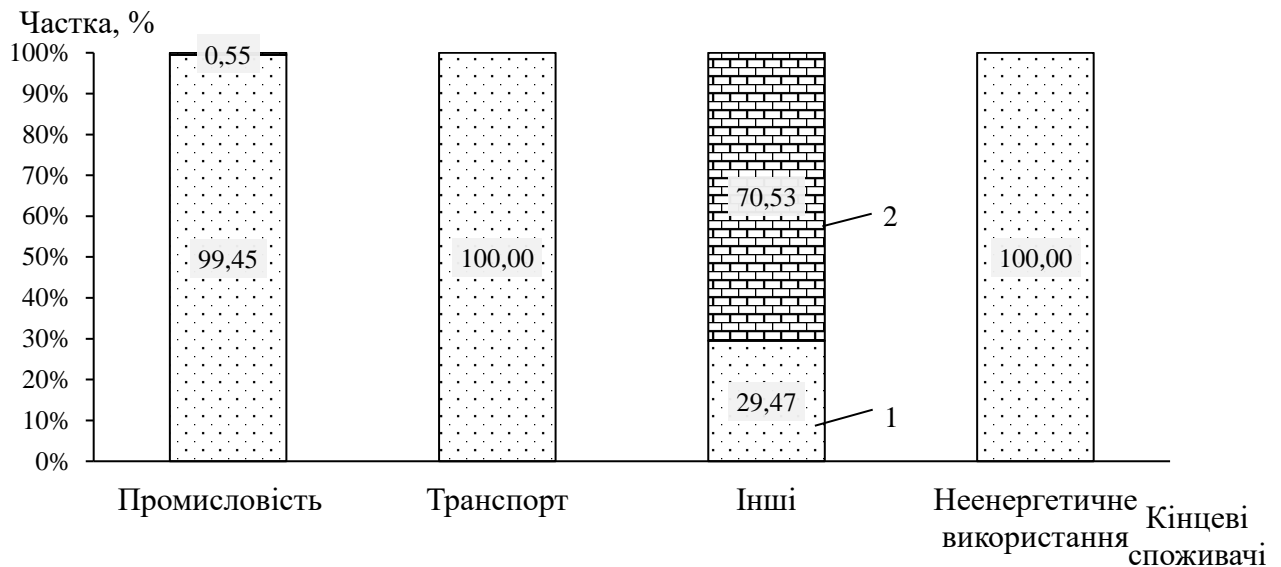


Умовні позначення: 1 – промисловість; 2 – транспорт; 3 – інші; 4 – неенергетичне використання

Рис. 1.13. Структура кінцевого споживання твердого палива за групами споживачів в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Структура кінцевого споживання твердого біопалива в 2018 р. мала наступний вигляд: промисловість – 1,49 %, інші кінцеві споживачі – 98,51 %.



Умовні позначення: 1 – традиційне тверде паливо; 2 – тверде біопаливо

Рис. 1.14. Структура кінцевого споживання основними групами споживачів твердого палива в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Основним видом твердого палива, що використовувався в промисловості в 2018 р., стало традиційне тверде паливо, його частка склала 99,45 %, частка твердого біопалива – 0,55 %. Інші кінцеві споживачі в 2018 р. споживали в основному тверде біопаливо, його частка склала 70,53 %, відповідно частка традиційного твердого палива дорівнювала 29,47 %. У структурах споживання твердого палива за видами в транспортному секторі та в сфері неенергетичного використання в 2018 р. всі 100 % прийшлися на традиційне тверде паливо (рис. 1.14).

У табл. 1.3 та на рис. 1.15 – 1.16 представлено кінцеве споживання основних видів твердого палива в промисловості.

Із табл. 1.3 видно, що загалом всі види промисловості в 2018 р. спожили 5129,35 тис. т н.е. твердого палива. Найбільше твердого палива в 2018 р. серед видів промислової діяльності спожила чорна та кольорова металургія – 4417,77 тис. т н.е. Гірничовидобувна промисловість та виробництво неметалічних мінеральних продуктів разом розташувалися на другому місці із обсягом споживання 648,75 тис. т н.е. Найменше серед видів промисловості в 2018 р.

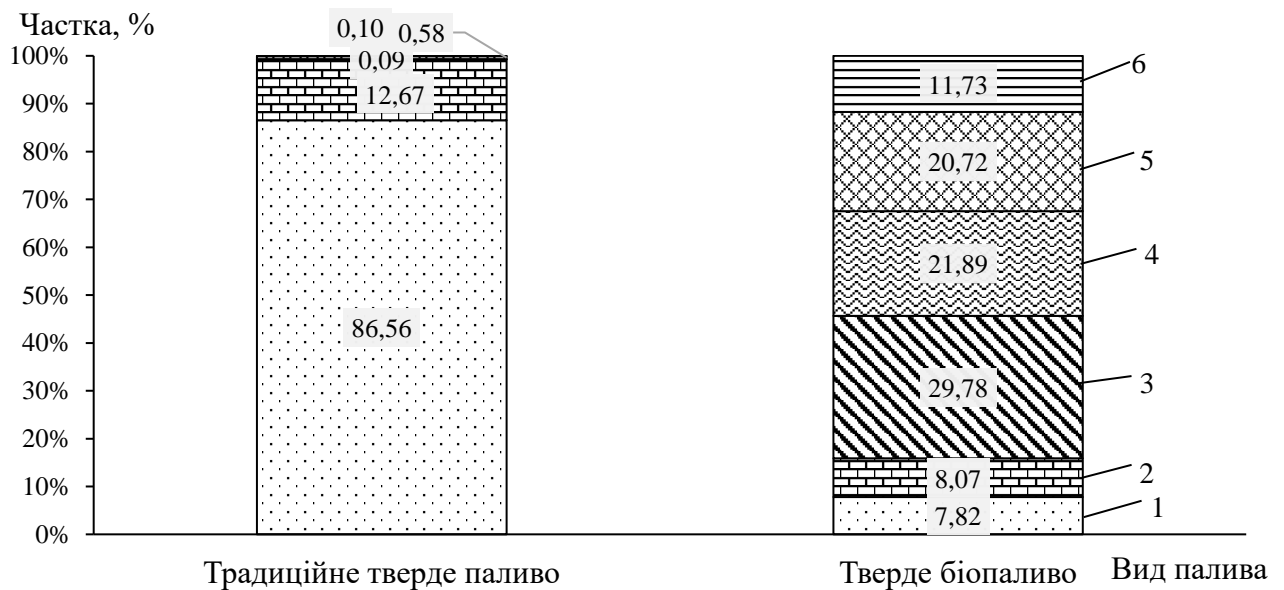
твердого палива було спожито деревообробною промисловістю – 5,83 тис. т н.е.

Таблиця 1.3

**Кінцеве споживання основних видів твердого палива в промисловості
України у 2018 р., тис. т н.е.**

| Промисловість | Вид палива | | |
|--|--------------------------|------------------|---------|
| | Традиційне тверде паливо | Тверде біопаливо | Загалом |
| Всього | 5101,20 | 28,14 | 5129,35 |
| у тому числі: | | | |
| чорна і кольорова металургія | 4415,57 | 2,20 | 4417,77 |
| гірничовидобувна (за виключенням палива) та виробництво неметалічних мінеральних продуктів | 646,48 | 2,27 | 648,75 |
| машинобудування | 4,55 | 8,38 | 12,93 |
| харчова та тютюнова | 29,76 | 6,16 | 35,92 |
| деревообробна та вироби з деревини | 0 | 5,83 | 5,83 |
| Інші види промисловості | 4,85 | 3,30 | 8,15 |

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]



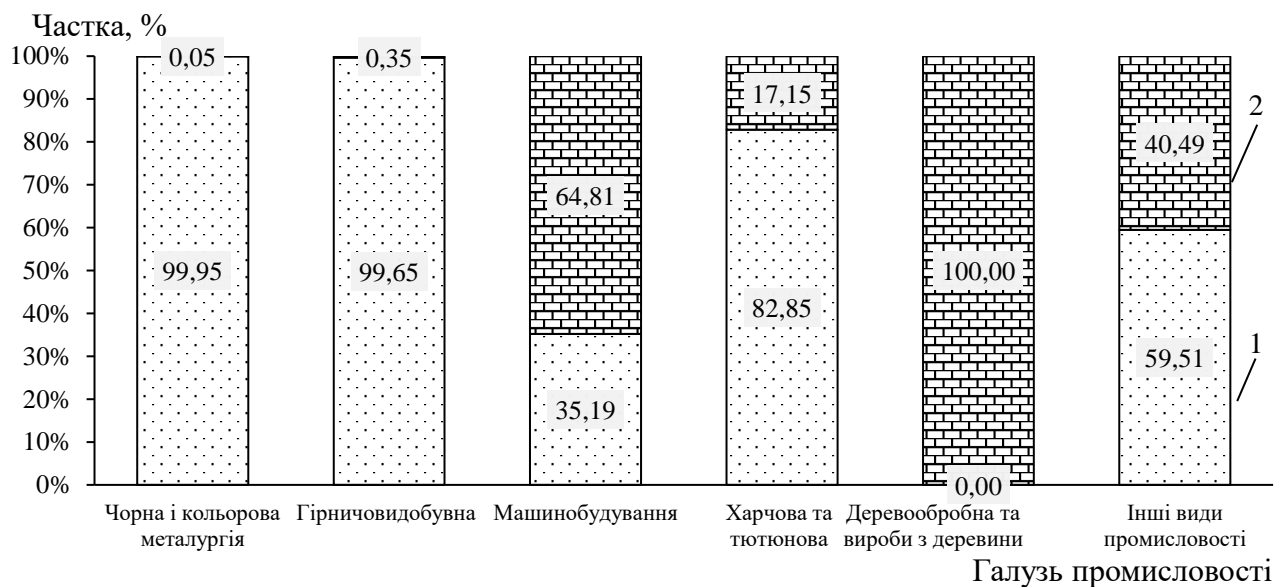
Умовні позначення: 1 – чорна та кольорова металургія; 2 – гірничовидобувна (за виключенням палива) та виробництво неметалічних мінеральних продуктів; 3 – машинобудування; 4 – харчова та тютюнова; 5 – деревообробна та вироби з деревини; 6 – інші види промисловості

Рис. 1.15. Структура кінцевого споживання твердого палива за видами в промисловості у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із рис. 1.15 видно, в структурі кінцевого споживання традиційного твердого палива за видами промисловості основна частка припадала на: чорну та кольорову металургію – 86,6 %, гірничовидобувну (за виключенням палива) та виробництво неметалічних мінеральних продуктів – 12,7 %, харчову та тютюнову – 0,58 %, машинобудування – 0,09 %, та інші – 0,1 %. Тверде біопаливо споживалося всіма видами промисловості, а саме в: машинобудуванні – 29,8 %, харчовій та тютюновій – 21,9 %, деревообробній та виробках з деревини – 20,7 %, гірничовидобувній (за виключенням палива) та виробництва неметалічних мінеральних продуктів – 8,1 %, чорній та кольоровій металургії – 7,8 % та в інших видах – 11,7 %.

На рис. 1.16 наведено структуру кінцевого споживання твердого палива за видами промисловості.



Умовні позначення: 1 – традиційне тверде паливо; 2 – тверде біопаливо

Рис. 1.16. Структура кінцевого споживання видами промисловості твердого палива в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

У 2018 р. структура кінцевого споживання твердого палива чорною та кольоровою металургією мала наступний вигляд: традиційне тверде паливо – 99,95 %, тверде біопаливо – 0,05 %. Основним видом твердого палива в структурі кінцевого споживання гірничовидобувної промисловості в 2018 р. стало

традиційне тверде паливо із часткою 99,65 %, частка твердого біопалива склала лише 0,35 %. В структурі кінцевого споживання в машинобудівній промисловості 64,81 % прийшлося на тверде біопаливо та 35,19 % на традиційне тверде паливо. В 2018 р. тверде біопаливо було основним видом твердого палива, яке споживалося в деревообробній промисловості, його частка склала 100 %. У харчовій та тютюновій промисловості 82,85 % в структурі споживання твердого палива склало традиційне тверде паливо та 17,15 % тверде біопаливо. Структура кінцевого споживання твердого палива в інших видах промисловості наступна: традиційне тверде паливо – 59,51 %, тверде біопаливо – 40,49 %.

Дані, що характеризують кінцеве споживання твердого палива в транспортному секторі, наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

**Кінцеве споживання твердого палива в транспортному секторі
України у 2018 р.**

| Транспортний сектор | Обсяг кінцевого споживання, тис. т н е | | |
|----------------------|--|---------------------|---------|
| | Традиційне тверде паливо | Тверде біопаливо | Загалом |
| Всього | 5,26 | - | 5,26 |
| у тому числі: | | | |
| залізничний | 4,73 | - | 4,73 |
| інші види транспорту | 0,53 | - | 0,53 |

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із табл. 1.4 видно, що загалом транспортним сектором в 2018 р. було спожито 5,26 тис. т н.е. твердого палива. Тверде біопаливо в цьому секторі не використовувалося. Основним споживачем твердого палива серед видів транспорту в 2018 р. був залізничний транспорт, який спожив – 4,73 тис. т. н.е. (89,9 %).

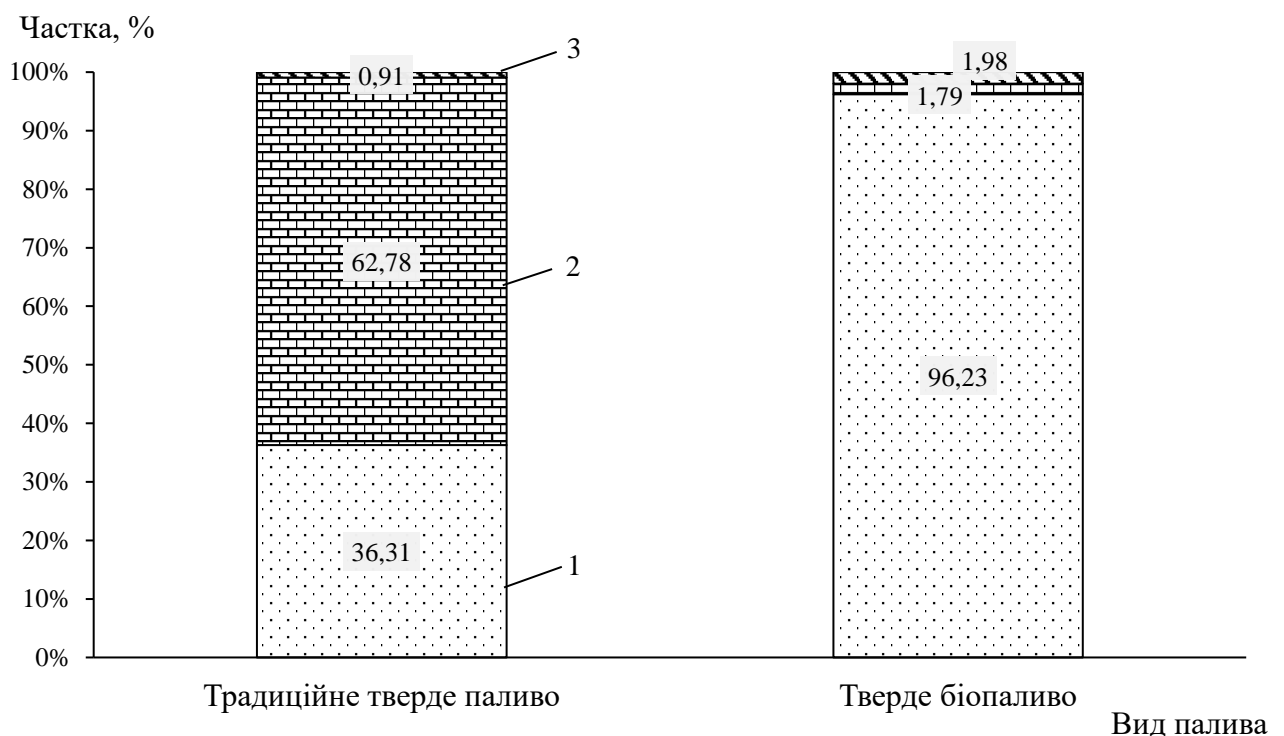
У табл. 1.5 та на рис. 1.17 та 1.18 наведено дані, що характеризують кінцеве споживання твердого палива за групою інших споживачів України.

Таблиця 1.5

**Кінцеве споживання твердого палива за групою інших споживачів
України у 2018 р.,**

| Інші кінцеві споживачі | Обсяг кінцевого споживання, тис т н.е. | | |
|-------------------------------------|--|---------------------|---------|
| | Традиційне тверде паливо | Тверде біопаливо | Загалом |
| Всього | 773,88 | 1851,94 | 2625,81 |
| у тому числі: | | | |
| побутовий сектор | 281,00 | 1782,08 | 2063,08 |
| торгівля та послуги | 485,82 | 33,13 | 518,95 |
| сільське господарство та рибальство | 7,05 | 36,73 | 43,79 |

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]



Умовні позначення: 1 – побутовий сектор; 2 – торгівля та послуги; 3 – сільське господарство і рибальство

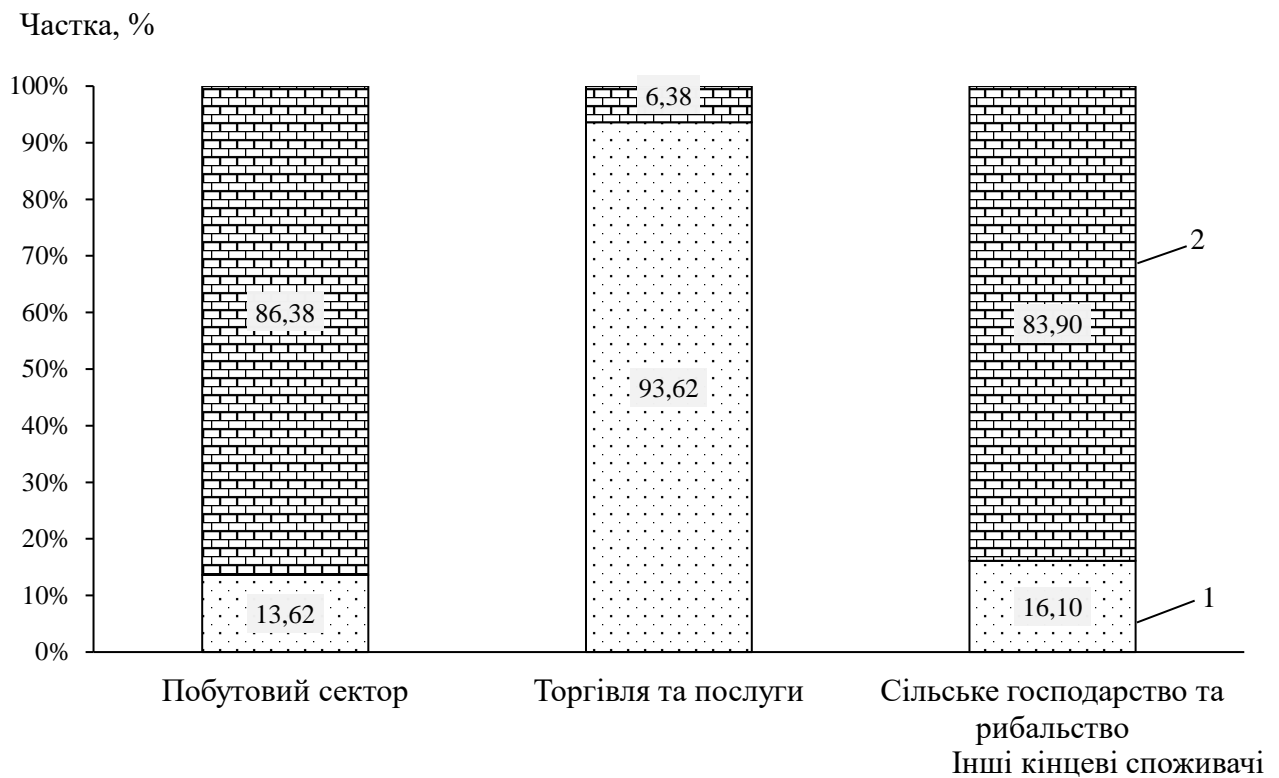
Рис. 1.17. Структура кінцевого споживання твердого палива за групою інших споживачів у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Загалом інші кінцеві споживачі в 2018 р. спожили 2625,81 тис. т н.е. твердого палива. Найбільше серед інших кінцевих споживачів твердого палива

було спожито побутовим сектором – 2063,08 тис. т. н.е., найменше твердого палива спожили сільське господарство та рибальство – 43,79 тис. т н.е.

Рис. 1.17 свідчить, що в 2018 р. в структурі кінцевого споживання традиційного твердого палива за групою інших споживачів 62,78 % займала сфера торгівлі та послуги, 36,31 % побутовий сектор та 0,91 % сільське господарство і рибальство. Основним споживачем твердого біопалива в 2018 р. став побутовий сектор із часткою 96,23 %, тоді як частка сільського господарства і рибальства склала 1,98 %, сфери торгівлі та послуг – 1,79 %.



Умовні позначення: 1 – традиційне тверде паливо; 2 – тверде біопаливо

Рис. 1.18. Структура кінцевого споживання споживачами твердого палива за групами інших кінцевих споживачів в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із рис. 1.18 видно, що основним видом твердого палива, що споживався побутовим сектором в 2018 р., стало тверде біопаливо, його частка склала 86,4 %, тоді як частка традиційного твердого палива – 13,6 %. Структура

споживання твердого палива сектором торгівлі та послуг в 2018 р. мала наступний вигляд: традиційне тверде паливо – 93,6 %, тверде біопаливо – 6,4 %. Що стосується сільського господарства та рибальства, то в 2018 р. 83,9 % спожитого твердого палива склало тверде біопаливо, а 16,1 % – традиційне тверде паливо.

Дані, що характеризують використання твердого палива сектором енергетичного перетворення в Україні, наведені в табл. 1.6 та на рис 1.19 – 1.20.

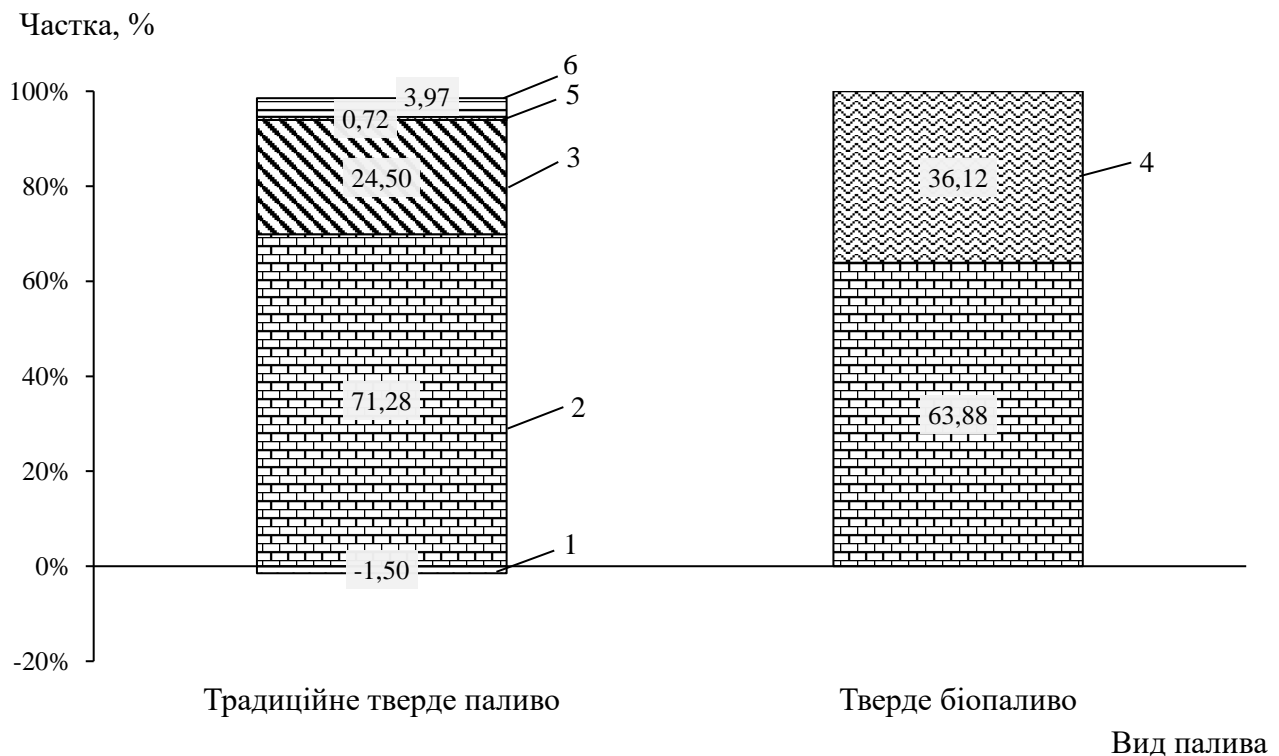
Таблиця 1.6

Використання твердого палива сектором енергетичного перетворення в Україні у 2018 р.

| Вид підприємств або напрям використання | Обсяг споживання на енергетичне перетворення, тис. т н.е. | | |
|---|---|------------------|-----------|
| | Традиційне тверде паливо | Тверде біопаливо | Загалом |
| Статистичні розбіжності і міжпродуктові передачі | 324,5 | - | 324,5 |
| Електро- і теплогенеруючі підприємства | -15427,69 | -876,59 | -16304,28 |
| Коксові підприємства | -5302,8 | - | -5302,8 |
| Заводи з виробництва деревного вугілля | - | -495,6 | -495,6 |
| Інші підприємства з перетворення | -189,51 | - | -189,51 |
| Власне споживання енергетичним сектором і втрати при розподіленні та споживанні | -1048,2 | - | -1048,2 |
| Усього | -21643,7 | -1372,2 | -23015,9 |

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із табл. 1.6 видно, що в 2018 р. сектором енергетичного перетворення було спожито 23015,9 тис. т н.е. твердого палива. Основним споживачем твердого палива в 2018 р. в секторі енергоперетворення стали електро- та теплогенеруючі підприємства, які спожили 16304,28 тис. т н.е. твердого палива. На другому місці розташувалися коксові підприємства, які в 2018 р. спожили 5302,8 тис. т н.е. твердого палива. Найменше серед підприємств з енергоперетворення твердого палива спожили інші підприємства з перетворення енергоресурсів, а саме 189,51 тис. т н.е.

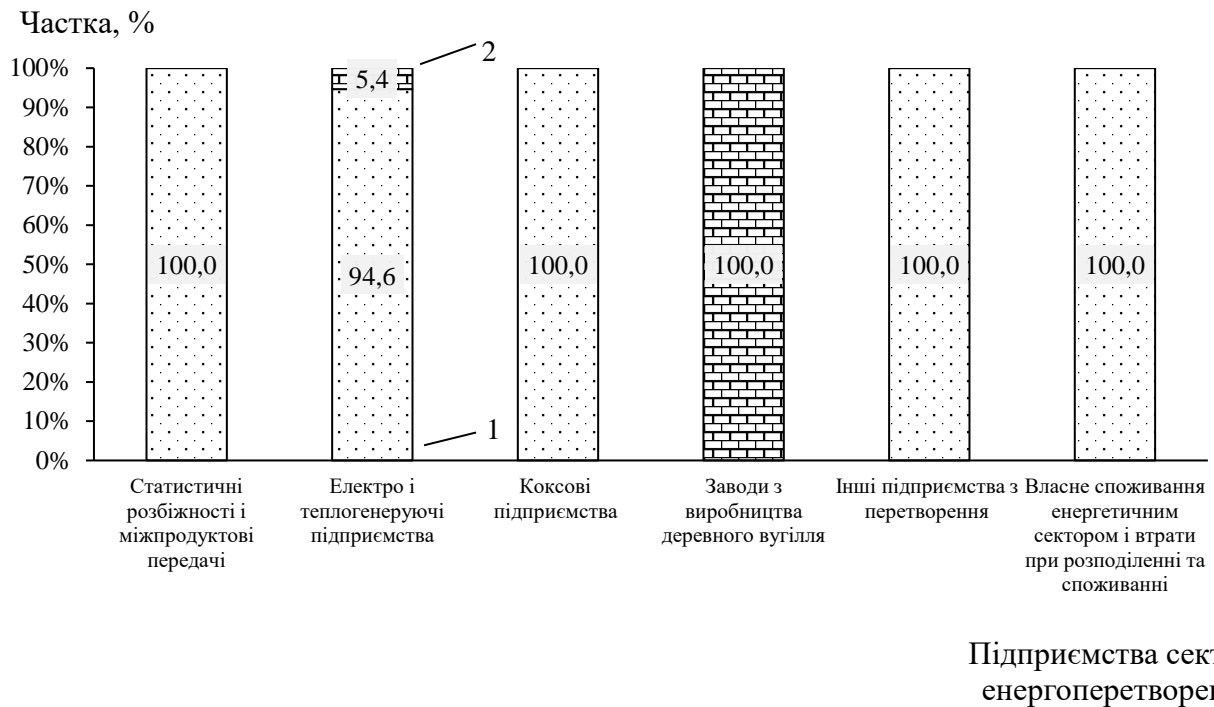


Умовні позначення: 1 – статистичні розбіжності і між продуктіві передачі; 2 – електро- та теплогенеруючі підприємства; 3 – коксові підприємства (доменні печі); 4 – заводи з виробництва деревного вугілля; 5 – інші підприємства з перетворення; 6 – власне споживання енергетичним сектором і втрати при розподіленні та транспортуванні

Рис. 1.19. Структура використання твердого палива сектором енергоперетворення в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Виходячи з даних, представлених на рис. 1.19 видно, що основним споживачем традиційного твердого палива серед підприємств енергоперетворення в 2018 р. стали електро- та теплогенеруючі підприємства, які спожили 71,28 %, частка коксових підприємств склала – 24,5 %, частка власного споживання сектором та втрат при розподіленні та транспортуванні склала 3,97 %, інших підприємств – 0,72 % та частка статистичних розбіжностей і міжпродуктових передач склала – (-1,5 %). Структура споживання твердого біопалива сектором енергоперетворення в 2018 р. виглядала наступним чином: коксові підприємства – 63,88 %, та заводи з виробництва деревного вугілля – 36,12 %.



Умовні позначення: 1 – традиційне тверде паливо; 2 – тверде біопаливо

Рис. 1.20. Структура використання твердого палива підприємствами сектору енергоперетворення в Україні у 2018 р.

Джерело: складено за матеріалами [1–5, 15–16]

Із рис. 1.20 видно, що коксові підприємства (домені печі) та інші підприємства в 2018 р. використовували лише традиційне тверде паливо, тому його частка склала 100 %. Основним видом палива, що використовувалося на електро- і теплогенеруючих підприємствах в 2018 р. стало традиційне тверде паливо – 94,6 %, а частка твердого біопалива становила 5,4 %. Що стосується структури споживання твердого палива заводами з виробництва деревного вугілля, то в 2018 р. дані заводи використовували лише тверде біопаливо, тому його частка складала 100 %.

У структурах використання твердого палива на власне споживання енергетичним сектором з урахуванням втрат при розподіленні та транспортуванні, та статистичних розбіжностей та міжпродуктових передач то в 2018 р. 100 % займало традиційне тверде паливо.

Враховуючи вищенаведений аналіз та опираючись на представлену на рис. 1.1 аналітичну модель, в дослідженні проведено апробацію науково-

аналітичного забезпечення із структурної декомпозиції балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства, що передбачає аналіз та декомпозицію національного енергобалансу за потоками органічного палива, твердого органічного палива із розподілом останнього на потоки твердого традиційного палива та твердого біопалива. Для кожного енергопотуку визначаються джерела його забезпечення (власне виробництво та імпорт) і напрямки використання (перетворення, кінцеве споживання, експорт) та у підсумку встановлюється ступінь проникнення твердого біопалива до кожної балансової складової. Результати структурної декомпозиції балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства, представлені в табл. 1.7, дозволяють встановити наступне:

Таблиця 1.7

Структурна декомпозиція балансу твердого біопалива в енергетичних потоках національного господарства України у 2018 р.

| Показник | Виробництво | Імпорт | Експорт | Баланс | Перетворення | Споживання |
|--|-------------|--------|---------|--------|--------------|------------|
| 1. Загальна енергопропозиція | | | | | | |
| Обсяг, тис. т н.е. | 60883 | 33847 | -1464 | 93492 | -42034 | -51458 |
| Структура балансу, % | 65% | 36% | -2% | 100% | -45% | -55% |
| Питома вага, % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 1.1. Органічне паливо | | | | | | |
| Обсяг, тис. т н.е. | 37110 | 33844 | -940 | 70241 | -36509 | -33732 |
| Структура балансу, % | 53% | 48% | -1% | 100% | -52% | -48% |
| Питома вага, % | 61% | 100% | 64% | 75% | 87% | 66% |
| 1.1.1. Тверде органічне паливо | | | | | | |
| Обсяг, тис. т н.е. | 18232 | 13843 | -602 | 31307 | -23016 | -8291 |
| Структура балансу, % | 58% | 44% | -2% | 100% | -74% | -26% |
| Питома вага, % | 30% | 41% | 41% | 33% | 55% | 16% |
| 1.1.1.1. Тверде традиційне паливо | | | | | | |
| Обсяг, тис. т н.е. | 14556 | 13806 | -60 | 28055 | -21644 | -6411 |
| Структура балансу, % | 52% | 49% | 0% | 100% | -77% | -23% |
| Питома вага, % | 24% | 41% | 4% | 30% | 51% | 12% |
| 1.1.1.2. Тверде біопаливо | | | | | | |
| Обсяг, тис. т н.е. | 3676 | 37 | -542 | 3252 | -1372 | -1880 |
| Структура балансу, % | 113% | 1% | -17% | 100% | -42% | -58% |
| Питома вага, % | 6% | 0% | 37% | 3% | 3% | 4% |

Джерело: власні розрахунки

1) потік енергозабезпечення національного господарства сформувався переважно (на 65 %) за рахунок внутрішнього виробництва, тоді як потік органічного палива був розподілений 53 % на 48 % між власною та зовнішньою пропозицією. У структурі твердого органічного палива власні джерела енергозабезпечення склали 58 %, тоді як окремо для твердого традиційного палива були на 5 % меншими. Напроти енергетичний потік твердого біопалива був профіцитним, внутрішнє виробництво в якому перекривало на 13 % його потреби;

2) потік енергокористування розподілений між перетворенням та кінцевим споживанням у співвідношенні 45 % і 55 % відповідно (експорт майже відсутній), тоді як по мірі його декомпозиції це співвідношення змінювалося у напрямку збільшення питомої ваги сектору енергоперетворення, частка якого для твердого традиційного палива вже дорівнює 77 %. Ця тенденція не підтвердилася для твердого біопалива, у структурі енергокористування якого переважали кінцеві споживачі із часткою 58 %;

3) глибина проникнення твердого біопалива в загальний енергетичний потік національного господарства складала 3 %, у т.ч. у сферу виробництва 6 %, у сферу перетворення 4 %, у сферу кінцевого споживання 4 %.

Отже, структурна декомпозиція балансу твердого біопалива довела його недооцінену роль в енергетичних потоках національного господарства.

В енергетичному потоку твердого біопалива України спостерігалася ситуація, коли кінцеве споживання перевищувало показник його використання енергетичним сектором. Пропозиція на ринку твердого біопалива України формувалася за рахунок власного виробництва. Основним споживачами твердого біопалива в енергетичному секторі були теплоцентралі та заводи з виробництва деревного вугілля. Основним кінцевим споживачем твердого біопалива виступали інші кінцеві споживачі, а саме побутовий сектор.

1.2 Нормативно-правове регулювання сфери виробництва та використання біопалива в Україні

Кожного року розвиток відновлюваних джерел енергії набирає обертів в Україні, що потребує нормативно-правового врегулювання цих процесів. У нормативно-правовому полі України біопалива є складовою як альтернативних джерел енергії, так і альтернативних видів палива.

Перше нормативне посилання в законодавстві України на біомасу як енергетичне міститься в Законі України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 № 74/94-ВР, в якому дано визначення терміну «нетрадиційні та поновлювані джерела енергії» як джерел, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси [17]. Для стимулювання переходу на вищезазначені джерела енергії цим законом передбачено надання податкових пільг підприємствам-виробникам енергозберігаючого обладнання, техніки і матеріалів, засобів вимірювання, систем контролю та управління енергоспоживанням і підприємствам, які використовують обладнання, що працює на відновлюваних джерелах енергії [17].

Особливе значення мало прийняття Закону України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV. Цим законом визначено поняття «альтернативних джерел енергії», «вторинні енергоресурси», «відновлювані джерела енергії», зокрема за видами таких джерел, які схематично співвідносяться як показано на рис. 1.21.

Зазначений закон визначив правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії та сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі [18].

Так, основними засадами державної політики у сфері альтернативних джерел енергії Законом визначені нарощування обсягів виробництва та

споживання енергії виробленої з альтернативних джерел, додержання екологічної безпеки за рахунок зменшення негативного впливу на стан довкілля, додержання безпеки для здоров'я людини, науково-технічне забезпечення розвитку альтернативної енергетики, а також залучення вітчизняних та іноземних інвестицій і підтримка підприємництва у сфері альтернативних джерел енергії [18].

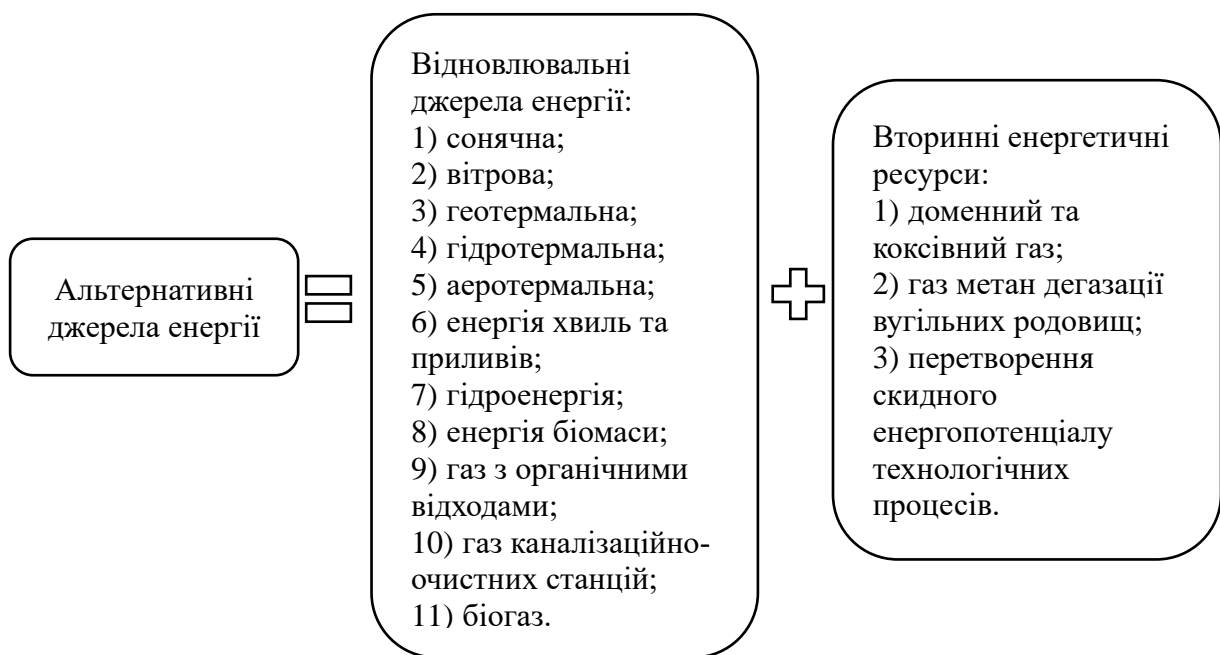


Рис. 1.21. Складові частини альтернативних джерел енергії

Джерело: складено на основі [18]

Важливого значення для сфери біопалива набув Закон України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 № 1391-XIV (хронологічно цей документ передував Закону України «Про альтернативні джерела енергії» 20.02.2003 року № 555-IV). Цей закон визначив правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади виробництва і використання альтернативних видів палива, а також стимулювання збільшення частки їх використання до 20 % від загального обсягу споживання палива в Україні до 2020 р. Позитивно, що в цьому нормативно-правовому акті чітко визначено такі ключові терміни, як «альтернативні види палива», «біопаливо», «біомаса» та інші. Так, альтернативні

види палива визначені як тверде, рідке та газове паливо, яке є альтернативною відповідним традиційним видам палива і яке виробляється з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини [19].

Із-поміж видів альтернативного палива Законом № 1391-XIV виділяються [19]:

- біологічні види палива (біопаливо) – тверде, рідке та газове паливо, виготовлене з біологічно відновлюваної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива. Закон встановлює, що діяльність у сфері виробництва, використання та споживання біологічних видів палива може здійснюватися суб'єктами господарювання всіх організаційно-правових форм власності;

- біомаса – невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу [19].

До альтернативних видів твердого палива належать [19]:

- продукція та відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також гранули, брикети, деревне вугілля та вуглиста речовина, вироблені з цієї продукції та відходів, що використовуються як паливо;

- органічна частина промислових та побутових відходів, а також гранули та брикети, вироблені з них;

- торф, а також гранули та брикети, вироблені з нього. Суб'єктам господарювання, які використовують різні технології виробництва біологічних видів палива, гарантуються рівні права доступу на ринок біологічних видів палива.

Означені два документи дозволяють представити місце твердого біопалива у нормативно-правовому полі України (рис. 1.22), яке є складовою

альтернативних джерел енергії та відноситься до відновлюваних джерел енергії та складовою альтернативних видів палива та відноситься до нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини.

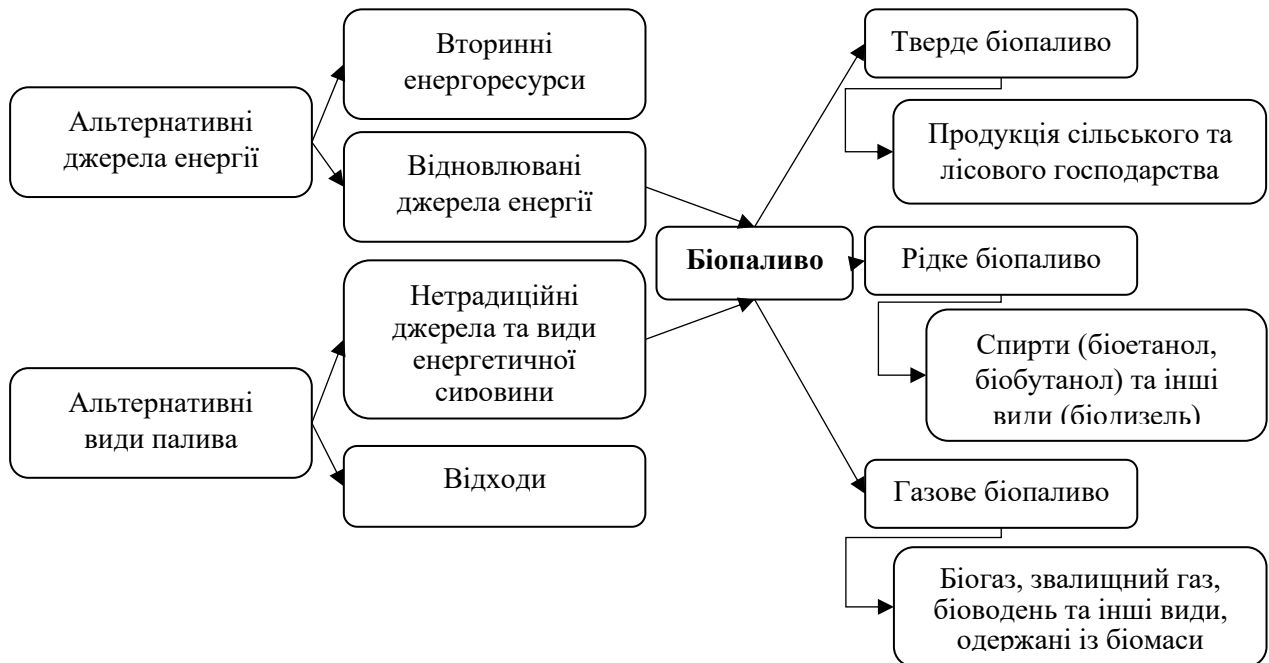


Рис. 1.22. Нормативно-правове визначення місця біопалива в законодавстві України

Джерело: складено на основі [18–19]

Розвиток виробництва та використання біопалива відбувається на засадах європейського курсу національної політики щодо інтеграції до ЄС. Адаптація законодавства України до законодавства ЄС є міжнародним зобов'язанням, передбаченим ще Угодою про партнерство і співробітництво між Україною та Європейським Співтовариством від 14.06.1994, за якою Україна зобов'язувалась наближувати національне законодавство до законодавства Співтовариства у пріоритетних сферах [20]. Енергетика визначена пріоритетною сферою для здійснення адаптації законодавства у розділі V Закону України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» від 18.03.2004 № 1629-IV [21]. Метою такої адаптації є досягнення відповідності правової системи України *acquis communautaire* з

урахуванням критеріїв, що висуваються ЄС до держав, які мають намір вступити до нього. Адаптація законодавства України до законодавства ЄС є пріоритетною складовою процесу інтеграції України до ЄС, що в свою чергу є пріоритетним напрямом української зовнішньої політики [21].

Із цією метою у вересні 2010 р. був підписаний Протокол про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, який у подальшому був ратифікований Законом України від 15.12.2010 р. № 2787-VI. Згідно цього закону з 01.02.2011 р. Україна стала повноправним членом Енергетичного Співтовариства [22]. Згідно ст. 35 Договору про заснування Енергетичного Співтовариства Україна зобов'язалася приймати заходи, спрямовані на стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії [23].

У жовтні 2012 р. було ухвалено Рішення Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства D/2012/04/MC-EnC «Про впровадження Директиви 2009/28/ЄС і внесення змін до Статті 20 Договору про Енергетичне Співтовариство», згідно якого кожна Сторона за Договором повинна до 01.01.2014 р. ввести в дію закони, нормативно-правові та адміністративні положення, необхідні для виконання вимог Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС від 23.04.2009 «Про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел» (так звана Директива про відновлювані джерела енергії). Ця директива встановлює обов'язкові національні цілі в сфері відновлюваної енергетики, які слугують головним чином для того, щоб надати певні гарантії інвесторам та заохотити до розвитку новітніх технологій та інновацій у цій сфері. При цьому запроваджуються досить жорсткі вимоги щодо сталості виробництва біопалив та скорочення викидів парникових газів в атмосферу [24–25].

Згідно з Рішенням D/2012/04/MC-EnC Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 р. досягти частки виробництва відновлюваних джерел енергії 11 % у загальній структурі енергоспоживання країни, що слугуватиме потужним стимулом щодо подальшого розвитку їх використання в Україні [24].

Для забезпечення імплементації Директиви 2009/28/ЄС, головної директиви відновлюваної енергетики, Держенергоефективності [26] розробив

План заходів з імплементації Директиви 2009/28/ЄС [27] та Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року [28], які були затверджені розпорядженнями Кабінету Міністрів України у 2014 році.

Згідно Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року передбачалося досягти [28]:

- частки відновлюваних джерел енергії в системах опалення та охолодження: у 2009 р. на рівні 3,4 %; 2015 р. – 6,7 %; 2017 р. – 8,9 %; 2018 р. – 10 %; 2019 р. – 11,2 % та 2020 р. – 12,4 %;

- частки відновлюваних джерел енергії в електроенергетиці: у 2009 р. – 7,1 %; 2015 р. – 8,3 %; 2017 р. – 9,7 %; 2018 р. – 10,4 %; 2019 р. – 10,9 % та 2020 р. – 11 %.

- частки відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі: у 2009 р. на рівні 1,5 %; 2014 р. – 4,1 %; 2015 р. – 5 %; 2016 р. – 6,5 %; 2017 р. – 7,5 %; 2018 р. – 8,2 %; 2019 р. – 9 % та 2020 р. – 10 % [28].

Отже підписання Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного співтовариства і його ратифікація Верховною Радою України обумовили виникнення з боку України зобов'язань щодо імплементації у національному законодавстві цілого ряду правових актів ЄС, в тому числі і Директив Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу, які регулюють сферу біоенергетичних технологій, зокрема Директиви 2009/28/ЄС.

Нажаль, Україна не лише представила Енергетичному співтовариству зазначений документ більш ніж за один рік повз крайнього терміну, але й не відобразила в ньому всі вимоги, передбачені вищезазначеною директивою. Таким чином, більшість положень Директиви залишилися лише запланованими до виконання і на цей час їх так і не було виконано Україною. Деякі зобов'язання, наприклад, що стосуються викидів парникових газів від біопалив та біорідин, взагалі не можуть бути виконані у найближчі роки.

Для виконання цього курсу було визначено основні принципи державної політики у сфері альтернативних видів палива є [19]:

- сприяння розробці та раціональному використанню нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини для виробництва (видобутку) альтернативних видів палива з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту;

- поетапне збільшення нормативно визначеної частки виробництва і застосування біопалива та сумішевого палива моторного. Вміст біоетанолу в бензинах моторних, що виробляються та/або реалізуються на території України, становитиме:

- у 2013 р. – рекомендований вміст не менш як 5 % (об'ємних);
- у 2014–2015 рр. – обов'язковий вміст не менш як 5 % (об'ємних);
- з 2016 р. – обов'язковий вміст не менш як 7 % (об'ємних);

- зменшення негативного впливу на стан довкілля за рахунок використання як сировини для виробництва альтернативних видів палива відходів різного роду діяльності, додержання екологічної безпеки виробництва (видобутку), транспортування, зберігання та споживання альтернативних видів палива;

- підтримка розвитку науково-технічної бази виробництва (видобутку) альтернативних видів палива, пропаганда науково-технічних досягнень у цій сфері;

- підтримка підприємництва у сфері альтернативних видів палива на основі державного захисту інтересів підприємця;

- пропаганда серед населення економічних, екологічних, соціальних та інших переваг виробництва (видобутку) і споживання альтернативних видів палива;

- розвиток міжнародного науково-технічного співробітництва, широке використання можливостей світової науки і техніки у сфері альтернативних видів палива;

- запобігання штучному створенню монополій на ринку альтернативних видів палива, а у разі визнання в установленому законодавством порядку природних монополій здійснення контролю за їх діяльністю, недопущення

зловживань монопольним становищем та обмеження монополізму, якщо необхідність такого обмеження не встановлена законодавством [19].

Для підтвердження національного стратегічного курсу щодо розбудови відновлюваних джерел енергії Україна у 2018 р. стала повноцінним членом Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA), що дає змогу покращити інвестиційний клімат «зеленої» енергетики нашої держави та залучати пільгові кредити на розвиток цієї галузі [20].

Реалізацію державної політики в сфері впровадження альтернативних, у т.ч. біоенергетичних технологій, покладено на такі органи виконавчої влади: Кабінет міністрів України [29], Міністерство розвитку громад та територій України [30], Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [31], Міністерство енергетики України [32], Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України [33], Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [34], Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [35] та інші.

Зокрема серед функцій Кабінету Міністрів України виділяються [18]:

а) розроблення, затвердження та запровадження норм, правил і стандартів виробництва, передачі, транспортування, постачання, зберігання і споживання енергії, виробленої з альтернативних джерел;

б) нагляд та контроль за безпечним виконанням робіт на об'єктах альтернативної енергетики незалежно від їх форми власності, безпечною експлуатацією енергогенеруючого обладнання та за режимами передачі і споживання енергії;

в) встановлення тарифів на електричну енергію, вироблену на об'єктах альтернативної енергетики, а також на теплову енергію, видобуту з альтернативних джерел;

г) всебічне заохочення і підтримка науково-дослідницьких, дослідно-конструкторських робіт, діяльності винахідників і раціоналізаторів,

спрямованих на розвиток виробництва та використання альтернативних джерел енергії.

Для виконання покладених на нього функцій Кабінет міністрів України ряд підзаконних нормативно-правових акти щодо стимулювання використання альтернативних видів палива:

- Постанову від 01.03.2010 № 243-2010-п «Про затвердження Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2021 роки» [36];

- Постанову від 10.09.2014 № 453 «Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів» [37];

- Постанову від 09.07.2014 № 293 «Про стимулювання заміщення природного газу у сфері теплопостачання» [38];

- Постанову від 05.10.2004 № 1307 «Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного» [39];

- Постанову від 16.10.2014 №1014 «Про затвердження Плану коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року» [40];

- Енергетичну стратегію до 2030 року, схвалену Розпорядженням від 15.03.2006 № 145-р. [41], яка потім була замінена Енергетичною стратегією до 2035 р., схваленою Розпорядженням від 18.08.2017 № 605-р [42].

- Розпорядження від 03.09.2014 № 791 «Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС». Дорожня карта з розвитку ринку твердого біопалива України [27].

- Розпорядження від 01.10.2014 № 902 «Про Національний план дій з відновлювальної енергетики на період до 2020 року» [43].

Так, на національному рівні розвиток відновлюваної енергетики визначено стратегічним завданням, який передбачений Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність,

конкурентоспроможність». Енергетична стратегія України до 2035 р. є документом, який окреслює стратегічні орієнтири розвитку паливно-енергетичного комплексу України на період до 2035 року. Згідно її передбачається стале розширення використання всіх видів відновлюваної енергетики, яка стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки держави. У коротко- та середньостроковому горизонті (до 2025 року) стратегією прогнозується зростання частки відновлюваної енергетики до рівня 12 % від загальної первинної енергопропозиції та не менше 25 % – до 2035 року (включаючи всі гідрогенеруючі потужності та термальну енергію). Частка біопалива мала б складати 61 % у 2020 р. від усіх видів відновлюваних джерел енергії [42].

Однією зі складових цього стратегічного напрямку щодо розвитку відновлюваної енергетики є поширення використання біомаса. У Енергетичній стратегії України до 2035 р. безпосередньо зазначено щодо необхідності збільшення частки електроенергетичного сектору, який використовує тверду біомасу та біогаз як енергоресурс, що зумовлюватиме відносну сталість виробництва (за наявності ресурсної бази), так формування тенденцій до розбудови локальних генеруючих потужностей. При цьому перевага віддається одночасному виробництву теплової та електричної енергії в когенераційних установках і заміщенню вуглеводневих видів палива [42].

Таким чином, перед Україною стоять конкретні цілі щодо розвитку сфери відновлюваної електроенергетики:

11 % відновлюваних джерел енергії в електроенергетичному секторі до 2020 р. (Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р. [28]);

25 % відновлюваних джерел енергії в електроенергетичному секторі до 2035 р. (Енергетична стратегія України на період до 2035 р. [42]).

Для розвитку виробництва та використання біопалива в Енергетичній стратегії України до 2035 р. поставлені конкретні завдання, які є складовою

реалізації стратегічних цілей щодо розбудови відновлюваних джерел енергії, а саме [42]:

- збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії шляхом:

- стимулювання використання біомаси як палива на підприємствах, де біомаса є залишковим продуктом;

- інформування про можливості використання біомаси як палива в індивідуальному тепlopостачанні;

- сприяння створенню конкурентних ринків біомаси.

Однак, вже можна припустити, що з великою ймовірністю Україна не зможе досягнути поставленої цілі у 11 % частки відновлюваних джерел енергії до 2020 р. (їх частка у 2018 р. склала лише 4,6 %, що у 2 рази менше від поставленої цілі). Певною мірою можна посылатись на форс-мажорні обставини внаслідок анексії Криму та продовження бойових дій на Сході, де знаходяться об'єкти сонячної та вітрової генерації, якщо міжнародне співтовариство вважатиме, що Україна вжила всіх можливих заходів для виконання взятих на себе зобов'язань [20].

Для підтвердження походження альтернативного вида палива Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України видається про належність палива до альтернативного, порядок видачі якого регламентується відповідною Постановою Кабінету Міністрів України «Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного» від 05.10.2004 № 1307. Це свідоцтво видається строком на два роки. Держенергоефективності веде реєстр альтернативних видів палива [39].

Крім свідоцтва про належність палива до альтернативного на виробництво електричної енергії з альтернативних видів палива повинні отримати гарантію походження з відновлюваних джерел, яку також видає Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [44].

Підтвердження походження альтернативного виду палива є підставою для надання стимулюючих пільг.

Для розвитку відновлюваних джерел енергії, у т.ч. виробництва та використання біопалива, передбачені інструменти стимулювання.

У Законі України «Про альтернативні види палива» вказано на можливість застосування організаційно-економічних (ст. 9) та фінансових (ст. 10) механізми стимулювання [19], однак їх перелік є загальним, жодні практичні інструменти на прописані.

Натомість у Законі України «Про альтернативні джерела енергії», визначені саме практичні інструментами стимулювання використання біопалива як джерела відновлюваної енергії в Україні, якими на сьогодні є [18]:

«зелений» тариф на електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел, який діє до 2030 р. «Зелений тариф» може встановлюватися енергетичним кооперативам, виробникам з енергії сонячного випромінювання, енергії вітру, біомаси, біогазу, з використанням гідроенергії, геотермальної енергії генеруючими установками, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт, встановлюється єдиним для всіх споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, за кожним видом альтернативного джерела енергії У травні 2019 р. набрав чинності Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» 04.06.2015 № 514-VIII, який запроваджує надання державної підтримки суб'єктам господарювання у сфері відновлювальної енергетики виключно через аукціони з розподілу квоти [45];

стимулюючий тариф на тепло з альтернативних видів палива на рівні 90 % тарифу на тепло з газу [46, 47].

Також до 2014 р. продавці біопалива, в тому числі дров, тріски, гранул, брикетів, звільнялися від ПДВ [18].

Однак, значно нижчі ставки тарифів порівняно із сонячною та вітровою енергетикою стримують активну розбудову використання біопалива в Україні. Так, для прикладу у табл. 1.8 наведена динаміка розбудови відновлюваних електрогенеруючих потужностей, що підтверджують зазначене припущення.

**Динаміка розбудови потужностей відновлюваної енергетики та
коефіцієнтів за «зеленим тарифом»**

| Тип потужності | Обсяг потужності, МВт | | Коефіцієнт за «зеленим» тарифом | |
|-----------------------------|-----------------------|---------|---------------------------------|---------|
| | 2015 р. | 2018 р. | 2015 р. | 2018 р. |
| БЕС | 52,4 | 98,7 | 2,3 | |
| ВЕС | 289,5 | 389,0 | | |
| у т.ч. ВЕС до 600 кВт | | | 1,08 | |
| ВЕС від 600 кВт до 2000 кВт | | | 1,26 | |
| ВЕС більше 2000 кВт | | | 1,89 | |
| СЕС | 359,1 | 5153,9 | 3,15 | 2,79 |

Джерело: складено на основі [18, 48]

Розвиток біопалива в Україні контролюється з боку держави. З одного боку, згідно Закону України «Про ліцензування видів господарської діяльності» 02.03.2015 № 222-VIII виробництво твердих біопалив не підлягає ліцензуванню [43], тоді як з іншого біопалива, призначені для реалізації як товарна продукція в Україні, підлягають обов'язковій сертифікації. Сертифікація – це процедура підтвердження стабільної якості продукції, до якої залучаються відповідно акредитовані органи сертифікації, аудиту і лабораторії. Вона передбачає постійний контроль якості на виробництві і ретельне виконання правил виготовлення, зберігання і транспортування твердого біопалива [50].

Згідно Закону України «Про альтернативні види палива» стандарти, якими встановлюються вимоги щодо якості альтернативних видів палива, повинні забезпечувати ефективне та економічне використання енергетичного потенціалу палива. Показники споживчої якості кожного альтернативного виду палива встановлюються у відповідних стандартах. Ці показники мають бути основою для всіх розрахунків щодо альтернативних видів палива (обсяги виробництва та реалізації, техніко-економічні, комерційні та інші показники). Нормативи екологічної безпеки альтернативних видів палива та показники щодо безпеки для здоров'я і праці людей повинні перебувати в межах, встановлених законодавством для традиційних видів палива (ст.11) [19].

Сертифікація тісно пов'язана з питаннями стандартизації. Згідно Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» від 15.01.2015 № 124-VIII, технічний регламент – нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні процедурні положення, дотримання яких є обов'язковим [51]. Згідно Закону України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII [52] національні стандарти застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами (ст. 23).

Законом «Про стандартизацію» визначено, що технічні умови – це нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинна відповідати продукція, процес або послуга, та визначає процедури, за допомогою яких може бути встановлено, чи дотримані такі вимоги. Підприємства, установи та організації мають право у відповідних сферах діяльності та з урахуванням своїх господарських і професійних потреб організовувати та виконувати роботи із стандартизації, зокрема, розробляти, приймати, переглядати, застосовувати, скасовувати прийняті ними технічні умови, а також мають право власності на ці ТУ. Технічні умови, прийняті підприємствами, установами та організаціями, застосовуються на добровільній основі (Ст. 16) [52].

Протягом довгого часу в Україні існував лише один державний стандарт на тверде паливо з біомаси, а саме – з лушпиння соняшника: ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшнику пресоване гранульоване. Технічні умови» [53] (уведено в дію 01.01.2012 р., внесено зміни у 2014 р.). Згодом в Україні впроваджено в дію Технологічний регламент на виробництво брикетів і гранул паливних з лушпиння соняшника [54]. У 2015 р. був затверджений ДСТУ 8358:2015 «Брикети та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови», який набрав чинності 1 липня 2017 р. [55]. На брикети з інших видів біомаси (солома та інші пожнивні рештки) державних стандартів ще немає.

Наразі українські виробники брикетів з біомаси користуються, головним чином, власними технічними умовами або орієнтуються на європейські

стандарти (у разі експорту продукції в Європу) [56]. Приклади технічних умов (перелік) для твердого біопалива наведено у Додатку А.

На думку експертів, в Україні необхідне запровадження сертифікації за нормами ENplus, яка відповідає кращим світовим стандартам якості твердого біопалива – EN 14961 та ISO EN 17225. Система сертифікації ENplus базується на ряді європейських стандартів, що стосуються, в першу чергу, покращеного твердого біопалива з деревини [57]. В якості єдиного стандарту для різних видів твердого біопалива в світовій практиці використовується міжнародний стандарт ISO EN 17225. Він вступив у дію в 2014 р. і визначає класи якості палива та специфікації для твердого біопалива з сировини і оброблених матеріалів, що мають походження з лісового господарства та розведення лісів, сільського господарства і садівництва, аквакультури [58].

Нажаль, зазначені документи не забезпечили належне впровадження до законодавства норм Директиви 2009/28/ЄС, а передбачені Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року показники не відповідають фактичним.

Треба зазначити, що в Україні вже прийнято ряд стандартів (гармонізованих із європейськими), які стосуються загальних питань якості і методів визначення показників якості твердого біопалива, в тому числі брикетів. Ці стандарти стосуються методики досліджень та не базуються на основних стандартах, які передбачають технічні, фізичні та екологічні вимоги щодо якісних показників твердого біопалива. Вибрані приклади таких стандартів (перелік) наведено у Додатку Б [59]. За думкою фахівців, в Україні є нагальна потреба в імплементації ще 36 європейських стандартів на тверде біопаливо та обладнання, які необхідні для впровадження на підприємствах-виробниках твердого біопалива сучасних систем сертифікації (наприклад, ENplus), захисту прав споживачів твердого біопалива, додержання екологічних норм та критеріїв сталості [60].

Аналіз представлених правових положень дозволяє представити наступну схему нормативного регулювання розвитку виробництва та використання біопалива в Україні (рис. 1.23).

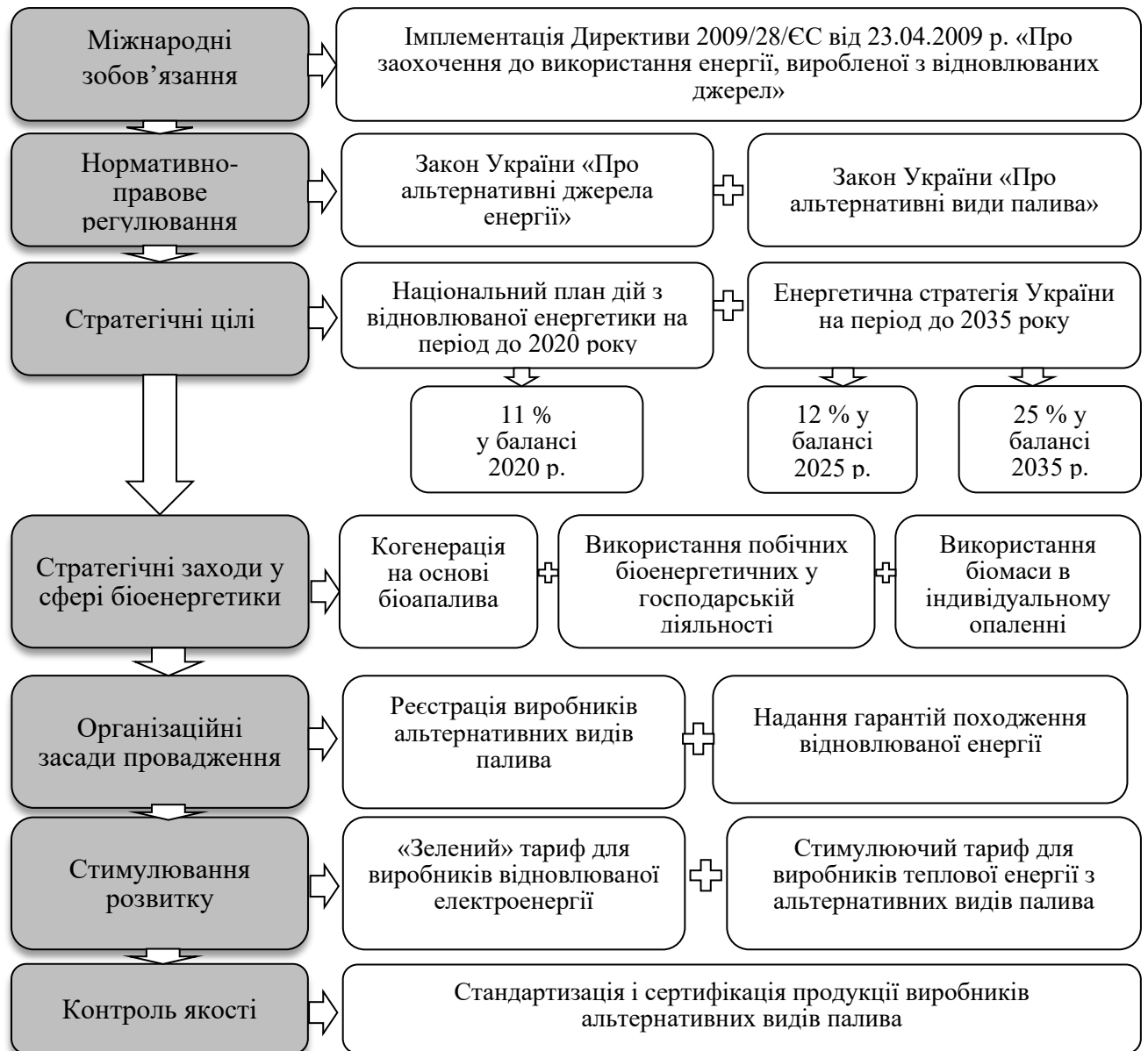


Рис. 1.23. Нормативне регулювання розвитку виробництва і використання біопалива в Україні

Джерело: складено автором [17–62]

В огляді Секретаріату Енергетичного співтовариства Національного органу регулювання енергетики України за 2018 р. наголошується декларативність багатьох прийнятих українською владою нормативно-правових актів з реформування енергетичного сектора, та попереджається про майбутнє зниження підтримки енергетичного сектора України з боку міжнародного співтовариства [61].

Отже, незважаючи на наявність національних планів, програм та постанов, розвиток біопаливного виробництва поки що знаходиться на стадії становлення. На відміну від інших країн-виробників біопалив, в Україні відсутня державна підтримка і чітка законодавча база, яка б стимулювала виробництво як самого біопалива, так і сировини для його виробництва [62].

За даних умов та зважаючи на деякі особливості впровадження проєктів використання біомаси як джерела енергії існує нагальна необхідність відповідального відношення до виконання міжнародних зобов'язань та ревізії з боку держави всіх прийнятих до імплементації в Україні енергетичних регламентів та директив Єврокомісії з метою повернення довіри інвесторів і міжнародної спільноти.

1.3 Оцінка потенціалу виробництва твердого біопалива в Україні

Поняття «потенціал» (від лат. *potentia* – сила) трактується як «джерела, можливості, засоби, запаси, які можуть бути використані для вирішення будь-якої задачі, досягнення поставленої мети...» [63]. Визначень поняття «енергетичний потенціал» достатньо багато. В залежності від бази оцінювання, існують поняття «енергетичний потенціал підприємства», «енергетичний потенціал регіону», «енергетичний потенціал країни».

О. Голубовська розглядає поняття «енергетичний потенціал підприємства» як «існуючу у суб'єкта господарювання можливість при виробництві заданого обсягу продукції витратити оптимальну кількість енергетичних ресурсів, яка обумовлена зведенням до мінімуму негативних факторів впливу на процес енергозбереження» [64]. В такому визначенні автор вважає, що енергетичний потенціал підприємства визначає ступінь енергетичної потужності або приховані резерви його збільшення.

Енергетичний потенціал регіону трактується Т. Базюк як «всі ресурси, які територіально знаходяться в межах регіону, включаючи ті, що все ще розробляються, так і ті, що в перспективі можуть бути використані» [65]. В роботі [66] енергетичний потенціал регіону розглядається як природні ресурси та умови природного середовища території, які можуть бути використані у господарстві з урахуванням досягнень науково-технічного прогресу для виробництва енергії, а також механізми їх залучення в господарський обіг в поточний час або у майбутньому періоді. В цьому трактуванні енергетичного потенціалу регіону Г. Лукашов підкреслюється, що тільки в межах територіальних сполучень природних ресурсів і природних умов є можливість встановити реальну цінність потенціалу регіону [66].

У роботі І. Сизонової [67] поняття «енергетичний потенціал країни» трактується як «узагальнюючий показник сумарної кількості потенційної енергії, що притаманна певній економічній системі, носіями якої виступають природні, матеріальні та людські ресурси». Тоді як в дисертації Г. Єфімової [68] визначення енергетичного потенціалу країни дається наступне – це «сумарна кількість фактичної та потенційної енергії людських, природних, матеріальних ресурсів даної економічної системи». Енергетичний потенціал країни в роботі О. Кітченко [69] розглянуто за ознаками участі в процесі виробництва благ, способом розрахунку, за ієрархією економічних відносин, за видами ресурсів, за сферами виробничої діяльності.

Для оцінки енергетичного потенціалу твердого біопалива країни автором цієї пропонується наступне поняття. Енергетичний потенціал твердого біопалива – це сукупний теоретичний потенціал відновлюваних ресурсів з урахуванням досягнення максимального значення коефіцієнту перетворення такого палива в готові тверді продукти.

У 2010 р. Г. Гелетука, Т. Желєзна, М. Жовмір, Ю. Матвєєв, О. Дроздова розробили методичний підхід до оцінки енергетичного потенціалу біомаси, згідно якого запропонували виділяти три його рівні: теоретичний, технічний, економічний [70].

Теоретичний потенціал – загальний максимальний обсяг наземної біомаси, теоретично доступної для виробництва енергії у фундаментальних біофізичних межах. Коли мова йде про біомасу сільськогосподарських та енергетичних культур і лісів, теоретичний потенціал представляє максимальну продуктивність за умов теоретично оптимального менеджменту з урахуванням обмежень, що визначаються температурою, сонячною радіацією й опадами. Теоретичний потенціал відходів і залишків різного виду визначається максимальним обсягом їх утворення. Розрахунок теоретичного потенціалу здійснюється за допомогою використання коефіцієнта відходів [70].

Технічний потенціал – частка теоретичного потенціалу, доступна за певних техніко-структурних умов і поточних технологічних можливостей. Беруться до уваги просторові обмеження, викликані конкуренцією між різними користувачами землі, а також деякі екологічні та інші обмеження, технічний потенціал розраховується на основі теоретичного через коефіцієнт технічної доступності (досяжності) [70].

Економічний потенціал – частка технічного потенціалу, що задовольняє критеріям економічної доцільності за даних умов [70].

Проведена в роботі [70] оцінка базувалася на даних 2008 р., як, на жаль, є вже практично застарілими. Означене вимагало від автора цієї роботи переоцінки енергетичного потенціалу твердого біопалива разом із уточнення запропонованого методичного підходу. Тому в цій роботі (пп. 1.3) було проведено оцінку теоретичного та технічного енергетичного потенціалу твердого біопалива, тоді як оцінка економічного потенціалу вимагала подальших досліджень за видами енергетичних культур (пп. 3.2 – пп. 3.3).

Одним з найбільш перспективних видів палива серед відновлюваних джерел є біомаса – вуглецевмісні органічні речовини рослинного і тваринного походження. Для виробництва енергії застосовують тверду біомасу, а також отримані з неї рідкі та газоподібні палива – біогаз, біодизель, біоетанол та інші [71]. В рамках дослідження, що проводиться, до переліку основних джерел відновлювальних ресурсів віднесено: відходи сільськогосподарського

виробництва, відходи лісової промисловості, відновлювальна частина торфу та біомаса енергетичних культур.

Перелік основних видів біомаси, можливість використання яких врахована в рамках дослідження для виробництва твердого біопалива, представлено у табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Основні види палива відновлюваних джерел

| № | Вид палива відновлюваних джерел |
|-------|--|
| 1 | Біомаса: |
| 1.1 | Відходи сільського господарства: |
| 1.1.1 | Солома пшениці |
| 1.1.2 | Солома ячменю |
| 1.1.3 | Солома інших зернобобових |
| 1.1.4 | Солома ріпаку |
| 1.1.5 | Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, листя, стрижні початків) |
| 1.1.6 | Відходи виробництва соняшника (стебла, кошики) |
| 1.1.7 | Жом цукрового буряка |
| 1.1.8 | Лушпиння соняшника |
| 1.2 | Відходи лісового господарства: |
| 1.2.1 | Залишок деревини на лісосіках (W 50 ... 60%) |
| 1.2.2 | Первинні (W 40 ... 45%) і вторинні (W 25 ... 30%) відходи деревообробки |
| 1.2.3 | Дрова, що вивозяться з лісосіки (W 40 ... 45%) |
| 1.3. | Відновлювальний торф |
| 1.4. | Енергетичні культури: |
| 1.4.1 | Енергетична верба |
| 1.4.2 | Міскантус |

Джерело: власна розробка [72–75]

Сільськогосподарське виробництво України є потужним джерелом різних видів відходів, що становлять джерела палива відновлюваних ресурсів, які можуть використовуватися для виробництва енергії. Відходи сільського господарства поділяються на два основні види: первинні (солома зернобобових культур і ріпаку, стебла кукурудзи на зерно та соняшнику) і вторинні (жом цукрових буряків, лушпиння соняшника та рису).

У табл. 1.10 наведено коефіцієнти, які використовуються для розрахунку поточного технічного потенціалу відновлювальних рослинних ресурсів з відходів сільського господарства.

Таблиця 1.10

Коефіцієнти технічного потенціалу відновлюваних рослинних ресурсів з відходів сільського господарства

| Вид сировини | Коефіцієнт відходів | Коефіцієнт технічної доступності |
|--|---------------------|----------------------------------|
| Первинні відходи сільського господарства | | |
| Пшениця | 1,0 | 0,5 |
| Ячмінь | 0,8 | 0,5 |
| Інші зернові | 0,8 | 0,5 |
| Ріпак | 2,0 | 0,7 |
| Кукурудза на зерно | 1,5 | 0,7 |
| Соняшник | 2,0 | 0,67 |
| Вторинні відходи сільського господарства | | |
| Цукровий буряк | 0,8 | 0,86 |
| Соняшник | 0,2 | 0,67 |

Джерело: складено за матеріалами [70, 72–75]

Розрахунок поточного технічного потенціалу відновлюваних рослинних ресурсів з відходів сільського господарства на основі даних обсягу валового збору сільськогосподарських культур [1, 76]. Результати розрахунку поточного енергетичного потенціалу відновлюваних рослинних ресурсів з відходів сільського господарства представлено у табл. 1.11.

Таблиця 1.11

Поточний технічний потенціал відновлювальних рослинних ресурсів з відходів сільського господарства у 2019 р.

| Вид сировини | Валовий збір | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|---|--------------|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | млн т | млн т | млн т н. е. | млн т | млн т н. е. |
| Пшениця | 24,61 | 24,61 | 8,81 | 12,30 | 4,41 |
| Ячмінь | 7,35 | 5,88 | 2,11 | 2,94 | 1,05 |
| Інші зернові | 2,30 | 1,84 | 0,90 | 0,92 | 0,45 |
| Ріпак | 2,75 | 5,50 | 1,97 | 3,85 | 1,38 |
| Кукурудза на зерно | 35,80 | 53,70 | 19,24 | 37,59 | 13,47 |
| Соняшник | 14,17 | 28,33 | 10,14 | 18,98 | 6,79 |
| Разом первинні відходи | | 119,86 | 43,18 | 76,59 | 27,56 |
| Цукровий буряк | 13,97 | 11,17 | 0,45 | 9,61 | 0,39 |
| Соняшник | 14,17 | 2,83 | 0,76 | 1,90 | 0,51 |
| Разом вторинні відходи | | 14,01 | 1,22 | 11,51 | 0,90 |
| Усього відходів сільського господарства | | 133,87 | 44,40 | 88,09 | 28,46 |

Джерело: складено за матеріалами [1, 76]

Наведені у табл. 1.10 свідчать про те, що основну частку технічного потенціалу рослинних ресурсів з відходів сільського господарства України склали первинні відходи сільськогосподарських культур – 27,56 млн т н. е. (96,8 %). Варто виділити значимість таких складових технічного потенціалу як відходи від вирощування соняшника та кукурудзи, що забезпечується високими коефіцієнтами відходів та енергетичного використання цих культур.

У табл. 1.12 наведено дані, які характеризують технічний потенціал відновлюваних енергоресурсів з рослинних відходів сільського господарства в Україні за областями у 2019 р.

Таблиця 1.12

Технічний потенціал відновлювальних енергоресурсів з рослинних відходів сільського господарства за областями у 2019 р.

| Область | Валовий збір, млн т | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | | млн т | млн т н. е. | млн т | млн т н. е. |
| АР Крим | | | | | |
| Вінницька | 10,92 | 12,47 | 3,66 | 8,67 | 3,44 |
| Волинська | 2,04 | 2,17 | 0,66 | 1,41 | 0,57 |
| Дніпропетровська | 6,31 | 7,30 | 2,58 | 4,62 | 2,33 |
| Донецька | 2,44 | 2,62 | 0,94 | 1,58 | 0,80 |
| Житомирська | 3,83 | 4,54 | 1,46 | 3,08 | 1,36 |
| Закарпатська | 0,39 | 0,52 | 0,19 | 0,34 | 0,18 |
| Запорізька | 3,74 | 3,91 | 1,40 | 2,29 | 1,17 |
| Івано-Франківська | 1,06 | 1,27 | 0,44 | 0,80 | 0,39 |
| Київська | 6,75 | 8,05 | 2,53 | 5,54 | 2,40 |
| Кіровоградська | 7,17 | 8,53 | 2,94 | 5,64 | 2,75 |
| Луганська | 2,61 | 2,85 | 1,01 | 1,76 | 0,89 |
| Львівська | 2,48 | 2,69 | 0,80 | 1,76 | 0,69 |
| Миколаївська | 4,94 | 5,38 | 1,92 | 3,31 | 1,68 |
| Одеська | 6,44 | 7,07 | 2,53 | 4,22 | 2,15 |
| Полтавська | 9,74 | 12,05 | 3,93 | 8,29 | 3,77 |
| Рівненська | 2,18 | 2,30 | 0,65 | 1,55 | 0,58 |
| Сумська | 5,90 | 7,63 | 2,70 | 5,09 | 2,56 |
| Тернопільська | 4,96 | 5,28 | 1,46 | 3,60 | 1,31 |
| Харківська | 7,36 | 8,14 | 2,76 | 5,22 | 2,48 |
| Херсонська | 3,52 | 3,83 | 1,37 | 2,27 | 1,16 |
| Хмельницька | 6,46 | 7,43 | 2,30 | 5,02 | 2,12 |
| Черкаська | 6,75 | 8,48 | 2,86 | 5,74 | 2,72 |
| Чернівецька | 0,72 | 0,92 | 0,33 | 0,59 | 0,30 |
| Чернігівська | 6,40 | 8,43 | 2,96 | 5,69 | 2,84 |
| Усього по країні | 115,11 | 113,1 | 44,40 | 88,09 | 28,46 |

Джерело: складено за матеріалами [1, 76]

Найбільший серед областей України технічний потенціал відновлюваних енергоєресурсів з рослинних відходів сільського господарства наявний у Вінницькій, Полтавській і Черкаській областях. Їх частка у поточному технічному потенціалі відновлюваних енергоєресурсів з рослинних відходів сільського господарства країни становить 9,8 %, 9,4 % та 6,5 % відповідно.

Оцінка відновлюваних енергоєресурсів з рослинних відходів лісового господарства в Україні здійснюється на основі доступних статистичних даних та експертних оцінок фахівців. Процедура оцінки ґрунтується на визначенні обсягу відходів і залишків деревини. Відновлювані рослинні енергоєресурси з відходів лісового господарства включають наступні складові: залишки від заготівлі деревини на лісосіках, відходи первинної (розпилювання кругляка в ліспромгоспах) і вторинної (виготовлення готової продукції на доках) деревообробки і дрова.

Коефіцієнти, що використовуються для розрахунку технічного потенціалу відновлюваних рослинних енергоєресурсів з відходів лісового господарства, наведено у табл. 1.13.

Таблиця 1.13

**Коефіцієнти технічного потенціалу відновлюваних рослинних
ресурсів з відходів лісового господарства**

| Вид сировини | Коефіцієнт технічної доступності (КТД) |
|---|--|
| Залишок деревини на лісосіках, W 50 ... 60 % | 0,9 |
| Первинні(W 40 ... 45 %) та вторинні (W 25 ... 30 %) відходи деревообробки | 1,0 |
| Дрова, що вивозяться з лісосіки, W 40 ... 45 % | 0,7 |

Джерело: складено за матеріалами [70, 72–75]

У табл. 1.14 представлено дані, які характеризують технічний потенціал відновлювальних рослинних ресурсів з відходів лісового господарства України.

Поточний енергетичний потенціал відновлювальних рослинних ресурсів з відходів лісового господарства оцінюється на рівні 1,82 млн т н. е. Основну частку у структурі технічного потенціалу відновлюваних рослинних

енергоресурсів з відходів лісового господарства в Україні становлять дрова, що вивозяться з лісосіки – 48,7 %.

Таблиця 1.14

Технічний потенціал відновлюваних рослинних енергоресурсів з відходів лісового господарства в Україні у 2019 р.

| Вид сировини | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|--|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | млн м ³ | млн т н. е. | млн м ³ | млн т н. е. |
| Залишок деревини на лісосіках, W 50 ... 60% | 1,06 | 0,18 | 0,96 | 0,16 |
| Первинні (W 40 ... 45%) та вторинні (W 25 ... 30%) відходи деревообробки | 3,05 | 0,74 | 3,05 | 0,74 |
| Дрова, що вивозяться з лісосіки, W 40 ... 45% | 5,42 | 1,31 | 3,80 | 0,92 |
| Всього лісові відходи | 9,54 | 2,23 | 7,81 | 1,82 |

Джерело: складено за матеріалами [76]

У табл. 1.15 наведено дані, які характеризують поточний технічний потенціал відновлюваних рослинних енергоресурсів з відходів лісового господарства за областями.

Таблиця 1.15

Технічний потенціал відновлюваних рослинних енергоресурсів з відходів лісового господарства за областями у 2019 р.

| Область | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|-------------------|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | млн м ³ | млн т н. е. | млн м ³ | млн т н. е. |
| АР Крим | | | | |
| Вінницька | 0,31 | 0,076 | 0,25 | 0,060 |
| Волинська | 0,88 | 0,195 | 0,73 | 0,161 |
| Дніпропетровська | 0,06 | 0,013 | 0,05 | 0,011 |
| Донецька | 0,03 | 0,008 | 0,03 | 0,006 |
| Житомирська | 1,69 | 0,395 | 1,38 | 0,322 |
| Закарпатська | 0,60 | 0,140 | 0,49 | 0,114 |
| Запорізька | 0,01 | 0,002 | 0,01 | 0,002 |
| Івано-Франківська | 0,56 | 0,131 | 0,46 | 0,107 |
| Київська | 0,97 | 0,227 | 0,79 | 0,185 |
| Кіровоградська | 0,09 | 0,022 | 0,08 | 0,018 |
| Луганська | 0,11 | 0,026 | 0,09 | 0,021 |
| Львівська | 0,59 | 0,137 | 0,48 | 0,112 |

Закінчення табл. 1.15

| Область | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|------------------|-----------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | млн м ³ | млн т н. е. | млн м ³ | млн т н. е. |
| Миколаївська | 0,01 | 0,003 | 0,01 | 0,002 |
| Одеська | 0,04 | 0,009 | 0,03 | 0,008 |
| Полтавська | 0,18 | 0,042 | 0,15 | 0,034 |
| Рівненська | 0,87 | 0,203 | 0,71 | 0,166 |
| Сумська | 0,51 | 0,118 | 0,41 | 0,097 |
| Тернопільська | 0,12 | 0,029 | 0,10 | 0,024 |
| Харківська | 0,22 | 0,052 | 0,18 | 0,043 |
| Херсонська | 0,03 | 0,006 | 0,02 | 0,005 |
| Хмельницька | 0,41 | 0,095 | 0,33 | 0,077 |
| Черкаська | 0,37 | 0,086 | 0,30 | 0,070 |
| Чернівецька | 0,30 | 0,071 | 0,25 | 0,058 |
| Чернігівська | 0,75 | 0,175 | 0,61 | 0,143 |
| Усього по країні | 9,54 | 2,23 | 7,81 | 1,819 |

Джерело: складено за матеріалами [76]

Результати оцінки технічного потенціалу відновлюваних рослинних енергоресурсів з відходів лісового господарства за областями виявили, що найбільший технічний потенціал зосереджено у Житомирській (17,7 %), Київській (10,1 %), Волинській (9,3 %), Рівненській (9,1 %) та Чернігівській (7,8 %) областях.

Україна належить до переліку країн із середнім рівнем накопичення торфу. Щорічно на існуючих торф'яних болотах утворюється близько 1 мм торфу [65, 70]. Саме цей торф можна вважати відновлюваним джерелом енергії і відносити до сировинної бази виробництва твердого біопалива.

Процедура розрахунку теоретичного потенціалу торфу ґрунтується на визначенні обсягів щорічного утворення торфу, виходячи з відомого рівня накопичення торфу (1 мм/рік), насипної маси і площі торф'яних родовищ в межах промислової глибини [65]. Технічно досяжний потенціал становить частку теоретично можливого потенціалу, що видобувається та використовується на енергетичні та інші потреби. Коефіцієнт для розрахунку поточного технічного потенціалу відновлювального торфу складає 0,6 [65, 70].

У табл. 1.16 наведено дані щодо поточного технічного потенціалу відновлювального торфу за областями.

Таблиця 1.16

Технічний потенціал відновлюваного торфу за областями України у 2019 р.

| Область | Теоретичний потенціал | | Технічний потенціал | |
|-------------------|-----------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | тис. т | тис. т н. е. | тис. т | тис. т н. е. |
| АР Крим | - | - | - | - |
| Вінницька | 28,45 | 8,02 | 17,07 | 4,81 |
| Волинська | 394,74 | 111,32 | 236,84 | 66,79 |
| Дніпропетровська | 0,12 | 0,03 | 0,07 | 0,02 |
| Донецька | 1,51 | 0,43 | 0,91 | 0,26 |
| Житомирська | 107,74 | 30,39 | 64,65 | 18,23 |
| Закарпатська | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,01 |
| Запорізька | 0,94 | 0,27 | 0,57 | 0,16 |
| Івано-Франківська | 9,01 | 2,54 | 5,41 | 1,52 |
| Київська | 162,05 | 45,70 | 97,23 | 27,42 |
| Кіровоградська | 3,65 | 1,03 | 2,19 | 0,62 |
| Луганська | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| Львівська | 153,33 | 43,24 | 92,00 | 25,94 |
| Миколаївська | 0,73 | 0,20 | 0,44 | 0,12 |
| Одеська | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Полтавська | 93,58 | 26,39 | 56,15 | 15,83 |
| Рівненська | 357,47 | 100,81 | 214,48 | 60,49 |
| Сумська | 106,55 | 30,05 | 63,93 | 18,03 |
| Тернопільська | 49,40 | 13,93 | 29,64 | 8,36 |
| Харківська | 4,94 | 1,39 | 2,97 | 0,84 |
| Херсонська | 3,93 | 1,11 | 2,36 | 0,66 |
| Хмельницька | 57,34 | 16,17 | 34,41 | 9,70 |
| Черкаська | 45,85 | 12,93 | 27,51 | 7,76 |
| Чернівецька | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Чернігівська | 262,09 | 73,91 | 157,26 | 44,35 |
| Усього по країні | 1860,04 | 524,56 | 1116,03 | 314,74 |

Джерело: складено за матеріалами [70, 72–75]

Поточний технічний потенціал відновлюваного торфу в Україні оцінюється на рівні 314,74 тис. т н. е. Найбільший технічний потенціал відновлюваного торфу зосереджено у Волинській (21 %), Рівненській (18,2 %), Чернігівській (13 %) та Київській (8,4 %) областях.

Енергетичні культури представляють рослини, які спеціально вирощуються для використання їх в якості палива або ж для виробництва на їх основі біопалива. Класичні енергетичні культури можна розділити на кілька

видів: однолітні трави, багаторічні трави, швидкоростучі дерева і деревоподібні рослини [70].

Україна має великі площі сільськогосподарських угідь, при цьому частина ріллі є вільною від виробництва сільськогосподарських культур. Ці землі потенційно можуть бути використані для вирощування енергетичних культур [77].

Оцінка потенціалу енергетичних культур передбачає врахування природно-кліматичних особливостей територій та незадіяних в сільгосподарській діяльності площ, які визначаються через різницю між площею ріллі та посівною площею [70, 71, 76]. Вихідні дані для розрахунку вільної площі ріллі за регіонами України наведено в табл. 1.17.

Таблиця 1.17

**Розподіл сільськогосподарських угідь та посівні площі
сільськогосподарських культур за регіонами України в 2019 р., тис. га**

| Область | Загальна площа | Сільсько-господарські угіддя | в. т. ч. рілля | Посівна площа | Вільна площа ріллі |
|-------------------|----------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------|
| АР Крим | - | - | - | - | - |
| Вінницька | 2649,2 | 2012,0 | 1730,5 | 1624,8 | 105,7 |
| Волинська | 2014,4 | 1047,5 | 672,3 | 577,3 | 95,0 |
| Дніпропетровська | 3192,3 | 2511,5 | 2126,8 | 1952,7 | 174,1 |
| Донецька | 2651,7 | 2044,0 | 1654,2 | 1003,8 | 650,4 |
| Житомирська | 2982,7 | 1504,0 | 1144,0 | 1042,3 | 101,7 |
| Закарпатська | 1275,3 | 450,7 | 199,9 | 188,9 | 11,0 |
| Запорізька | 2718,3 | 2237,9 | 1900,8 | 1672,4 | 228,4 |
| Івано-Франківська | 1392,7 | 621,2 | 400,7 | 380,9 | 19,8 |
| Київська | 2895,7 | 1608,5 | 1321,1 | 1190,9 | 130,2 |
| Кіровоградська | 2458,8 | 2032,0 | 1769,0 | 1702,9 | 66,1 |
| Луганська | 2668,3 | 1906,5 | 1275,2 | 825,2 | 450,0 |
| Львівська | 2183,1 | 1240,0 | 770,9 | 674,9 | 96,0 |
| Миколаївська | 2458,5 | 2000,4 | 1708,4 | 1564,8 | 143,6 |
| Одеська | 3331,4 | 2588,2 | 2077,0 | 1860,4 | 216,6 |
| Полтавська | 2875,0 | 2167,2 | 1817,2 | 1719,0 | 98,2 |
| Рівненська | 2005,1 | 922,0 | 658,4 | 574,5 | 83,9 |
| Сумська | 2383,2 | 1695,0 | 1234,6 | 1162,5 | 72,1 |
| Тернопільська | 1382,4 | 1036,2 | 851,3 | 839,2 | 12,1 |
| Харківська | 3141,8 | 2381,2 | 1936,9 | 1792,7 | 144,2 |
| Херсонська | 2846,1 | 1962,1 | 1780,0 | 1396,2 | 383,8 |

Закінчення таблиці 1.17

| Область | Загальна площа | Сільськогосподарські угіддя | в. т. ч. рілля | Посівна площа | Вільна площа ріллі |
|------------------|----------------|-----------------------------|----------------|---------------|--------------------|
| Хмельницька | 2062,9 | 1561,0 | 1326,2 | 1186,2 | 140,0 |
| Черкаська | 2091,6 | 1449,7 | 1272,4 | 1187,7 | 84,7 |
| Чернівецька | 809,6 | 469,8 | 330,8 | 307,4 | 23,4 |
| Чернігівська | 3190,3 | 2060,4 | 1455,9 | 1271,7 | 184,2 |
| Усього по країні | 60354,9 | 41329,0 | 32698,5 | 27699,3 | 4999,2 |

Джерело: складено за матеріалами [76]

Розглянемо потенціал класичних енергетичних культур, які доцільно вирощувати на території України. Такими культурами є верба та міскантус.

Теоретичний потенціал розраховується, виходячи з площі насадження певної культури та її врожайності. Технічно досяжний потенціали визначається, відповідно, через коефіцієнт технічної доступності (0,85) [65, 70, 71].

Припускається, що під енергетичні культури можливо відвести половину вільної площі ріллі, яка планується засаджувати вербою та міскантусом порівну. У табл. 1.18 наведено дані, які характеризують поточний теоретичний та технічний потенціал енергетичної верби в Україні за областями за умови використання 25 % всієї вільної площі ріллі.

Таблиця 1.18

Технічний потенціал енергетичної верби за областями у 2019 р.

| Область | 25 % вільної площі ріллі, га | Теоретичний потенціал | | | Технічний потенціал | | |
|-------------------|------------------------------|-----------------------|----------|-------------|---------------------|----------|-------------|
| | | тис. т/рік | ТДж | тис. т н.е. | тис. т/рік | ТДж | тис. т н.е. |
| АР Крим | | | | | | | |
| Вінницька | 26425 | 343,53 | 6355,21 | 151,79 | 292,00 | 5401,93 | 129,02 |
| Волинська | 23750 | 308,75 | 5711,88 | 136,43 | 262,44 | 4855,09 | 115,96 |
| Дніпропетровська | 43525 | 565,83 | 10467,76 | 250,02 | 480,95 | 8897,60 | 212,52 |
| Донецька | 162600 | 2113,80 | 39105,30 | 934,01 | 1796,73 | 33239,51 | 793,91 |
| Житомирська | 25425 | 330,53 | 6114,71 | 146,05 | 280,95 | 5197,51 | 124,14 |
| Закарпатська | 2750 | 35,75 | 661,38 | 15,80 | 30,39 | 562,17 | 13,43 |
| Запорізька | 57100 | 742,30 | 13732,55 | 328,00 | 630,96 | 11672,67 | 278,80 |
| Івано-Франківська | 4950 | 64,35 | 1190,48 | 28,43 | 54,70 | 1011,90 | 24,17 |
| Київська | 32550 | 423,15 | 7828,27 | 186,98 | 359,68 | 6654,03 | 158,93 |

Закінчення таблиці 1.18

| Область | 25 % вільної площі ріллі, га | Теоретичний потенціал | | | Технічний потенціал | | |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------|----------------|---------------------|----------|----------------|
| | | тис. т/ рік | ТДж | тис. т н.е. | тис. т/ рік | ТДж | тис. т н.е. |
| Кіровоградська | 16525 | 214,83 | 3974,26 | 94,92 | 182,60 | 3378,12 | 80,69 |
| Луганська | 112500 | 1462,50 | 27056,25 | 646,23 | 1243,13 | 22997,81 | 549,29 |
| Львівська | 24000 | 312,00 | 5772,00 | 137,86 | 265,20 | 4906,20 | 117,18 |
| Миколаївська | 35900 | 466,70 | 8633,95 | 206,22 | 396,70 | 7338,86 | 175,29 |
| Одеська | 54150 | 703,95 | 13023,08 | 311,05 | 598,36 | 11069,61 | 264,39 |
| Полтавська | 24550 | 319,15 | 5904,28 | 141,02 | 271,28 | 5018,63 | 119,87 |
| Рівненська | 20975 | 272,68 | 5044,49 | 120,49 | 231,77 | 4287,81 | 102,41 |
| Сумська | 18025 | 234,33 | 4335,01 | 103,54 | 199,18 | 3684,76 | 88,01 |
| Тернопільська | 3025 | 39,32 | 727,51 | 17,38 | 33,43 | 618,39 | 14,77 |
| Харківська | 36050 | 468,65 | 8670,03 | 207,08 | 398,35 | 7369,52 | 176,02 |
| Херсонська | 95950 | 1247,35 | 23075,98 | 551,16 | 1060,25 | 19614,58 | 468,49 |
| Хмельницька | 35000 | 455,00 | 8417,50 | 201,05 | 386,75 | 7154,88 | 170,89 |
| Черкаська | 21175 | 275,28 | 5092,59 | 121,63 | 233,98 | 4328,70 | 103,39 |
| Чернівецька | 5850 | 76,05 | 1406,93 | 33,60 | 64,64 | 1195,89 | 28,56 |
| Чернігівська | 46050 | 598,65 | 11075,03 | 264,52 | 508,85 | 9413,77 | 224,84 |
| Усього по країні | 1249800 | 16247,4 | 300576,9 | 7179,2 | 13810,3 | 255490,4 | 6102,28 |

Джерело: власна розробка

Найбільший поточний технічний потенціал енергетичної верби зосереджено у Донецькій – 13 %, Луганській – 9 %, Херсонській – 7,7 %, Запорізькій – 4,6 %, Одеській – 4,3 %, Чернігівській – 3,7 % та Дніпропетровській – 3,5 % областях. У цих областях зосереджено близько 46 % сукупного енергетичного потенціалу енергетичної верби в Україні.

У табл. 1.19 наведено дані, які характеризують поточний технічний потенціал міскантусу в Україні за областями за умови використання 25 % всієї вільної площі ріллі.

Найбільший поточний технічний потенціал міскантусу зосереджено у Донецькій – 1,2 млн т н.е., Луганській – 0,82 млн т н.е., Херсонській – 0,7 млн т н.е., Запорізькій – 0,42 млн т н.е., Одеській – 0,4 млн т н.е., Чернігівській – 0,34 млн т. н.е. та Дніпропетровській – 0,32 млн т. н.е. областях. У цих областях

зосереджено близько 46 % сукупного енергетичного потенціалу енергетичної верби в Україні.

Таблиця 1.19

Технічний енергетичний потенціал міскантусу за областями у 2019 р.

| Область | 25 % вільної площі ріллі, га | Теоретичний потенціал | | | Технічний потенціал | | |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------|-------------|---------------------|----------|----------------|
| | | тис. т/ рік | ТДж | тис. т н.е. | тис. т/ рік | ТДж | тис. т н.е. |
| АР Крим | | | | | | | |
| Вінницька | 26425 | 528,5 | 9513,0 | 227,21 | 449,2 | 8086,1 | 193,13 |
| Волинська | 23750 | 475,0 | 8550,0 | 204,21 | 403,8 | 7267,5 | 173,58 |
| Дніпропетровська | 43525 | 870,5 | 15669,0 | 374,25 | 739,9 | 13318,7 | 318,11 |
| Донецька | 162600 | 3252,0 | 58536,0 | 1398,11 | 2764,2 | 49755,6 | 1188,39 |
| Житомирська | 25425 | 508,5 | 9153,0 | 218,62 | 432,2 | 7780,1 | 185,82 |
| Закарпатська | 2750 | 55,0 | 990,0 | 23,65 | 46,8 | 841,5 | 20,10 |
| Запорізька | 57100 | 1142,0 | 20556,0 | 490,97 | 970,7 | 17472,6 | 417,33 |
| Івано-Франківська | 4950 | 99,0 | 1782,0 | 42,56 | 84,2 | 1514,7 | 36,18 |
| Київська | 32550 | 651,0 | 11718,0 | 279,88 | 553,3 | 9960,3 | 237,90 |
| Кіровоградська | 16525 | 330,5 | 5949,0 | 142,09 | 280,9 | 5056,6 | 120,78 |
| Луганська | 112500 | 2250,0 | 40500,0 | 967,33 | 1912,5 | 34425,0 | 822,23 |
| Львівська | 24000 | 480,0 | 8640,0 | 206,36 | 408,0 | 7344,0 | 175,41 |
| Миколаївська | 35900 | 718,0 | 12924,0 | 308,68 | 610,3 | 10985,4 | 262,38 |
| Одеська | 54150 | 1083,0 | 19494,0 | 465,61 | 920,6 | 16569,9 | 395,77 |
| Полтавська | 24550 | 491,0 | 8838,0 | 211,09 | 417,4 | 7512,3 | 179,43 |
| Рівненська | 20975 | 419,5 | 7551,0 | 180,35 | 356,6 | 6418,4 | 153,30 |
| Сумська | 18025 | 360,5 | 6489,0 | 154,99 | 306,4 | 5515,6 | 131,74 |
| Тернопільська | 3025 | 60,5 | 1089,0 | 26,01 | 51,4 | 925,6 | 22,11 |
| Харківська | 36050 | 721,0 | 12978,0 | 309,97 | 612,9 | 11031,3 | 263,48 |
| Херсонська | 95950 | 1919,0 | 34542,0 | 825,02 | 1631,2 | 29360,7 | 701,27 |
| Хмельницька | 35000 | 700,0 | 12600,0 | 300,95 | 595,0 | 10710,0 | 255,80 |
| Черкаська | 21175 | 423,5 | 7623,0 | 182,07 | 360,0 | 6479,6 | 154,76 |
| Чернівецька | 5850 | 117,0 | 2106,0 | 50,30 | 99,5 | 1790,1 | 42,76 |
| Чернігівська | 46050 | 921,0 | 16578,0 | 395,96 | 782,9 | 14091,3 | 336,56 |
| Усього по країні | 1249800 | 24996,0 | 449928,0 | 10746,35 | 21246,6 | 382438,8 | 9134,39 |

Джерело: власна розробка

Зведені дані, які характеризують поточний технічний енергетичних потенціал рослинних ресурсів в Україні за видами, представлено у табл. 1.20.

Таблиця 1.20

**Поточний технічний енергетичних потенціал рослинної біомаси
за видами у 2019 р., тис. т н.е.**

| Вид ресурсу | Енергетичний потенціал | |
|--|------------------------|---------------------|
| | теоретичний потенціал | технічний потенціал |
| Солома пшениці | 8,81 | 4,41 |
| Солома ячменю | 2,11 | 1,05 |
| Солома інших зернобобових | 0,90 | 0,45 |
| Солома ріпаку | 1,97 | 1,38 |
| Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, листя, стрижні початків) | 19,24 | 13,47 |
| Відходи виробництва соняшника (стебла, кошики) | 10,14 | 6,79 |
| Всього первинні відходи с/г | 43,18 | 27,56 |
| Жом цукрового буряка | 0,45 | 0,39 |
| Лушпиння соняшника | 0,76 | 0,51 |
| Всього вторинні відходи с/г | 1,22 | 0,90 |
| Залишок деревини на лісосіках, W 50 ... 60% | 0,18 | 0,16 |
| Первинні (W 40 ... 45%) і вторинні (W 25 ... 30%) відходи деревообробки | 0,74 | 0,74 |
| Дрова, що вивозяться з лісосіки, W 40 ... 45% | 1,31 | 0,92 |
| Всього відходи лісового господарства | 2,23 | 1,82 |
| Відновлювальний торф | 0,52 | 0,31 |
| Енергетична верба | 7,18 | 6,10 |
| Міскантус | 10,75 | 9,13 |
| Енергетичні культури | 17,93 | 15,23 |
| Всі джерела разом | 65,08 | 45,82 |

Джерело: власна розробка

Дані, які характеризують поточний технічний енергопотенціал біомаси рослинного походження за видами та областями представлено у табл. 1.21.

Таблиця 1.21

Поточний технічний енергопотенціал рослинної біомаси за видами та областями у 2019 р., тис. т н. е.

| Область | Відходи сільського господарства | Відходи лісового господарства | Відновлювальний торф | Енергетична верба | Міскантус | Всього |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-----------|--------|
| Вінницька | 2410,98 | 60,22 | 4,81 | 129,02 | 193,13 | 2798,2 |
| Волинська | 396,69 | 161,43 | 66,79 | 115,96 | 173,58 | 914,45 |
| Дніпропетровська | 1632,17 | 10,7 | 0,02 | 212,52 | 318,11 | 2173,5 |
| Донецька | 561,42 | 6,22 | 0,26 | 793,91 | 1188,39 | 2550,2 |

Закінчення табл. 1.21

| Область | Відходи сільського господарства | Відходи лісового господарства | Відновлювальний торф | Енергетична верба | Міскантус | Всього |
|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-----------|--------|
| Житомирська | 955,25 | 322,14 | 18,23 | 124,14 | 185,82 | 1605,6 |
| Закарпатська | 123,97 | 114,42 | 0,01 | 13,43 | 20,1 | 271,93 |
| Запорізька | 816,41 | 1,86 | 0,16 | 278,8 | 417,33 | 1514,6 |
| Івано-Франківська | 274,27 | 106,55 | 1,52 | 24,17 | 36,18 | 442,69 |
| Київська | 1679,2 | 185,1 | 27,42 | 158,93 | 237,9 | 2288,6 |
| Кіровоградська | 1923,64 | 17,94 | 0,62 | 80,69 | 120,78 | 2143,7 |
| Луганська | 625,42 | 21,35 | 0,01 | 549,29 | 822,23 | 2018,3 |
| Львівська | 485,69 | 111,79 | 25,94 | 117,18 | 175,41 | 916,01 |
| Миколаївська | 1174,44 | 2,3 | 0,12 | 175,29 | 262,38 | 1614,5 |
| Одеська | 1508,09 | 7,55 | 0,00 | 264,39 | 395,77 | 2175,8 |
| Полтавська | 2641,87 | 34,15 | 15,83 | 119,87 | 179,43 | 2991,2 |
| Рівненська | 404,86 | 165,67 | 60,49 | 102,41 | 153,3 | 886,73 |
| Сумська | 1790,94 | 96,53 | 18,03 | 88,01 | 131,74 | 2125,3 |
| Тернопільська | 919,55 | 23,65 | 8,36 | 14,77 | 22,11 | 988,44 |
| Харківська | 1735,62 | 42,63 | 0,84 | 176,02 | 263,48 | 2218,6 |
| Херсонська | 811,4 | 5 | 0,66 | 468,49 | 701,27 | 1986,8 |
| Хмельницька | 1486,69 | 77,25 | 9,70 | 170,89 | 255,8 | 2000,3 |
| Черкаська | 1900,9 | 70,45 | 7,76 | 103,39 | 154,76 | 2237,3 |
| Чернівецька | 211,77 | 57,59 | 0,00 | 28,56 | 42,76 | 340,68 |
| Чернігівська | 1986,1 | 142,92 | 44,35 | 224,84 | 336,56 | 2734,8 |
| Усього по країні | 28457,6 | 1818,76 | 314,74 | 6102,28 | 9134,39 | 45828 |

Джерело: власна розробка

Найбільший технічний енергопотенціал мають рослинні відходи сільського господарства. Їх частка у структурі технічного енергопотенціалу рослинної біомаси становить 62,1 %. Другим у структурі енергетичного потенціалу твердого біопалива став міскантус – 19,9 %. Частка енергетичної верби склала 13,3 %. Поточний енергетичний потенціал твердого біопалива в Україні оцінюється на рівні 45,8 млн. т н. е.

Найбільший поточний технічний потенціал твердого біопалива зосереджено у Полтавській – 6,53 %, Вінницькій – 6,11 %, Чернігівській – 5,97 %, Донецькій – 5,56 %, Київській – 4,99 %, Черкаській – 4,88 %, Харківській – 4,84 % та Одеській – 4,74 % областях. У цих областях зосереджено близько 45 % сукупного енергетичного потенціалу твердого біопалива України.

Висновки до розділу 1

1. Розроблено науково-аналітичне забезпечення із структурної декомпозиції балансу твердого біопалива у енергетичних потоках національного господарства, що, на відміну від існуючих, визначає напрямки його забезпечення та використання та забезпечує визначення проблем його розвитку за сферами господарювання. За результатами дослідження сформульовано проблему, що тверде біопалива недооцінено в енергетичних потоках національного господарства:

– глибина проникнення твердого біопалива в загальний енергетичний потік національного господарства склала 3 %;

– енергетичний потік твердого біопалива є профіцитним, внутрішнє виробництво в якому перекидає на 13 % його потреби;

– у структурі енергокористування твердого біопалива переважають кінцеві споживачі із часткою 58 %, тоді як сектором енергоперетворення використовується лише 5 % твердого біопалива від загальних його обсягів споживання органічного палива.

2. Аналіз чинної системи нормативно-правового регулювання виробництва і використання біопалива в Україні виявив недооцінену увагу держави до розв'язання проблеми розвитку його виробництва та використання як найбільш пріоритетного джерела низьковуглецевого розвитку:

– стратегічною метою було забезпечення у 2020 р. частки відновлюваних джерел енергії на рівні 9 %, у т.ч. біопалива – 4,9 %. Однак, у фактичному енергобалансі 2018 р. їх частки склали склала 5,0 % та 3,4 % відповідно. Відтак, можна стверджувати про недосягнення цієї мети.

– в Україні залишилися не впроваджені ряд норм Директиви 2009/28/ЄС, міжнародні стандарти сертифікації біопалива, а державна підтримки виробників та споживачів була недостатньою.

3. У роботі на основі аналізу наукових праць зарубіжних і вітчизняних вчених із застосуванням системно-логічного аналізу набула подальшого розвитку сутність поняття «енергетичного потенціалу твердого біопалива». Під поняттям енергетичний потенціал твердого біопалива – розуміється сукупний теоретичний потенціал відновлюваних ресурсів з урахуванням досягнення максимального значення коефіцієнту перетворення такого палива в готові тверді продукти.

У дослідженні було визначено високий енергетичний потенціал твердого біопалива в Україні та виявлено проблему недостатності його використання. У 2019 р. теоретичний рівень енергопотенціалу твердого біопалива склав 65 млн т н.е., а технічний склав – 46 млн т н.е., тоді як його використано було лише 2,4 % від технічного рівня.

Основні наукові результати розділу опубліковані у працях автора [5, 6, 11, 12, 15, 16, 47, 62, 72–75]

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Паливно-енергетичні ресурси України: статистичний збірник. Під кер. А. О. Фризоренко. К. : Державна служба статистики України. 2019. 194 с.
3. Енергетичний баланс України за 2018 р. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/En_bal/Bal_2018_u.xls
4. Енергетичний баланс України (продуктовий) за 2018 р. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2014/energ/en_bal_prod/Bal_prod_2018_u.xls
5. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафти в Україні. Проблеми економіки. № 4. 2012 р. С. 56-67.
6. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафтопродуктів в Україні. Моделювання регіональної економіки. 2012. № 2. С. 292–306.
7. BP Statistical Review of World Energy 2020. British Petroleum URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
8. BP Statistical Review of World Energy 2020. British Petroleum. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-all-data.xlsx>
9. U. S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/international/data/world>
10. Annual Statistical Bulletin 2014. The Organization of the Petroleum Exporting Countries. URL: https://nangs.org/analytics/download/5570_82fb2170250ff088b5a53325ea3480b8
11. Костенко Д. М. Зменшення енерго та газоємності ВВП України як крок до сталого соціально-економічного розвитку України // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: тези

доповіді міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 23-24 травня. 2013 р.). Харків: ФОП Александрова К. М., 2013. С. 167–171.

12. Костенко Д. М. Ринок природного газу України: стан та перспективи // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 14–15 листоп. 2013 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2013. С. 308–312.

13. Energy balance. Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/Energy-Balances-April-2020-edition.zip/69da6e9f-bf8f-cd8e-f4ad-50b52f8ce616>

14. Зовнішня торгівля окремими видами товарів за країнами світу. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/zd/e_iovt/arh_iovt2020.htm.

15. Костенко Д. М. Аналіз ринку рідкого біопалива в Україні. Моделювання регіональної економіки. 2017. № 2(30). С. 334–348

16. Костенко Д. М. Структурний аналіз енергетичного балансу твердого палива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: тези доповіді міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Харків, 13 листоп. 2020 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. С. 308–313.

17. Про енергозбереження: Закон України від від 01.07.1994 № 74/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80/ed20201016#Text>

18. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/555-15#Text>

19. Про альтернативні види палива: Закон України від 14.01.2000 № 1391-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1391-14#Text>

20. Угода про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами. URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/998_012

21. Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу: Закон України від 18.03.2014 № 1629-IV. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1629-15>

22. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства: Закон України від 15.12.2010 № 2787-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2787-17#Text>

23. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства від 25.10.2005 № 994_926. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926#Text

24. Decision on the implementation of Directive 2009/28/EC and amending Article 20 of the Energy Community Treaty: Decision of the Ministerial Council of the Energy Community from 18/10/2012 # D/2012/04/MC-EnC URL: https://www.energy-community.org/dam/jcr:f2d4b3b8-de85-41b2-aa28-142854b65903/Decision_2012_04_MC_RE.pdf

25. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

26. Співробітництво з ЄС. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/mizhnarodne-spivrobotnytstvo/eu-integration>

27. Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС. Дорожня карта з розвитку ринку твердого біопалива України. Розпорядження КМУ від 03.09.2014 № 791. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80#Text>

28. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року: План Держенергоефективності України від 25.11.2015. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0001824-15/paran2#n2>

29. Кабінет Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/>

30. Міністерство розвитку громад та територій України. URL: <https://www.minregion.gov.ua/>
31. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/>
32. Міністерство енергетики України URL: <http://mre.kmu.gov.ua/>
33. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. URL: <https://agro.me.gov.ua/ua>
34. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://saee.gov.ua/>
35. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <http://www.nerc.gov.ua/>
36. Про затвердження Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010–2021 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 01.03. 2010 року № 243-2010-п. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF#Text>
37. Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.09.2014 р. № 453. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/453-2014-%D0%BF#Text>
38. Про стимулювання заміщення природного газу у сфері тепlopостачання: Постанова Кабінету Міністрів України від 9.07.2014 р. № 293. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/293-2014-%D0%BF#Text>
39. Про порядок видачі свідоцтва про належність палива до альтернативного: Постанова Кабінету Міністрів України від 5.10.2004 р. № 1307. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1307-2004-%D0%BF#Text>
40. Про затвердження Плану коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.10.2014 № 1014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1014-2014-%D1%80#Text>

41. Енергетична стратегія до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>

42. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів від 18.08.2017 № 605-2017-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>

43. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів від 01.10.2014 № 902-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#Text>

44. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

45. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії: Закон України від 04.06.2015 № 514-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-19#Text>

46. Кизим М. О., Котляров Є. І. Аналіз діючого порядку обґрунтування тарифів на виробництво, постачання та споживання теплової енергії. Бізнес Інформ. 2020. № 3. С.373-381. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-3-373-381

47. Кизим М. О., Лелюк О. В., Костенко Д. М. Оцінка і діагностика розвитку розподіленої енергетики в Україні. Проблеми економіки. 2018. № 4 (38). С. 56–67.

48. ПрАТ «Національна енергетична компанія «Укренерго». URL: <https://ua.energy/>

49. Про ліцензування видів господарської діяльності: Закон України від 02.03.2015 № 222-VIII (із змінами). URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/222-19>

50. Документування найкращих практик застосування біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні. Проект UNDP, GEF, 2015. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/2a/3d/2a3da499-5057-4a5f-8e5b-

565a52daf34c/dokumentuvannia_naikrashchikh_praktik_zast_bioenerget_tekhnologii.pdf

51. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15.01.2015 № 124-VIII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/124-19>

52. Про стандартизацію: Закон України від 05.06.2014 № 1315-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text>

53. ДСТУ 7124:2009 «Лушпиння соняшнику пресоване гранульоване. Технічні умови» уведено в дію 01.01.2012, внесено зміни у 2014 році. URL: http://auek.kpi.ua/Standarts_energy/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20EN%207124-2009.pdf.

54. Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів та стандартів ЄС: посібник. 2014 р. URL: [http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf).

55. Наказ ДП “Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості” від 21.08.2015 № 101. URL: http://www.leonorm.lviv.ua/p/NL_DOC/UA/2015/Nak_101.htm

56. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнєв С. В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. Аналітична записка №20 Біоенергетичної асоціації України. 18 травня 2018. URL: <https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf>

57. Система сертифікації ENplus. URL: <https://enplus-pellets.eu/en-in/>

58. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements: ISO 17225-1:2014 . URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17225:-1:ed-1:v1:en>

59. Коломийченко М. В. Дорожня карта розвитку ринку твердого біопалива України. Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні». 18 листопада 2016. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-

943a-

a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdogo_biopaliva_ukrayini.pdf

60. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Драгнев С. В. Аналіз можливостей виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси сільськогосподарського походження в Україні. Частина 2. Теплофізика та теплоенергетика. 2019. т. 41. №1. С.67–73.

61. Energy Community Secretariat's Review of the National Energy Regulatory Authority of Ukraine. Energy Community Secretariat. URL: https://www.energy-community.org/dam/jcr:6eb10b22-ca6a-4c43-8c9f-f3614dab3c91/ECS_NEURC_reg_report_032018.pdf

62. Костенко Д. М. Законодавче та нормативно-правове забезпечення стимулювання використання та виробництва біопалива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: тези доп. міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Харків, 14 листопада 2019 р.) Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2019. С.409–411.

63. Большой энциклопедический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Большая Российская энциклопедия. СПб.: Норинт, 1998. 1456 с.

64. Голубовська О. В. Сутність поняття «енергетичний потенціал». Економіка АПК. 2009. №11. С.44–46.

65. Базюк Т. М. Особливості оцінки енергетичного потенціалу та зміни енергетичного балансу регіону. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. Спецвипуск. С.27–30.

66. Лукашов Г. А. Методические подходы к оценке энергетического потенциала региона. Нефтегазовое дело. 2011. № 2. С.347–354.

67. Сизонова І. В. Енергетичний потенціал як об'єкт аналізу використання та збереження енергії. Вісник Сумського державного аграрного університету. Серія Економіка. 2004. № 1. С. 160–166.

68. Єфімова Г. В. Оцінка економічної ефективності інвестицій в енергозбереження в промисловості (на прикладі машинобудування): дис. канд. екон. наук : 08.07.01. Одеса, 2002. 185 с.

69. Кітченко О. М. Сутність та складові потенціалу енергозбереження промислового підприємства в умовах трансформації економіки. Економіка та управління підприємствами. 2012. № 2. С. 136-143.

70. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М., Матвеев Ю. Б., Дроздова О. І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревна біомаса. 2010. Т. 32, № 5. С. 58–65.

71. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / П. І. Лакида, Г. Г. Гелетуха, Р. Д. Василюшин / за ред. П. І. Лакида. Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2011. 28 с.

72. Костенко Д. М. Оценка энергетического потенциала биомассы в областях Украины // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 22-23 травня 2015 року) Харків: ФОП Александрова К. М., 2015. С. 171–177.

73. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу місцевих енергетичних ресурсів регіону. Науковий вісник Херсонського державного університету. м. Херсон. 2015. Випуск 14. Частина 1. С. 100–103.

74. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Потенціал місцевих енергетичних ресурсів // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: тези доповіді міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 18-19 листопада 2015 року) Харків : ПП Лібуркіна Л. М., 2015. С. 318–322.

75. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу виробництва біопалива в регіонах України. Моделювання регіональної економіки. 2017. № 1(29).С. 279–292.

76. Статистичний щорічник України за 2019 рік. За ред. І. Є. Веренера. Державний комітет статистики України, 2020. 464 с.

77. Федірко М. М. Проблеми вирощування енергетичних культур в Україні. Федірко М. М., Солтис Д. І., Овчарук О. В. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.) Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 180–183.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

2.1 Класифікація та характеристика енергетичних культур як сировинної бази виробництва твердого біопалива

Для України біоенергетика є одним зі стратегічних напрямів розвитку сектору відновлюваних джерел енергії [1]. Цей вид енергетики як енергоресурс використовує органічні речовини рослинного або тваринного походження (біомасу), котрі мають енергетичну цінність і можуть бути використані як паливо [2].

Джерелом палива є біомаса, до якої відносять усю рослинну і вироблену тваринами субстанцію. Під час використання біомаси в енергетичних цілях для виробництва тепла, електроенергії і палива розрізняють енергетичні рослини й органічні відходи. Органічні відходи виникають у сільському, лісовому, домашньому господарстві й промисловості, тобто відходи деревообробки, солома, трава, листя, гній, органічні відходи домашнього господарства тощо. Енергетичні рослини представляють швидко зростаючі сорти багаторічних дерев, кущів і трав, а також спеціальні однорічні рослини з високим вмістом сухої маси для використання як твердого, так і рідкого біопалива [3].

Зібрану біомасу використовують для виробництва теплової й електричної енергії, вона може бути сировиною для виробництва твердого біопалива як паливні гранули та брикети. Біомаса може бути перетворена на різноманітні енергоносії: тверде біопаливо, рідке біопаливо (біодизель і біоетанол), а також біогаз [4].

Однорічні та багаторічні трав'яні рослини, дерева здавна використовують як промислову сировину, а нещодавно – і як енергетичні культури, а органічні

рештки (гній, солома, рідкі органічні відходи, компост) – для виробництва біоенергії [5]. Нині відомо близько 20 видів швидкорослих рослин, які можна вирощувати для одержання рослинної біомаси. Це евкالیпт, тополя, верба, міскантус тощо [4].

Сучасний тренд до декарбонізації обумовлює виникнення нового виду сільськогосподарської діяльності – вирощування енергетичних культур, які в подальшому можуть бути використані безпосередньо в якості палива або для виробництва біопалива.

Однак, сьогодні у світі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації, що застосовується для таких культур. Енергетичні культури розрізняють за наступними категоріями [6]:

циклом вирощування: однорічні (напр. ріпак, соняшник) та багаторічні (верба, тополя);

типом: деревоподібні (верба, тополя), трав'янисті (міскантус, просо прутноподібне);

характеристикою та, відповідно, отримуваним кінцевим продуктом: олійні (ріпак/соняшник для виробництва біодизелю), крохмало- та цукровмісні (цукровий буряк/кукурудза для виробництва біоетанолу), лігноцелюлозні (верба/тополя для безпосереднього виробництва теплової та електричної енергії, виробництва твердих біопалив або отримання рідких біопалив 2-го покоління);

походженням: класичні культури, призначені виключно для енергетичних цілей (міскантус, двокісточник тростиноподібний) та звичайні сільськогосподарські культури подвійного призначення, що можливо вирощувати як для отримання харчових продуктів, так і з метою виробництва біопалив (ріпак, цукровий буряк, кукурудза).

Для країн ЄС складено таблиці й карти із зазначенням культур, рекомендованих для різних кліматичних зон [7]. Для континентальної зони вважаються доцільними такі культури, як верба, тополя, міскантус, двокісточник тростиноподібний; для півночі середземномор'я – тополя, міскантус; для півдня середземномор'я – арундо тростинний, евкالیпт [8].

Державний реєстр сортів рослин в Україні відображає характеристики придатності сортів рослин для вирощування та напрямки їх використання. У чинному реєстрі (станом на 28.10.2020 р.) до сортів рослин біоенергетичного напрямку використання включено (табл. 2.1): 4 сорти міскантусу гігантського; 2 – міскантусу цукроквіткового; 2 – міскантусу китайського; 3 – проса прутоподібного; 8 – верби прутувидної; 4 – верби тритичинкової; 1 – верби білої; 4 – павловнії [9].

Таблиця 2.1

Перелік сортів рослин біоенергетичного напрямку використання в Україні

| Назва сорту | Рік реєстрації | Рекомендована зона вирощування |
|--|----------------|--------------------------------|
| <i>Верба прутувидна Salix viminalis L.</i> | | |
| <i>Катя / Katia</i> | 2019 | СЛП |
| <i>М1 / М1</i> | 2019 | СЛП |
| <i>Панфільська 2 / Panfyl's`ka 2</i> | 2014 | ПЛ |
| <i>Маріяна / Martsviana</i> | 2013 | П |
| <i>Збруч / Zbruch</i> | 2018 | СЛП |
| <i>LINNEA / LINNEA</i> | 2014 | ПЛС |
| <i>Wilhelm / Wilhelm</i> | 2014 | С |
| <i>Євангеліна / Yevanhelina</i> | 2019 | СЛП |
| <i>Верба тритичинкова Salix triandra L.</i> | | |
| <i>Панфільська / Panfyl's`ka</i> | 2014 | ПЛ |
| <i>Ярослава / Yaroslava</i> | 2018 | ЛП |
| <i>Верба біла Salixalba L.</i> | | |
| <i>CORVINUS / Corvinus</i> | 2016 | ПЛС |
| <i>Міскантус гігантський Miscanthus x giganteus J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz</i> | | |
| <i>Біотех / Biotekh</i> | 2017 | СЛП |
| <i>Гулівер / Huliver</i> | 2015 | ПЛ |
| <i>Осінній зореусім / Osinnii zoretsvit</i> | 2015 | ЛП |
| <i>Верум / Verum</i> | 2014 | ПЛС |
| <i>Міскантус цукроквітковий Miscanthus sacchariflorus (Maxim) Benth.</i> | | |
| <i>Снігопад / Snihopad</i> | 2015 | ПЛ |
| <i>Снігова королева / Snihova koroleva</i> | 2015 | ПЛ |
| <i>Міскантус китайський Miscanthussinensis Anderss.</i> | | |
| <i>Місячний промінь / Misiachnyi promin`</i> | 2015 | ЛП |
| <i>Велетень / Veleten</i> | 2017 | ЛП |
| <i>Просо прутоподібне Panicum virgatum L.</i> | | |
| <i>Морозко / Morozko</i> | 2015 | ЛП |
| <i>Зоряне / Zoriane</i> | 2015 | ЛП |
| <i>Лядовське / Liadovske</i> | 2018 | ЛП |
| <i>Павловнія Paulownia Sieb. et Zucc.</i> | | |
| <i>Квінерджи / Kvinerdzhy</i> | 2020 | СЛП |
| <i>Cotevisa 1 / Cotevisa 1</i> | 2019 | СЛП |
| <i>Лілов / Lilov</i> | 2020 | СЛП |
| <i>Cotevisa 2 / Cotevisa 2</i> | 2019 | СЛП |

Позначення: П – Полісся; Л – Лісостеп; С – Степ

Джерело: складено за матеріалами [9]

Серед швидкозростаючих деревних енергетичних культур найбільш поширеними в багатьох країнах Європи, в т.ч. і в Україні, є верба (*Salix*) та

тополя (*Populus*). Існує також ряд інших швидкозростаючих культур, як-то: акація біла (*Robinia Pseudoacacia L.*), евкالیпт (*Eucalyptus*), вільха (*Alnus*), ясен (*Fraxinus*), береза (*Betula*), проте досвід їх вирощування для потреб енергетики наразі є слабо вивченим [10].

Порівняльна характеристика енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

**Порівняльна характеристика енергетичних рослин для виробництва
твердого біопалива**

| Культура | Вихід сухої маси, т/га/рік | Нижча теплота згорання, МДж/кг сух. м | Виробництво енергії, ГДж/га | Вміст води в момент збору врожаю, % | Зола, % |
|-----------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------|
| Міскантус | 8-32 | 17,5 | 143-560 | 15 | 3,7 |
| Свічграс | 9-18 | 18 | н/д | 15 | 6,0 |
| Верба | 8-15 | 18,5 | 280-315 | 53 | 2,0 |
| Тополя | 9-16 | 18,7 | 170-300 | 49 | 1,5 |
| Очерет | 6-12 | 16,3 | 100-130 | 13 | 4,0 |
| Коноплі | 10-18 | 16,8 | 170-300 | н/д | н/д |
| Тростина | 15-35 | 16,3 | 245-570 | 5,0 | 5,0 |

Джерело: складено за матеріалами [11]

Перспективні енергетичні культури для вирощування в Україні наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Перспективні енергетичні культури для вирощування в Україні

| Енергетична культура | Вимоги до ґрунту, рН | К-ть опадів, мм/рік | Температура, °С | Життєвий цикл, років | Періодичність збору врожаю | Урожайність, т/рік |
|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Верба | 5-7 | 650-700 | 15-26 | 20-25 | 1 раз на 3 роки | 12,4-22,7 |
| Тополя | 6 | >600 | 15-25 | 20-25 | 1 раз на 2-3 роки | 10-20 |
| Міскантус | 5,5-7,5 | 500-700 | 25-32 | до 20 | Щорічно | 15-20 |
| Просо прутіподібне | 5,5-7 | 380-760 | --- | 10-15 | Щорічно | 7-14 |
| Сорго багаторічне | 5-8,5 | 460-760 | --- | 8-10 | Щорічно | 10-17 |

Джерело: складено за матеріалами [13]

Вибір енергетичної культури для промислового вирощування залежить від кількох природних чинників: типу ґрунту, вологості ґрунту / кількості опадів, виду ландшафту. Лише невелика кількість видів рослин, які досліджувалися, визнані економічно доцільними для промислового вирощування на великих плантаціях [12].

Надалі представимо порівняльну характеристику вищезазначених енергетичних культур та визначимо, які найбільш придатні для вирощування в Україні.

1. Верба – рід дерев, кущів або напівкущів родини вербових, до якого відносять загалом близько 400 видів. Для потреб енергетики зазвичай вирощують швидкозростаючий сорт верби прутовидної (*Salix Viminalis*) [14].

Енергетична верба – екологічно чиста сировина, використовується як відновлюване тверде біопаливо органічного походження, яке при згоранні в котлах не порушує баланс вуглецю в атмосфері. Цей різновид твердого біопалива є придатним для промислового вирощування з метою виробництва біопалива та виробництва з нього теплової та електричної енергії за ціною, удвічі меншою порівняно з використанням газу [15].

Верба (*Salix spp.*) – деревоподібна культура, що дає змогу створювати високопродуктивні плантації з тривалим терміном експлуатації. Представляє кущ або кущоподібне дерево висотою до 6–8 м. У природі кущоподібну форму такої верби часто можна зустріти берегами річок, переважно в північній та західній частині України. Для комерційного вирощування використовують селекційні сорти верби, що характеризуються більш швидкими темпами щорічного приросту біомаси на 1 га, підвищеною стійкістю до шкідників та збудників хвороб рослини, морозостійкістю та мінімальними вимогами до ґрунтів. Енергетична верба дозволяє створювати високопродуктивні плантації з продуктивним терміном до 25–30 років. Зазвичай енергетична верба росте густо, має велику кількість пагонів, якими досить легко розмножується. Культура характеризується високими показниками приросту довжини стебла – до 3–5 см на день, у середньому – 1,5 м за рік. Насадження верби залишаються

продуктивними 20–30 років, а врожай протягом цього періоду можна збирати кожні 2–3 роки. Середній урожай верби становить 15–20 т сухої маси з 1 га за рік, а за особливо сприятливих умов може досягати 30–40 т/га за рік. Ступінь виснаження землі вербою у 3–5 разів нижче, ніж зерновими культурами, до того ж близько 60–80 % поживних речовин повертаються у землю разом з опалим листям [16]. А також верба ідеально підходить для рекультивації забруднених і малопродуктивних земель, виводить із ґрунту важкі метали, пестициди та ефективно застосовується в протиерозійних заходах для зміцнення ґрунтів [17]. Збір верби проводять після завершення вегетаційного періоду, з жовтня–листопада до березня–квітня, однак переважно це проводиться у зимовий період. Протягом перших двох років зібрану вербу використовують у виді садивного матеріалу, а далі – як біомасу. Діаметр стовбура верби перебуває в межах 10–12 мм. Перший збір проводять через 3–4 роки з моменту висадки, коли рослина досягає 5–6 м у висоту. Наступного року після збирання верба відростає ще раз. Збір урожаю верби проводиться використовуючи звичайні силосозбиральні комбайни, потім її подрібнюють і виготовляють паливні брикети (пелети) [18]. Особливістю культури є те, що вона може випаровувати з ґрунту велику кількість води, тим самим вирішити проблему осушення ґрунтів із великим обсягом підземних вод та захистити землю від заболочування. Під час згоряння верба не виділяє жодних шкідливих продуктів, а також має високу тепловіддачу: 1 т рослин замінює понад 500 м³ природного газу або 700 кг бурого вугілля [19].

Енергетична верба позитивно впливає на екологію та довкілля: 1 га плантації поглинає з повітря понад 200 т CO₂ за 3 роки. Плантації енергетичної верби є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, використовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств та очищення ґрунтів від пестицидів. Рослина підходить для засадження на забруднених та малопродуктивних землях й ефективно застосовується в протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів. Навколо плантацій збільшується біологічне різноманіття

флори та фауни. Верба – дуже вологолюбна рослина, тому клімат на півночі України сприятливий для її вирощування [16–20].

2. Міскантус – багаторічна трав'яниста рослина сімейства злакових. Міскантус багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. У дикому стані він росте і використовується для опалення на території майже всієї Південно-Східної Азії і Центральної Америки. У Європу міскантус уперше потрапив у XVI ст. з Китаю, де використовувався як протиерозійна рослина. Спочатку вважався декоративною рослиною, і лише в 1935 р. датський науковець А. Ольсен привіз японський клон міскантуса, який став вихідним пунктом для селекції рослин, що зараз використовуються для промислового вирощування у всій Європі. Грунтова селекційна робота в цьому напрямку розпочалася в 1983 р. на станції селекції рослин у Данії. Це стало відправною точкою для інтенсивного дослідження рослини в багатьох країнах Європи: Німеччині, Великій Британії, Італії, Франції, Іспанії, Польщі [21]. У природному середовищі ці рослини досягають заввишки 6 м, діаметр стебла – 6 см, а вегетація може тривати 30 років. Міскантус гігантський (*Miscanthus Giganteus*), який зараз найбільше використовується в Україні та інших європейських країнах, – щорічно відновлювана сировина рослинного походження з високою теплотворною здатністю (стебла містять 57 % целюлози). Це багаторічна культура – тривалість використання плантації до 25 років без додаткових витрат. Продуктивність плантації практично не залежить від зовнішніх умов, це пов'язано з мінімальними аграрними ризиками, рослина успішно культивується на малопродуктивних землях. Висаджувати міскантус можна навіть на низькопродуктивних, забруднених важкими металами й відходами ґрунтах. Рослина невимоглива до якості ґрунту та зимостійка. Міскантус потребує в 10 разів менше витрат на отримання 1 т біомаси, ніж солома [22]. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт*год/кг, або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25 %) міскантус є найефективнішою порівняно з іншими

сільськогосподарськими культурами рослиною для виробництва твердого біопалива: 1 тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирої нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу або 620 кг кам'яного вугілля. За підрахунками, 500 тис. га міскантуса відповідають 6,5 млн. т вугілля [17]. Стебла міскантусу можуть бути заввишки до 4 м і містять 64–71 % целюлози, що зумовлює його високу енергетичну цінність [23]. Міскантус не потрібно досушувати, він засихає на корені й не замокає під час осінніх злив. Листя опадає й удобрює ґрунт, воно золисте, а тому в ньому багато азоту та інших речовин. За 4 роки вона накопичує до 10 т органічної речовини в ґрунті [17]. Біомасу можна збирати щорічно за допомогою звичайних кормозбиральних комбайнів, а отримана маса може йти безпосередньо на вироблення тепла або перероблятися у паливні брикети чи гранули [17, 21–23].

За даними Черкаського центру метрології та стандартизації Міскантус має ще одну надзвичайно корисну і ще не вивчену до кінця властивість: рослина здатна зменшувати радіаційне забруднення ґрунту. Із землі радіація зникає, а в рослині не накопичується. У зоні радіоактивного забруднення обмежене вирощування продовольчих культур, а отже, є можливість замінити їх культурами енергетичними [24].

Міскантус, на відміну від інших видів енергетичних культур, має ширше коло застосування. Окрім енергетичних потреб, він може використовуватися в хімічній галузі як компонент для експлуатаційних матеріалів і споживчих хімічних речовин. Волокна міскантуса використовуються для виробництва ДВП/МДФ-плит, картону, паперу та целюлози, біокомпозитів та біопластиків та як компонент «зеленого» біобетону. Для генерації тепла та електроенергії міскантус використовують у виді соломи, підсушених гранул, пелет та тріски [21].

3. Світчграс (*Panicum virgatum*), або просо прутоподібне, є новою перспективною енергетичною культурою для України, що належить до багаторічних злакових культур. Світчграс є прямостоячою теплолюбивою багаторічною рослиною, що росте у преріях та подібна до кущового злаку. Протягом довгого часу в Африці та Америці світчграс застосовувався для

консервації земель та у виді кормової культури. Сьогодні його вирощують з метою попередження ерозії ґрунтів та для сталості природних умов. У Європі – з декоративною метою. Світчграс може рости на всіх типах ґрунтів, він невимогливий до вмісту вологи та поживних речовин у ґрунті, стійкий до шкідників та хвороб. Корінь світчграсу добре розвинений та може сягати до 3 м у глибину. Є посухостійкою культурою, добре переносить спеку в літні місяці. Багаторічна трав'яниста рослина може рости на одному місці протягом 10–15 років. Висота рослини залежно від сорту та кліматичних умов становить 180–250 см. Продуктивність коливається у межах від 15 до 20 т сухої речовини. Порівняно з міскантусом ця культура є менш продуктивною, але її перевага полягає у посухостійкості, тому вона ідеально підійде для вирощування у південних областях України [25].

Існує два основних екотипи світчграсу: низовинні та височинні. Низовинні види вирощуються на вологих ґрунтах – вони мають високі, товсті, грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний тип адаптований до сухого клімату і має тонші стебла, ніж низовинні, та більшу їх кількість [26].

Він може розмножуватися як кореневищем, так і насінням. До переваг світчграсу необхідно віднести [7]:

незначну потребу у використанні пестицидів – високий показник стійкості рослин до хвороб і шкідників;

перешкоджання утворенню ерозії ґрунтів – величина використання пестицидів і ерозія на 90 та 95 %, відповідно;

збереження природних умов – є можливість використовувати земельні угіддя, що непридатні для ведення сільського господарства;

покращення якості ґрунтів;

низька собівартість.

Відтак, незначні ризики при вирощуванні, вимагають незначних капіталовкладень, при цьому дає високу врожайність біомаси навіть на непродуктивних землях. При сівбі добрі результати отримують при загортанні насіння на глибину 0,5–1,0 см. Вимагає доброго вологозабезпечення в період

проростання насіння. В перший рік після посіву дуже чутливий до забур'яненості (особливо сходи), потребує інтенсивного захисту. Врожайність світчграсу в перший рік невисока та збільшується поступово з 5–6 т/га в перший рік до 10–12 т/га другого та 18–20 т/га третього року вирощування. Невисокий вміст золи (4,1 %) в сухій біомасі робить культуру перспективною для створення низькозольної паливної продукції. Світчграс володіє складовими, типовими для біопаливної біомаси: близько 6 % водню, 43 % кисню та 50 % вуглецю. Відносно низький вміст натрію та калію разом із підвищеною кількістю магнію та кальцію у біомасі дозволяють отримати вищу температуру згоряння, що, в свою чергу, знижує ймовірність шлакування в процесі спалювання [7].

Світчграс може рости на різних типах ґрунтів, він є не вибагливим до кількості поживних речовин і вологи в ґрунті та володіє позитивним впливом на навколишнє середовище. Світчграс позитивно впливає на збереження родючості ґрунту, використовується для виробництва твердого палива у вигляді брикетів та гранул, а також виробництва волокна, етанолу та бутанолу, а також може бути використаний для годівлі тварин. Основними шляхами використання світчграсу є виробництво електроенергії через газифікацію, комбіноване спалювання на вугільних заводах, виробництво етанолу для пального та виробництва паливних гранул [27].

4. Тополя (*Populus*) – швидкоросле світлолюбне дерево, деякі екземпляри ростуть по 120–150 років. Нараховується близько 150 видів, з яких в Україні придатними до вирощування є 11. Найбільш поширеними є: осика або тополя тремтяча (*P. tremula* L.), осокір або тополя чорна (*P. nigra* L.), тополя бальзамічна (*P. balsamifera* L.), тополя пірамідальна (*P. pyramidalis* Moench), тополя біла (*P. alba* L.), тополя канадська або дельтолиста (*P. deltoides* Marsch.) [28].

Тополі широко застосовуються при озелененні міст і у полезахисних лісових насадженнях, деякі види вирощуються як декоративні. Деревина тополі є м'якою, легкою, білою, її використовують у будівництві, при виробництві паперу, сірників, фанери, штучного шовку. Тополя є близьким родичем верби (родина вербові (*Salicaceae*). Аналогічно до верби, у Західній Європі її

виросшують на паливо. У наших кліматичних умовах порівняно із іншими породами дерев тополя має найбільший приріст. Для росту тополі потрібна велика кількість вологи та світла. У зв'язку з цим найбільшим виходом біомаси будуть мати земельні угіддя у долинах річок. Вимогливість тополі до кислотності ґрунту подібна до такого ж показника для верби, тобто оптимальний рівень рН=6,5–7,2 [28].

Тополію досить давно використовують як енергокультуру з огляду на її швидкий ріст та стійкість до шкідників і можливість вирощування на бідних ґрунтах. Здебільшого вона не потребує застосування пестицидів та добрив. Виявлена можливість її вирощування на забруднених землях. Останнім часом, у зв'язку з порівняно швидким ростом та утворенням біомаси, насадження тополі все активніше використовують в якості регенеративного джерела енергії для виробництва біопалива. Її деревина досить легка, широко використовується в технічних цілях [28]. Чотири кубометри деревини замінюють 1000 м³ газу, шкідливі викиди, порівняно з дизельним паливом, скоротяться на 90 %. Тополя вбирає в себе велику кількість вуглекислого газу, завдяки їй можна отримати екологічно чисте паливо. Тополя стійка до шкідників, може рости на бідних ґрунтах і забруднених землях, однак вона менш морозостійка, ніж верба. Культура практично не вимагає застосування пестицидів і добрив. Із плантації енергетичної тополі можна отримувати біомасу в обсязі 8–15 сух. т/га в рік, а на хороших ґрунтах нові клони можуть давати до 16–20 сух. т/га в рік. Термін існування плантації енергетичної тополі – 15–20 років, а біомасу протягом цього періоду можна збирати через кожні три-шість років. [11].

Подібно до інших енергетичних рослин, наприклад міскантусу та світчґрасу, тополя також може рости на малородючих ґрунтах, непридатних для виробництва продуктів харчування, зводячи до мінімуму конкуренцію між біоенергетичними і продовольчими культурами [7].

Енергетична тополя належить до багаторічних деревовидних енергетичних культур. Технологія вирощування енергетичної тополі схожа до технології

виросування енергетичної верби. Агротехнологічні вимоги: густина посадки – до 9000 шт./га, а оптимальна довжина саджанця – 25 см [22].

5. Сильфій пронизанолистий – перспективна багаторічна енергетична культура, яка у природних умовах росте в американських преріях і в Канаді. В Європу її завезли у XVIII ст. як декоративну рослину. Сильфій вегетує без пересівання, не знижуючи врожаю біомаси близько 20 років. Урожайність зеленої маси – 100–120 т/га і більше. За екологічністю сильфій найкраща з-поміж усіх рослин, відзначається цінними біологічними і господарськими властивостями, а саме: ефективно використовує сонячну радіацію майже однаково як влітку, так і весною та осінню; забезпечує не тільки високі, але і сталі врожаї зеленої маси з великим вмістом протеїну, вітамінів, амінокислот і мінеральних речовин. У фазі бутонізації урожайність зеленої маси становить 50–60 т/га, цвітіння – 70–80 і плодоношення – 90–110 т/га. При довготривалому використанні за 2 укоси, в залежності від форми, формує врожай надземної маси 100–140 т/га, сухої речовини – 19–31 т/га [29].

В умовах України сильфій росте 2,3–3,0 м заввишки. Стебло пряме, добре олистнене, товсте, чотири- і шестигранне. Кількість продуктивних стебел у кущі становить від 6 до 12 шт. Листки темно-зеленого кольору, жорсткі, зазубрені, довжиною 30 см і шириною 13–15 см. Коренева система масивна, добре розвинута. Сходи появляються весною при температурі +8...+10°C і витримують заморозки до – 3...4°C. Енергетична цінність отриманої біомаси з 1 га (10–12 т) оцінюється в 175–210 Гдж, що дорівнює 4,0–4,8 т дизпалива [19].

6. Пенсільванська мальва – вид Сіда, що належить до родини мальвових, охоплює декілька сотень видів однорічних рослин, багаторічних і кущів, що зростають в тропічних і субтропічних зонах земної кулі. Біомаса цієї культури є перспективним джерелом відновлюваної енергії [30]. За утворенням тепла при спалюванні стебла мальви поступаються лише буковій деревині (на 20–34 %). На прикладі форми листів можна спостерігати великий поліморфізм в пенсільванської мальви. Можна відокремити форми менш листяні, так звані стеблові, більш придатні до спалювання і форми більш листяні, які більш

підходять для виробництва біогазу. Пенсільванська мальва має сильну кореневу систему. У першому році вона розвивається повільно, але в наступних роках інтенсивно розростається. Головний корінь вже на 3 році вегетації сягає в глибину ґрунту понад 120 см. У горизонтальній площині корені поширюються на відстань 70–100 см. Частина бічних коренів росте горизонтально під поверхнею ґрунту і на них, особливо в основній його частині, створюються зростові паростки, з яких весною виростають нові відростки. У місцевих умовах мальва може зростати на одному місці до 15–20 років. Завдяки довгій кореневій системі ця рослина стійка до періодичних посух, придатна для обробітку у всіх районах країни. Довговічність плантацій мальви, швидкокерованість її обробітку, а також високі адаптаційні можливості до різних ґрунтово-кліматичних умов вказують на потенційні можливості збільшення площ вирощування даної культури. Для цього можуть бути використані деградовані, засмічені території і промислові звалища. Пенсільванську мальву також можливо вирощувати на схилах і еродованих територіях і загалом на ґрунтах, виключених із сільськогосподарського використання [31].

Найбільш перспективним напрямом подальшого використання мальви є застосування біомаси в енергетичних цілях. Стеблові форми найкраще підходять для спалювання, а листові форми для виготовлення біогазу, хоча в останньому випадку є тільки теоретичні можливості, тому що на даний час майже відсутні дослідження в цьому напрямку. Восени при перших заморозках, мальва втрачає листки, стебла – вологість. Зібрані в цьому стані рослини придатні для спалювання, виробництва брикетів, а також пелет. Окрім спалювання можливі і інші методи переробки пенсільванської мальви на енергію, наприклад, бродіння метанового силосу зі свіжих рослин. Мальва може використовуватись в якості біопалива у формі пелет, брикетів, виготовлених із сухої біомаси. Із 1 гектару можна отримати 5,4 т сухої маси або 234,8 Гдж енергії [11].

7. Павловнія – унікальне швидкозростаюче дерево – можна використовувати для виробництва паливних брикетів та пелет. Павловнія росте набагато швидше, ніж тополя і верба. Її щорічний приріст не має собі рівних –

3–5 м, а вже за 5 років висота досягає максимуму – 20 м. Павловнія має розгалужений стрижневий корінь, який досягає глибини 6–9 м, плоди – дерев’яні капсули довжиною 10мм, світло-сірого кольору порівняно гладку кору. Діаметр стовбура 2-річного дерева має окружність до 14 см, 3–4-річного – до 20–24 см, діаметр дорослого дерева (до 20 років) досягає 1 м. Батьківщиною більшості видів роду рослин сімейства павловнієвих (*Paulowniaceae*) є Східна Азія – Японія, Корея, Китай, Лаос, В’єтнам. Всі види павловнії, вирощені у комерційних цілях, є клонами, які ідентичні рослинам зі специфічними характеристиками: приміром, гібрид павловнії *Fortunei* має властивість швидко рости і високу якість деревини, а *Tomentosa* – відомий своєю стійкістю до морозів, також вирощують *Paulownia Elongata* і похідні гібриди, які також дають чудові результати [32]. Деревина придатна для виробництва пелет, енергетична цінність яких складає 4211,1 ккал/кг (2 кг гранул павловнії еквівалентно 1 л дизельного палива), з листя можна виробляти біогаз. Також павловнія може бути використана в якості сировини для виробництва біоетанолу: сьогодні є технології, які дозволяють отримати з 1 т сухої деревини до 0,5 т етанолу. Павловнія може бути корисною до 20–50 років. Павловнія досить добре пристосовується до глинисто-помірних вологих ґрунтів з достатньою родючістю і кислотністю ґрунтового розчину $Ph = 5,5–8,5$ (оптимальний рівень – 6,5), росте на забруднених, але не на вологих ґрунтах [33].

Відтак, вищенаведений аналіз енергетичних культур, дозволив автору дійти наступного висновку. Незважаючи на достатньо поширене використання енергетичних культур, нині у світі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації. Тому, на думку автора, можна запропонувати наступну класифікацію енергетичні культури за 4 ознаками (рис. 2.1):

- циклом вирощування: однорічні, багаторічні;
- типом: деревоподібні, трав’янисті, водорості;
- кінцевим продуктом: олійні, крохмалні, цукровомісні, лігноцелюлозні;
- призначенням: чисто енергетичні, сільськогосподарські.

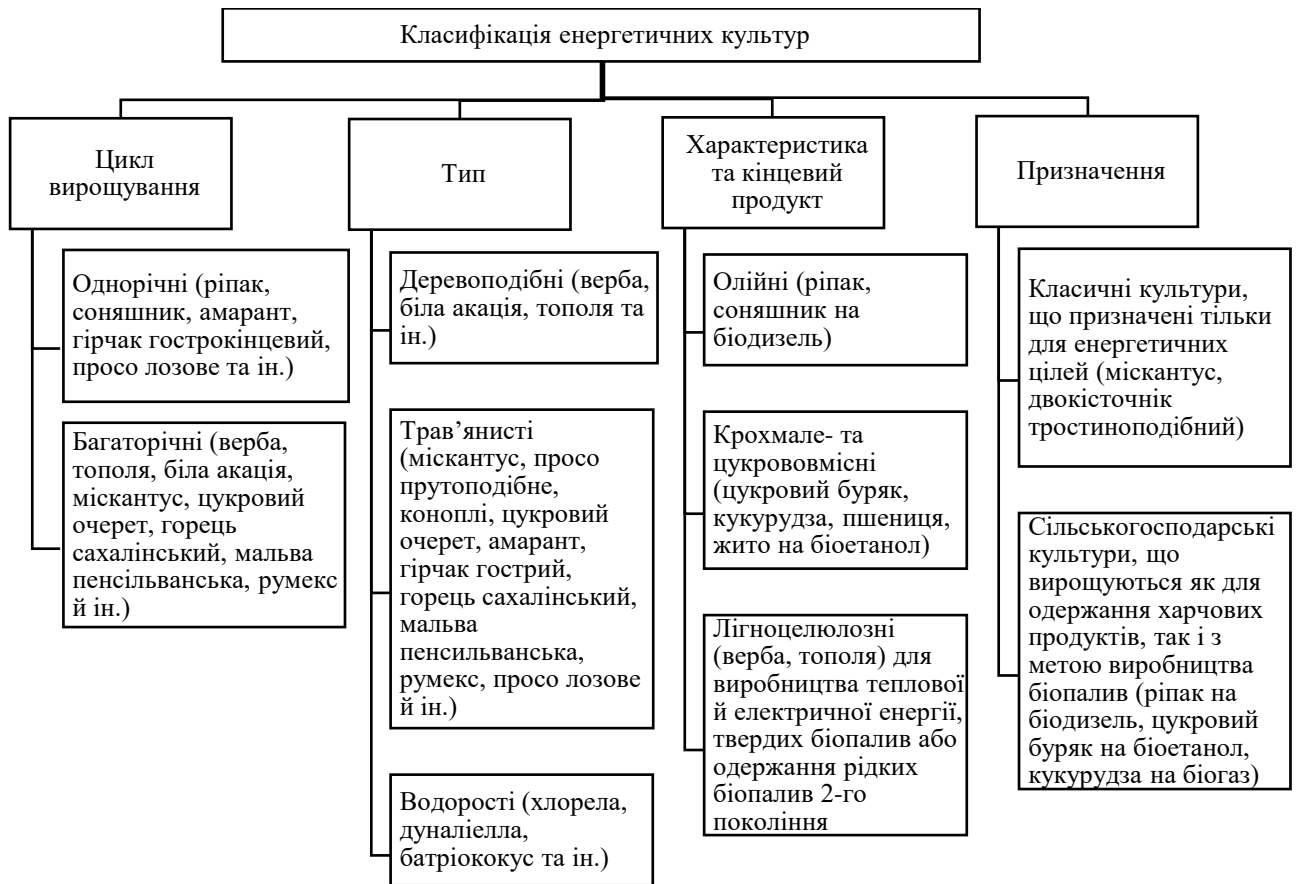


Рис. 2.1. Класифікація біоенергетичних культур

Джерело: складено автором за матеріалами [1–33]

Вибір енергетичних культур для вирощування в Україні обумовлюється рядом критеріїв: природно-кліматичними умовами місцевості (рівнем рН ґрунтів, кількістю опадів, температурою середовища), їх біологічними властивостями (життєвим циклом, урожайністю та періодичністю збору врожаю) та теплотворною здатністю (теплотою згорання, виробництвом енергії на одиницю площі, вмістом вологи, зольністю). Порівняння енергетичних культур за ознаками та критеріями дало змогу автору визначити доцільними для вирощування в Україні класичних багаторічних деревоподібних або трав'янистих лігноцелюлозних їх видів, серед яких найперспективнішими вважається енергетична верба та міскантус.

2.2 Аналіз способів виробництва твердого біопалива з енергетичних культур

Домінуючою світовою тенденцією у енергетиці є заміщення традиційних викопних органічних продуктів відновлюваними аналогами рослинного походження, що, з одного боку, усуває залежність від перших, а з іншого – зменшує забруднення навколишнього середовища за рахунок других, створюючи нові напрями використання рослинної біомаси [34]. Відтак, виробництво біопалив та отримання енергії з них є одним з перспективних шляхів заощадження традиційних енергоносіїв і підвищення енергетичної безпеки країни.

Біомасу як енергоресурси широко використовують в багатьох країнах світу, зокрема, біомасу саме енергетичних культур. Біомаса – невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у виді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу [37]. Це визначення біомаси в українському законодавстві було приведено у відповідність до визначення, встановленого Директивами ЄС (RED і RED II) [35, 36].

Пріоритетність використання біомаси серед відновлюваних джерел енергії обґрунтовується тим, що біоенергетика є єдиним джерелом відновлюваної енергії, здатним гарантовано забезпечити три основні види енергетичних потреб (потребу в теплі, світлі та русі), необхідні як окремим особам, так і підприємствам: біотепло / охолодження, біоенергія та біопаливо.

Загалом, біомаса представляє найдавніше джерело енергії, однак її використання зводилося до прямого зжигання в енергокотлах із низьким коефіцієнтом корисної дії. Основним джерелом отримання твердого біопалива

була біомаса лісового походження. У цей час у світі існує дефіцит деревини, спричинений постійним збільшенням її використання для потреб будівництва та виготовлення меблів. Сучасне обладнання та технології дозволяють максимально обробляти деревину, майже не залишаючи відходів, які можна використовувати як дрова для опалення. Зменшення кількості сировини та постійне збільшення обсягу споживання, у свою чергу, підвищує її вартість, що робить економічно недоцільним використання біомаси лісового походження для виробництва твердого біопалива [37].

Сировиною для виробництва твердого біопалива здебільшого є відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), сільського господарства (солома зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо), а також спеціально вирощувані енергетичні культури (рис. 2.2).

Надходження сировини перших двох груп є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективності роботи заводів з виробництва твердого біопалива. Тому на особливу увагу заслуговує напрям, пов'язаний із забезпеченням сировиною виробників твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних енергетичних культур (дерев та рослин), що дасть змогу щорічно отримувати задану кількість біомаси необхідної якості [38].

Обов'язковою передумовою для успішного переходу на тверде біопаливо та розвитку біоенергетики загалом є наявність місцевих ресурсів на конкретній території. У деяких західноєвропейських країнах, зокрема в країнах Скандинавії, Польщі та Данії, знайшли ефективний замітник твердої біомаси лісового походження – енергетичні культури, деревні (верба, тополя, павловнія, інші) та трав'янисті (міскантус, свічграс, інші) [22].



Рис. 2.2. Класифікація сировини для виробництва твердого біопалива

Джерело: складено за матеріалами [39]

Вирощування такої сировини залежить лише від природних умов – якості ґрунту і клімату [40].

Біомаса по своєму складу може бути вуглецемісткою (рослинний матеріал, деревна тріска, тирса, морські водорості, зерно, папір, пакувальна тара) або цукромісткою (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго) [41]. Біомасу можна використовувати в енергетичних цілях шляхом безпосереднього спалювання, а також у переробленому виді рідких (ефіри ріпакової олії, спирти, рідкі продукти піролізу) або газоподібних біопалив (біогаз з відходів сільського господарства та рослинництва, осаду стічних вод, твердих побутових відходів, продукти газифікації твердих палив) [42].

Конверсія біомаси в інші види енергоносіїв або кінцеву енергію (теплову або електричну) може відбуватись фізичними, хімічними і біохімічними методами [42].

Узагальнено способи виробництва енергії з біомаси систематизовано на рис. 2.3.

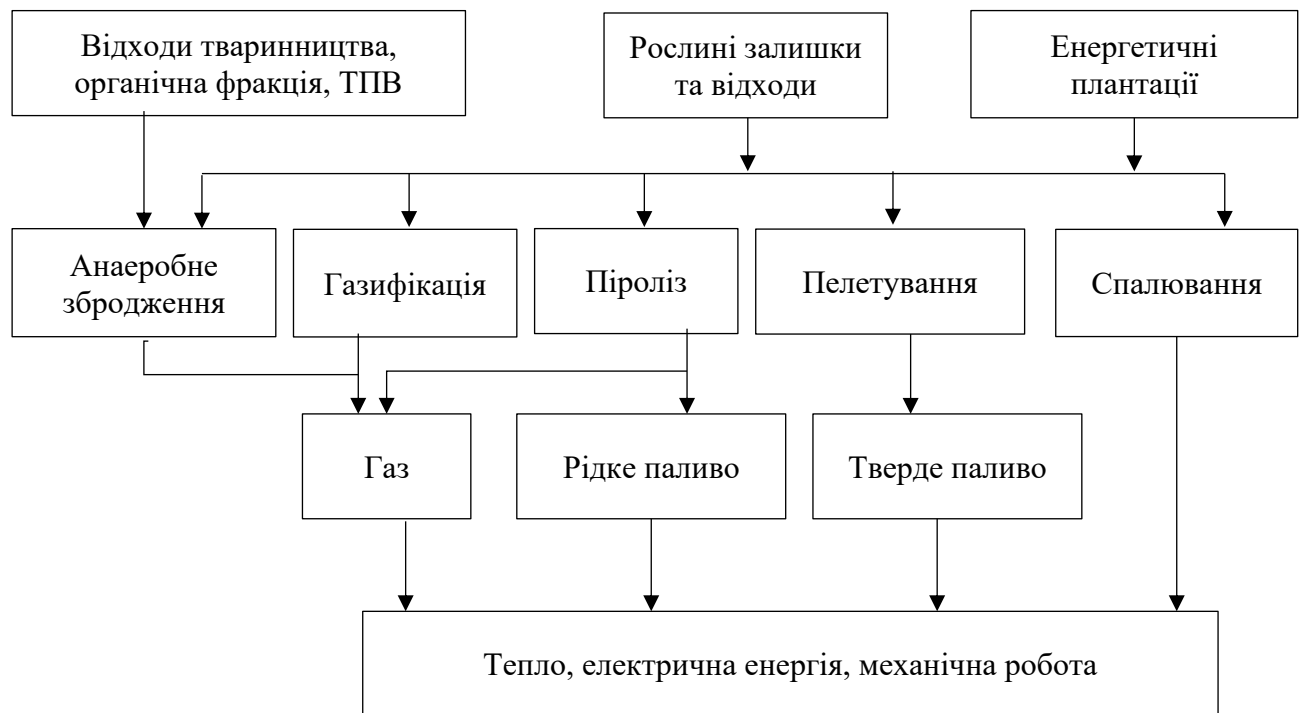


Рис. 2.3. Способи виробництва енергії з біомаси

Джерело: складено за матеріалами [42]

Узагальнення джерел [32, 39, 42, 43] дозволяє визначити головні переваги біомаси як енергетичного джерела:

- біомаса є місцевим видом палива, що дозволяє розвивати розподілену енергетику. Для виробництва енергії з біомаси використовуються місцевий енергопотенціал території, її матеріальні та трудові ресурси. Означене призводить до розвитку місцевої економіки; сприяє розвитку сільських територій, зростанню доходів їх жителів;

- біомаса є відновлюваним та раціональному використанні невичерпним джерелом енергії, використання якого сталою розвитку територій та сприяє становленню циркулярної економіки;

- біомаса є екологічно безпечним видом паливом порівняно із викопними її аналогами. Зазвичай біопаливо має низький вміст сполучень сірки, а її

спалювання призводить до незначних викидів оксидів азоту. Крім того, використання відбувається у замкненому енергетичному циклі: спалювання, поглинання, зберігання та вивільнення парникових газів;

- виробництво теплової та електричної енергії із біомаси або біопалива є дешевшим у перерахунку на енергетичний еквівалент порівняно із викопними енергоресурсами;

- в деяких випадках використання біомаси має утилізаційну функцію, зменшує кількість відходів та сміття у містах, утилізації небезпечних відходів з полігонів твердих побутових відходів, сприяючи очищенню засмічених територій, поверненню біорізноманіття, загальному покращенню екології;

- нові підходи до використання біомаси, виробництва та використання біопалива з неї забезпечує інноваційний напрямок розвитку енергетики та економіки в цілому, сприяючи залученню сучасних, передових технічних рішень, розвитку виробництва нового обладнання, оновленню технологічних парків [39, 42, 43].

Додакові аргументи, що підтверджують ефективність та пріоритетність розвитку біоенергетики, наводяться у праці [41, 43] з-поміж яких особливо важливими є:

- використання рослинної біомаси (за умови її безперервного відновлення) не приводить до збільшення концентрації CO₂ в атмосфері;

- надлишки, мало- та низькопродуктивні землі, можуть бути використані під енергетичні плантації;

- енергетичне використання відновлюваних відходів (сільськогосподарських, промислових і побутових) є напрямом вирішення екологічних проблем;

- новітні технології дозволяють підвищити корисний вихід енергії із біомаси [41, 43].

Надалі розглянемо більш детально способи виробництва твердого біопалива та енергії з біомаси енергетичних культур.

Біомасу різних видів енергетичних культур можливо використовувати в різному виді. До основних способів виробництва твердого біопалива з біомаси у праці [44] енергетичних культур відносять:

- без перетворення або пряме спалювання, тобто не підготовлена біомаса енергетичних культур – біомаса використовується одразу після збору. Спалювання біомаси є найбільш старим та простим способом отримання енергії, однак цей спосіб вважають економічно недоцільним з точки зору хімічного складу та фізичних властивостей, що викликає певні труднощі як в процесі спалювання, так і емісії компонентів, які є побічними продуктами процесу [39];

- виробництво енергетичної тріски (щепи) – відбувається подрібнення біомаси за певною формою та розміром механічним способом гострими ріжучими інструментами. Надалі тріска може використовуватися як паливо, або є продуктом 1-го переділу для виробництва паливних гранул (пелет) та брикетів, або газифікації та ін. Паливна тріска та продукти її перероблення використовуються для генерації теплової та електричної енергії, виробництві біогазу, синтетичного рідкого палива, хімічних продуктів та ін;

- виробництво паливних брикетів – спресовані вироби циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми, довжиною 100–300 мм, яка не повинна перевищувати уп'ятеро їх діаметр, який більший ніж 25 мм, та зазвичай становить у межах від 60 до 75 мм;

- виробництво паливних гранул (пелет). Пелети є найбільш високопродуктивним видом біопалива, виробленим в результаті переробки методом пресування біомаси під тиском у спеціальній матриці. Означення призводить до зростання енергетичної щільності біопалива, що у підсумку призводить до зростання енергоефективності її використання. Окрім того, паливні гранули мають відповідні параметри, що робить процес спалювання стабільним [44].

Як правило, виробництво енергетичної тріски є кінцевим товарним продуктом процесів вирощуванні енергетичних культур, що використовується для спалювання в енергетичних системах, хоча існують і альтернативні способи

її використання (наприклад, у целюлозно-паперовій промисловості, для виробництва рідкого палива за технологією термічної трансформації VtL тощо).

Важливим чинником якості твердого біопалива є технологія приготування біомаси до спалювання, що зумовлює конструктивно-технологічне особливості теплотехнічного обладнання, істотно впливає на економічні показники його роботи та визначає величину капітальних витрат [45].

Вологомісткість спалюваної сировини знижує теплоту згорання, впливаючи на тепло-ефективність процесу горіння. Спалювання біомаси енергетичних культур в непідготовленому виді, через нерівномірний вміст вологи, велику кількість попелу, низьку щільність та значний вміст летких складових зумовлене рядом технічних ускладнень: зокрема, низькою питомою теплотою згорання на одиницю маси; значними коливаннями фізико-хімічних властивостей; складнощами контролю швидкості горіння та забезпечення постійного дозування; великою площею складування та проблемами транспортування; значною емісією токсичних елементів [42].

Процес спалювання потребує забезпечення доступу кисню (повітря), кількість якого залежить від маси та властивостей сировини, що спалюється. Подрібнення біомаси дозволяє покращити контакт кисню із паливними компонентами, що сприяє кращому спалюванню [39].

За допомогою механічних, хімічних, термічних, біологічних або комплексних технологічних процесів біомасу в сучасних умовах трансформують у газове (біогаз), рідке (дизельне біопаливо і біоетанол) чи тверде (паливні брикети, гранули із соломи тощо) біопалива [46]. Найбільш поширеними біоенергетичними технологіями переробки біомаси в тверді енергетичні продукти є пряме спалювання, піроліз та газифікація [47].

Енергетичні продукти, які можуть бути отримані при використанні різних біоенергетичних технологій, наведені в табл. 2.4, як видно з якої основними технологіями виробництва твердого біопалива є пресування та брикетування.

Таблиця 2.4

**Розподіл енергетичних продуктів за біоенергетичними технологіями
перетворення сухої біомаси**

| Технологічний процес | Біоенергетичні продукти |
|----------------------|---|
| Спалювання | Тепло й електрична енергія |
| Газифікація | Горючі гази (метанол) |
| Піроліз | Горючі гази, смоли, деревне вугілля (напівкокс) |
| Піроліз і дистиляція | Етиловий спирт |
| Пресування | Паливні гранули (пелети) |
| Брикетування | Паливні брикети |

Джерело: складено за матеріалами [41]

У табл. 2.5 наведені дані щодо енергетичних характеристик органічних видів палива, як окремо для біомаси енергетичних культур, так і твердого біопалива з неї, з якої видно, що перетворення біомаси в біопалива підвищує її енергетичні показники.

Таблиця 2.5

Енергетичні характеристики органічних видів палива

| № | Вид палива | Характеристика палива | | Насипна щільність, γ укг/м ³ | Витрати палива для виробництва 1 Гкал тепла | Коефіцієнт переведення натурального палива в умовне | |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---|---|-----------|
| | | Вологість, % | Теплота згорання МДж/кг Ккал/кг | | | | |
| Біомаса енергетичних культур | | | | | | | |
| 1 | Енергетична верба | 30-40 | 14 | 3330 | 650 | 353 | 0,475 |
| 2 | Міскантус | 20-30 | 15,93 | 3805 | 200 | 309 | 0,543 |
| 3 | Свічграс | 10-20 | 15,70 | 3570 | 120 | 314 | 0,535 |
| 4 | Солома зернових культур | 10-20 | 11,5 | 2740 | 55 | 429 | 0,391 |
| 5 | Стебла соняшнику та кукурудзи | 10-20 | 14,65 | 3500 | 40-45 | 336 | 0,5 |
| Тверде біопаливо | | | | | | | |
| 1 | Тріска (щепа) енергетичних культур | 30-40 | 6-9 | 1400-2150 | 450 | 840-547 | 0,8-0,307 |
| 2 | Паливні гранули (пелети) | 10 | 18 | 4500 | 600 | 261 | 0,642 |
| 3 | Брикети | 10 | 17 | 4040 | 550 | 281 | 0,577 |

Джерело: складено за матеріалами [41]

Як видно з табл. 2.5, найвищі значення теплоти згорання серед біопалив мають паливні гранули та брикети, що становить відповідно 18 та 17 МДж/кг, або 4500 та 4040 ккал/кг, при цьому витрати палива для виробництва 1 Гкал тепла мають найнижчі значення і сягають 261 та 281 кг відповідно, що доводить про доцільність проведення етапів підготовки рослинної біомаси (брикетування та гранулювання) при виробництві біоенергетичних продуктів (паливних гранул, паливних брикетів).

Вихідним стимулом для впровадження біоенергетичних технологій є можливість швидкого заміщення природного газу для виробництва енергії з найнижчими інвестиційними витратами і найкоротшими термінами окупності, Тому їх потрібно розпочинати із вибору сучасного обладнання для виготовлення біопалива – тріски, гранул та брикетів [42]. Основу технології виробництва біопалива складає подрібнення біомаси енергетичних культур (виробництво енергетичної) на спеціальній техніці. Наразі налічується кілька десятків виробників обладнання для її виробництва, найбільш відомі Morbark, Brucks, Peterson, Farmi та інші [49].

Для отримання максимальної економічної віддачі при використанні рослинної біомаси необхідно забезпечити підвищення теплотворної здатності (питомої теплоти згорання) твердого біопалива та зручність транспортування (подачі) до теплових установок (котлів), керованість процесом горіння [47]. Переробку біомаси енергетичних культур здійснюють шляхом гранулювання або брикетування, внаслідок отримують кінцевий продукт:

- паливні гранули – це спресовані частинки рослинного походження, що мають форму циліндрів максимального діаметра до 25 мм і завдовжки від 10 до 50 мм, паливні гранули можуть бути виготовлені з деревини, торфу, трави, лущиння, соломи, вугільного пилу і багатьох інших видів рослинної сировини, а також їх сумішей [47];

- паливні брикети – спресовані вироби циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми, довжиною 100–300 мм, яка не повинна перевищувати уп'ятеро їх діаметр, який більший ніж 25 мм, та зазвичай становить у межах від 60 до 75 мм. Для збільшення ефективності логістичних операцій та розширення

можливості енергетичного використання біомасу енергетичних культур гранулюють для отримання пелет [47].

Сьогодні в Україні існують дві моделі виробництва твердого біопалива. Це стаціонарна (традиційна) та мобільна, яка повністю інноваційною та тільки починає входити на ринок твердого біопалива [44]. Мобільні лінії з виробництва мають низку переваг у порівнянні з стаціонарними виробництвами [44]:

1) вирішується проблема із забезпечення виробництва необхідною кількістю сировини – мобільні комплекси пристосовані для роботи саме в місцях локації сировини;

2) немає необхідності відводити окремі земельні ділянки під виробництво;

4) немає необхідності підключення до стаціонарної інфраструктури – мобільні комплекси не потребують підключень електроенергії та води. Приводи на обладнання здійснюються від двигунів автомобілів, на шасі яких розташоване обладнання;

5) їх компактність забезпечується через оптимізацію виробничих процесів [44].

На основі аналітичного огляду джерел [37, 39, 41–44, 47–49] та вивчення елементів технології виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур було визначено основні технологічні операції з виробництва твердого біопалива (паливних гранул) з рослинної біомаси енергетичних культур за наступною схемою: велике подрібнення, сушка, дрібне подрібнення, зволоження, пресування, охолодження, фасування. Функціональна схема отримання паливних гранул із біосировини наведена на рис. 2.4.

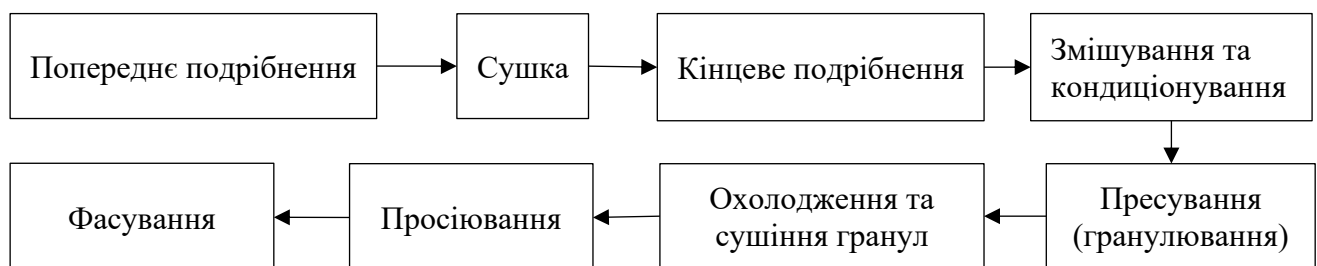


Рис. 2.4. Функціональна схема виробництва гранул із біомаси енергетичних культур

Джерело: складено автором на основі [37, 39, 41–44, 47–48]

Розстановка устаткування на кожному підприємстві може бути різною. Однак принципи – загальні з моменту виникнення технологія виробництва пелет в 1947 р. Процес гранулювання, пелетизації, відбувається в спеціальних кільцевих штампах (прес-формах) обертовими роторними вальцями, які упресовують в численні отвори – фільтри прес-форми, активізувати паром подрібнене деревне сировину, після чого, зрізані з зовнішньої сторони штампа спеціальним ножом гранули, повинні бути охолоджені й відділені від дрібних частинок [48].

Розглянемо детально основні елементи технології виробництва паливних гранул із біомаси.

1. Попереднє (велике) подрібнення. З метою подальшого переробки непідготовлену біомасу енергетичних культур укладають на планчасті рухомі транспортери та подають їх по мірі завантаження до дробарки. Великі дробарки подрібнюють сировину для подальшого сушіння. Процес подрібнення передбачає досягнення розміру часток до 10 мм. Велике подрібнення дозволяє швидко і якісно підготувати сировину для сушки та до подальшого подрібнення в дрібній дробарці. Найкраще для зниження енерговитрат на сушіння подрібнювати до більш дрібної фракції [48].

2. Сушка. Біомасу енергетичних культур зберігають у кагатах безпосередньо на полі, однак під дією атмосферного впливу початкові значення вологості біомаси можуть змінюватися, що негативно впливатиме на процес її подрібнення. Відходи з вологістю більше 15 % погано пресуються особливо пресами з круглими матрицями. Крім цього, виготовлені паливні гранули з підвищеною вологістю не мають відповідних параметрів якості. Тому сировина перед пресуванням повинна мати вологість в межах від 8 до 12 %. Для отримання якісного продукту вологість повинна складати 10 ± 1 %. Для доведення вологості сировини до нормативних значень використовують сушарки барабанного або стрічкового типу [47]. За типом вживаного сушильного агента вони поділяються на сушарки на топкових газах, гарячому повітрі і водяній парі. Вибір типу сушарки визначається видом сировини, вимогами до якості продукції і джерелом

одержуваної теплової енергії. В технологічному процесі виробництва твердого біопалива сушка є найбільш енергоємним процесом [49].

3. Дрібне подрібнення. Згідно з технологічними вимогами для пресування сировина повинна поступати фракціями з розмірами частинок до 4 мм, тому з використанням дробарок досягають подрібнення сировини до необхідних розмірів. Для якісного продукту насипна вага після подрібнення повинна складати $150 \text{ кг/м}^3 \pm 5 \%$, а основний розмір часток не повинен перевищувати 1,5 мм. У переважній більшості для подрібнення сировини використовують молоткові дробарки, оскільки вони найбільше відповідають вимогам процесу подрібнення біомаси енергетичних культур [48].

4. Зволоження. Сировина з вологістю менше 8 % погано піддається «склеюванню» під час пресування, а готова продукція (паливні гранули) в процесі подальшого механічного впливу (фасування, навантаження, транспортування та ін.) втрачає початкові габаритні розміри, подрібнюється та утворюються пилоподібні частини, що негативно впливає на її якість [47]. Саме тому занадто суха сировина має бути зволожена до нормативних значень вологості необхідних для пресування. Для проведення зволоження сировини використовують установку дозування води. Для проведення процесу зволоження сировини використовують шнекові змішувачі, в яких вбудовані входи для подачі води або пари [50].

5. Пресування. Процес пресування (гранулювання) може здійснюватися на пресах різних конструкцій з плоскою або циліндричної матрицею. При цьому діаметр матриці може бути більше метра, а потужність преса до 500 кВт, залежно від заданої продуктивності обладнання. На продуктивність преса в межах 20 % впливає розмір одержуваних паливних гранул. Паливні гранули діаметром до 6 мм виготовляють для приватного споживання, а до 10 мм – для промислового. Речовиною, що пов'язує подрібнений матеріал у паливних виробках, є лігнін – аморфний полімер, який виділяється під дією тиску і температури і міститься у клітинах біомаси [49].

Важливо витримувати пресовану сировину у формуючій порожнині під тиском протягом певного часу, щоб відбулася релаксація напруження, а також міцна плівка на поверхні паливних гранул. Найбільшої міцності набуває біомаса, що пресується за температури понад 150 °С [47]. Верхньою межею температури пресування є 250 °С, коли розпочинається реакція піролізу, тобто відбувається часткове розкладання біомаси [49].

6. *Охолодження.* Процес охолодження готової продукції забезпечує отримання якісного кінцевого продукту. Під час охолодження паливні гранули, нагріті після пресування до 70–90 °С, втрачають зайву вологу. Після охолодження паливних гранул, з метою видалення пилоподібних частин сировини, їх просіюють, а утворений пил направляють на повторне гранулювання [47].

7. *Фасування.* Після охолодження паливні гранули зберігаються в бункерах і транспортуються насипом. Розфасовка і упаковка паливних гранул залежить від того, яка система зберігання існує у споживача: у вільному виді – насипом; у мішках біг-бег, від 500 до 1200 кг; у дрібній розфасовці від 10 кг до 20 кг. Однак для виключення втрати в якості рекомендується проводити їх фасування в великі мішки (біг-беги) місткістю 1000 кг. Для приватного споживання паливні гранули фасують у поліетиленові мішки місткістю 15–35 кг [24].

Технологія пелетування має істотні переваги порівнянно із іншими технологіями виробництва біопалива [47]:

- для їх виробництва витрачається близько 3 % енергії, при цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати становлять близько 10 %, а при виробництві електроенергії – 60 %, їх теплотворна здатність становить у межах від 4,5 до 5,0 кВт/кг, що в 1,5 разу більше, ніж у звичайної деревини і вугілля. При спалюванні 2000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні: 3200 кг деревини, 957 м³ газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту. Горіння паливних гранул в топці котла відбувається більш ефективно – кількість залишків (золи) не перевищує між від 0,5 до 1,0 % від загального об'єму використаного палива [47];

- зниження шкідливих викидів в атмосферу: біопаливо з енергетичних культур визнано екологічно нейтральним, тобто при його спалюванні кількість вуглекислого газу, що виділяється в атмосферу не перевищує обсяг викидів, який би утворився шляхом природного розкладання деревини [48];
- велика теплотворна здатність – енергомісткість 1 кг гранул відповідає 0,5 л рідкого дизельного палива; гранули не поступаються за теплотворної здатності ні вугіллю, ні мазуту [48];
- низька вартість порівняно і дизпаливом і опаленням електричною енергією та природним газом;
- чистота приміщення, в якому встановлений котел [48];
- можливість автоматизації котелень [47].

Паливні брикети – інший вид товарної продукції, що можуть бути вироблені із рослинної біомаси. Представляють спресовані матеріали циліндричної, прямокутної або будь-якої іншої форми з поперечним розміром не менше 25 мм (типовий діаметр 60–75 мм) і довжиною 100–400 мм (довжина зазвичай не перевищує 5 величин діаметру). Стандартних розмірів у цього виду продукту немає [48].

В основі технології виробництва паливних брикетів лежить процес пресування шнеком дрібно подрібненої біомаси енергетичних культур під високим тиском, а в ряді випадків і при нагріванні від 250 до 350 °С. Одержувані паливні брикети не включають в себе ніяких зв'язувальних речовин, крім одного натурального – лігніну, що міститься в клітинах енергетичних культур. Температура пресування сприяє оплавленню поверхні брикетів, яка завдяки цьому стає більш міцною, що важливо для транспортування брикет [51].

Технологія виробництва брикетів схожа з технологією гранулювання, але більш проста. Брикети бувають різних форм – у виді цегли, циліндра або шестикутника з отвором всередині [49]. Виробництво брикетів із біомаси простіше та потребує менше первинних інвестицій в обладнання порівняно з пелетами. Його також розміщують локально поблизу джерел, або ж місць концентрації сировини.

Не зважаючи на це, паливні брикети в Україні виробляються у менших обсягах, ніж пелети, у тому числі з огляду на складності з організацією їх автоматичної подачі. Загалом виділяють три типи паливних брикетів: NESTRO, RUF та Pini&Kaу (ці назви походять від назв фірм, які виробляють найбільш популярні преси для отримання даних типів брикетів) [52–54]:

- циліндричні брикети – NESTRO або NIELSEN – довгі циліндричної форми або багатокутного перерізу брикети, переважно, без внутрішнього отвору, отримані за рахунок застосування високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на гідравлічних пресах, а NIELSEN – на ударно-механічних пресах. Брикети цього типу мають нескінченну довжину і можуть бути розділені як на шайби, так і на поліна. Форму брикету визначає покупець. Виробничий процес характеризується невисокими вимогами до кваліфікації персоналу і до організації виробництва. Мають дуже високу щільність, користуються великою популярністю в Європі. Дані брикети охоче купують такі країни, як Німеччина, Данія, Великобританія, Норвегія, Швеція, Італія. На внутрішньому ринку, найчастіше використовують кускові брикети в якості палива для твердопаливних котлів. Їх переваги: невисока собівартість, достатньо висока щільність (1,0–1,15 т/м³). Недолік: низька вологостійкість брикетів (необхідна хороша упаковка) [52];

- пресовані куби-цеглини – RUF (брикети у вигляді цеглинки), –які виробляють на гідравлічних пресах за рахунок високого тиску. Розміри брикету залежать від пухкості вихідної сировини і прикладеного тиску. Гідравлічні преса вважаються найбільш надійним видом обладнання для брикетування, але мають високу вартість. Виробничий процес характеризується мінімальними вимогами до персоналу і до організації виробництва. Вони добре використовуються на внутрішньому ринку, і також відмінно купуються в усі європейські країни. Перевагою RUF-брикетів є низька собівартість виготовлення. Недоліки: сама низька щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (0,75-0,80 т/м³); брикет є нестійким до вологи (потрібна хороша упаковка), а також до механічних

пошкоджень, що негативно впливає на його стан після тривалого транспортування [53];

- екструдерні брикети – Pini&Kaу – брикети, які мають циліндричну або багатогранну форму з наскрізним отвором всередині. Наявність такого отвору забезпечує кращий рух повітря при горінні брикету. Брикети Pini&Kaу виробляються екструдерним способом на механічних (шнекових) пресах шляхом поєднання високого тиску і термічної обробки (випалювання). Висока температура пресування (250–350 °С) сприяє оплавленню і зміцненню поверхні брикетів, що є важливим для транспортування брикетів без пошкоджень. Виробничий процес характеризується жорсткими вимогами до вологості сировини (< 8 %), необхідністю подрібнення сировини до дрібної фракції, значною енергоємністю та потребою у висококваліфікованому персоналі. Такі брикети закладаються вручну в топку котла чи в грубку, вони користуються попитом у прибалтиці. Переваги цього типу паливних брикетів: стійкість до механічних пошкоджень, висока вологостійкість, сама висока щільність у порівнянні з іншими типами брикетів (1,1–1,4 т/м³). Недолік: висока собівартість [54].

Типова технологічна схема виробництва паливних брикетів з біомаси включає 7 операцій (рис. 2.5).

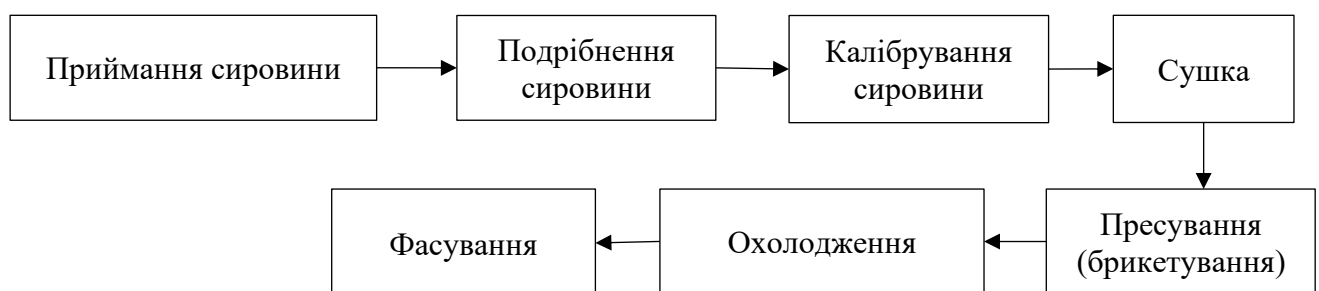


Рис. 2.5. Функціональна схема виробництва паливних брикетів із біомаси енергетичних культур

Джерело: складено автором на основі [51–54]

1. *Приймання сировини.* Ця операція проводиться на майданчику, розміри якого повинні давати можливість накопичувати як мінімум добовий запас

біомаси для забезпечення її своєчасної і безперешкодної подачі для подальшої переробки. Якщо брикетувальна лінія має невелику потужність і розташована неподалік джерела сировини, то сировина може доставлятися у виді необробленої біомаси енергетичних культур [51].

2. *Подрібнення сировини.* На стадії підготовки виконується подрібнення сировини до фракції, що відповідає вимогам певного брикетувального обладнання. Також необхідно забезпечити відсутність сторонніх включень у сировині (металеві домішки, каміння, пісок) [54].

3. *Калібрування сировини.* Потрібне для відділення сировини з необхідним розміром фракційного складу. Для реалізації цієї технологічної операції використовуються барабанні калібратори з отворами сит до 5-6 мм. Деякі виробники використовують подрібнювачі із ситами, що виконують функцію калібрування біомаси [43].

4. *Сушіння подрібненої сировини.* Подрібнена сировина по матеріалопроводу потрапляє в камеру сушильного агрегату. Відбір зайвої вологи здійснюється гарячим повітрям, виробленим теплогенератором, який може працювати як на самій біомасі, так і на природному газі. Зазвичай сировину необхідно висушити до вологості 8–14 %. Існують прес-брикетувальники з можливістю використання біомаси вологістю до 30 %, яка може бути досягнута при належному зберіганні біомаси, а тому відпадає необхідність в операції сушіння [43]. Далі подрібнений і висушений матеріал пневмотранспортом поступає в батареїний циклон, де відбувається його розділення із теплоносієм. Відпрацьований теплоносій викидається в атмосферу, а висушений матеріал подається на живильний пристрій прес-брикетувальника [51].

3. *Пресування сировини у брикети.* Формування з подрібненої рослинної маси міцного брикету забезпечується як фізико-механічними властивостями матеріалу, так і умовами протікання самого процесу брикетування. При цьому є певні вимоги до якості брикету, які необхідно виконати. Це щільність брикету ($0,8\text{--}1,3\text{ т/м}^3$), його вологість, розміри (діаметр, довжина), а також правильність форми. Процес брикетування – це процес стискування матеріалу під високим

тиском, з виділенням температури від сили тертя. За рахунок даного впливу в деревині відбувається виділення лігніну, який є сполучною речовиною для формування брикету [51].

Для виробництва брикетів з енергетичних культур застосовують поршневі і шнекові преси [51].

Поршневий прес працює циклічно – при кожному ході поршня продавлюють певна кількість матеріалу через конічне сопло, на брикетах чітко помітні відповідні циклам шари. У приводі завжди застосовується маховик, який дозволяє вирівняти навантаження двигуна. Знос поршня невеликий, оскільки відносно переміщення між пресованим матеріалом і поршнем мало, швидко зношується сопло. Поршневі преси відносно дешеві і тому широко поширені [48].

Шнековий прес легше поршневого, оскільки відсутні масивні поршні і маховики. Продукція виходить безперервно, тому її можна розрізати на потрібні шматки. Щільність вище, ніж у поршневих пресів. Шнекові преси менш галасливі, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більший витрата енергії і швидкий знос шнека [48].

4. Охолодження. У процесі пресування сировина досягає температури більше 70 °С. Чим вище зусилля пресування, тим більша температура брикетів та краща їх якість. Охолодження необхідне для остаточного затвердіння готових брикетів, що робить їх придатними для зберігання і транспортування. У деяких пресів брикет після виходу із формуючої насадки рухається по довгій направляючій, при цьому охолоджуючись [43, 51].

5. Фасування: Надання виробленому продукту товарного вигляду – невід’ємна частина виробничого процесу, тому на завершальному етапі підготовки брикетів до реалізації їх фасують у мішки або поліетиленові пакети та складають на піддони [43].

Таким чином, при брикетуванні біомаси можуть використовуватися всі 7 технологічних операцій, а на деяких лініях тільки 4: приймання сировини, її подрібнення, пресування у брикети та фасування готової продукції.

Паливні брикети мають широке застосування і можуть використовуватися для всіх видів топок, котлів центрального опалення та ін. Великою перевагою брикетів є сталість температури при горінні протягом 4 і більше годин [55].

Для кожного виду палива існує своя технологія спалювання, обґрунтована, як технічно, так і економічно. Паливну гранулу можна спалювати на різному устаткуванні. Однак максимальної ефективності можна досягти лише за допомогою котлів та пальників, спеціально для цього призначених [56].

Отримання теплової енергії з гранул відбувається не в процесі їх горіння, а через тління. При цьому котел, вичерпавши паливо в контейнері, може продовжувати постачання теплом протягом 24 годин за рахунок малої швидкості протікання процесу [56].

Крім котелень на пелетах, існують також каміни на гранулах і брикетах. Подібні каміни працюють не як котли, а як повітрянагрівачі, тому не вимагають системи трубопроводів. Найчастіше вони використовуються (як і традиційні каміни) в якості додаткового засоби обігріву [48].

На сьогоднішній день на ринках країн СНД представлені й пальники для переобладнання рідко паливних котлів під гранулу, і котельне обладнання великої потужності, і промислові парогенератори на біопаливі, і малопотужні автоматизовані котли для приватних будинків, і кімнатні каміни для спалювання паливної гранули. Велика частина обладнання імпортується. Однак і цілий ряд вітчизняних підприємств пропонує обладнання, призначене для спалювання пелет [57].

Для кожного виду біопалива існує своя спеціальна і специфічна технологія. Котельні, призначені для біомаси вологістю менше 30 %, не будуть ефективні ні для спалювання вологого біопалива з утримання води близько 50 %, ні для рафінованого біопалива. Волога сировина не буде горіти через те, що їй необхідна дуже висока температура всередині котла. Деревні гранули (рафіноване біопаливо) будуть згоряти в такому котлі, але при цьому втратять економічну доцільність, оскільки вартість котла на гранулах нижче, ніж на вологою або сухою (до 35 %) біомасі – тирсі, трісці тощо [48].

Найбільш широко застосовують тверде біопаливо, виготовлене з твердих рослинних відходів у вигляді пелет та брикетів [54; 55]. Паливні пелети і брикети мають високу конкурентоспроможність порівняно з іншими видами традиційного палива. Так, для їх виробництва витрачається близько 3 % енергії, при цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати становлять близько 10 %, а при виробництві електроенергії – 60 %. Їх теплотворна здатність в 1,5 рази більше, ніж у звичайної деревини і вугілля. При спалюванні 2000 кг пелет виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні: 3200 кг деревини, 957 м³ газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту. Горіння такого палива в топці котла відбувається більш ефективно – кількість золи не перевищує 0,5...1,0 % від загального об'єму використаного палива [47].

Крім того, ціни на таке паливо не залежать від зростання цін на викопні види палива і на підвищення екологічних податків. Підвищити ефективність використання різних видів твердої біомаси енергетичних культур для виробництва біопалива можна шляхом попереднього їх змішування та приготування композитів, що включають інші види вуглецевмісних матеріалів. При цьому можна очікувати досягнення синергетичного ефекту внаслідок більш ефективного використання ресурсу біомаси та часткового зменшення негативного впливу на довкілля внаслідок утилізації відходів. Так, відоме сумісна переробка вугілля і біомаси, що охоплює такі види термохімічної переробки твердого палива: пряме сумісне спалювання вугілля і біомаси та газифікація біомаси з подальшим спалюванням генераторного газу у вугільних котлах [58].

Аналіз літературних джерел та критерії оцінки біопаливної продукції [34–58] показують, що найбільш важливими її характеристиками є: розміри (діаметр та середня довжина), теплотворна здатність, вміст вологи, зольність, питома та насипна густина, вміст хімічних елементів (хлор, азот, сірка тощо) та домішок. Для пелет прийняті жорсткіші вимоги до габаритних розмірів, ніж до брикетів. Це обумовлено їх застосуванням в енергетичних установках з автоматичною системою подачі (шнеками, транспортерами тощо). Найбільш поширеними є

діаметри пелет 6 і 8 мм. Обумовлена більшістю стандартів теплота згоряння пелет становить 18 ± 1 МДж/кг [47], залежно від сировини, з якої вони виготовлені.

Для одержання максимальної економічної ефективності при використанні рослинної біомаси на енергетичні цілі, необхідно забезпечити підвищення питомої теплоти згоряння твердого палива, зручність транспортування до енергетичних установок та керованість процесом горіння. Для цього необхідно дотримуватись вимог технології виготовлення продукції, використовувати якісну сировину, яка має відповідати встановленим вимогам, тобто створювати якісне стандартизоване паливо [42]. До теперішнього часу ще не встановлено українського стандарту на біопаливні пелети, окрім проекту ДСТУ «Брикети та гранули паливні. Технічні умови. Частина 1. Брикети та гранули паливні з деревинної сировини» розробленого в Національному університеті біоресурсів і природокористування України [59]. Тому більшість виробників орієнтується на західноєвропейські стандарти.

Таким чином основними видами твердого біопалива, яке виробляється з біомаси енергетичних культур є енергетична тріска, пелети та брикети [60].

2.3 Аналіз сфери застосування твердого біопалива і його технологічного забезпечення

Використання відновлюваних джерел енергії є одним із важливих напрямів енергетичної політики України, спрямованої на заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів та поліпшення стану оточуючого природного середовища. Збільшення обсягів їх використання в енергетичному балансі країни дозволяє підвищувати ступінь диверсифікації енергоносіїв, що сприятиме зміцненню енергетичної незалежності держави [61].

Основним завданням розвитку ринку енергії з відновлюваних джерел є вирішення проблеми дисбалансу на сучасному світовому енергетичному ринку шляхом їх ліквідації та переорієнтації традиційного способу забезпечення енергією споживчого та промислового секторів. А також досягти такого рівня збереження енергії, отриманої з відновлюваних джерел, щоб подолати проблему континентального трансферу енергії та зменшити викиди CO₂ в атмосферу. Використання біомаси в світі – давно визнаний тренд, котрий дозволяє заміщувати використання дорогого газу, а також зменшувати обсяги викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Біоенергетика є єдиним джерелом відновлюваної енергії, здатним забезпечити три основні джерела енергії, необхідні як окремим особам, так і підприємствам: біотепло / охолодження, біоенергія та біопаливо [37].

97 % ринку біопалива складає тверде біопаливо для виробництва теплової енергії з метою опалювання/охолодження приміщень та для виробництва електроенергії (63 %). Тверде біопаливо виробляється у вигляді агро- та деревних пелет, брикет, сформованих з промислових енергетичних рослин (верба, міскантус та ін.), деревини, щіпки, кори, інших відходів с/г та лісового господарства та ін. (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Порівняльна характеристика різних способів використання біомаси

| Біомаса | | | |
|-------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| Вид біомаси | Тверде біопаливо (97 %) | Рідке біопаливо (0,3 %) | Газоподібне біопаливо (2 %) |
| Сировинні галузі | Лісове господарство, сільське господарство, легка та харчова промисловість, тваринництво | | |
| Приклад | Агро- та деревні пелети, брикети, дрова | Біетанол, біодизель | Біогаз, біометан, синтезгаз |
| Виробництво енергії | Теплової, електроенергії, для транспорту | | |
| Функції | Опалення/ охолодження приміщень, готування їжі, освітлення, зв'язок, пересування/ мобільність | | |
| Використання по галузям | Промисловість, транспорт, приватний сектор, послуги, с/г та рибальство та ін | | |

Джерело: складено за матеріалами [62]

До твердого палива відносять: дрова та їх нові модифікації: паливні

гранули та брикети, у тому числі пелети, що представляють собою пресовані вироби з деревних відходів (тирси, тріски, кори, некондиційної деревини, порубкових залишків), соломи, відходів сільського господарства (лушпиння соняшника, горіхової шкаралупи, гною), біомаси енергетичних культур тощо.

Сьогодні біомаса переважно використовується у вигляді твердого палива (дров, тирси, тріски, паливних гранул і пелет), що заміщує вуглеводневе паливо в котлах котелень та електростанцій [63].

Відповідно до світової практики, до твердого біопалива відносять пелети, брикети, продукти/відходи деревообробки та агрокультур (рис. 2.6).

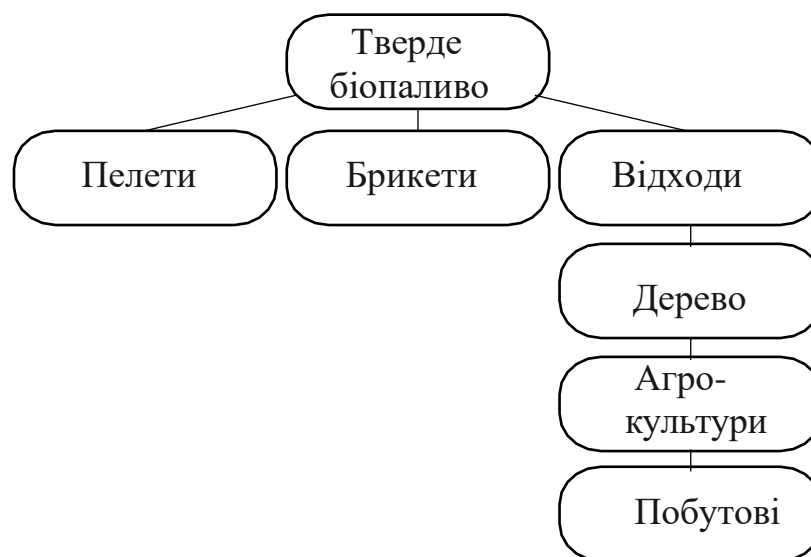


Рис. 2.6. Види твердого палива

Джерело: складено за матеріалами [63]

У порівнянні з традиційними видами палива, біопаливо є екологічно безпечнішим – якщо воно вироблене за належними стандартами якості та сертифіковане. При його спалюванні знижуються викиди сірки та утворюється менше золи. Остання, до того ж, при правильному використанні може бути застосована як добриво для агрокультур [64].

Структура виробництва енергії з біомаси в Україні представлена в табл. 2.7.

Як видно з да них табл. 2.7 основними споживачами твердого біопалива в енергетиці є промислові об'єкти, які використовують тверде біопаливо для

виробництва електроенергії, комунальні підприємства та приватний сектор, що використовує тверде біопаливо для отримання теплової енергії.

Таблиця 2.7

Структура виробництва енергії з біомаси в Україні

| Постачання біомаси (основні джерела біомаси) | Переробники біомаси і постачальники обладнання | Виробники енергії з біомаси | | |
|---|---|--|---|--|
| | | Енергія для власного споживання | Теплова енергія для споживачів | Реалізація електроенергії (для ринку) |
| Постачання та логістика біомаси | | | | |
| Лісові господарства Деревообробка Сільськогосподарські компанії Промислові енергетичні плантації Інше (напр., харчова промисловість) | Виробники пелет та брикетів | Промислові підприємства Рослинницькі і тваринницькі ферми Приватні користувачі | Приватні тепло- постачальники Комунальні тепло- постачальники | Виробництво Електроенергії. Тваринницькі ферми, що виробляють біогаз. Компанії, що збирають біогаз на полігонах твердих відходів |
| | Виробники котельного обладнання | | | Постачання електроенергії в мережу |

Джерело: складено за матеріалами [65]

Технології, які використовуються, або можуть бути використані для виробництва електричної та теплової енергії з різних видів твердого біопалива включають: спалювання твердого біопалива, сумісне спалювання, газифікацію, піроліз, комбіноване виробництво тепла та електроенергії [63].

Систематизовано характеристику технологій виробництва енергії з твердого біопалива наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Характеристика технологій виробництва енергії твердого біопалива

| Технологія перетворення | Вид палива | Основний продукт виробництва | Кінцевий продукт | Примітки |
|----------------------------|--|------------------------------------|--|--|
| Спалювання | Деревні колоди, тріска, гранули, інша тверда біомаса, підстилка | Тепло | Тепло та електроенергія (парова турбіна) | Теплова ефективність >80%; Електрична ефективність >15–40% |
| Сумісне спалювання | Тверде біопаливо, агро-лісові відходи (солома, відходи) | Тепло та електро- енергія | Тепло та електроенергія (парова турбіна) | Великий потенціал для використання різних типів біомаси, зниження викидів, низький рівень інвестиційних витрат. Існують певні технічні проблеми. |

Закінчення табл. 2.8

| Технологія перетворення | Вид палива | Основний продукт виробництва | Кінцевий продукт | Примітки |
|---|---|--------------------------------------|---|---|
| Газифікація | Деревна тріска, гранули та тверді відходи | Синтетичний газ | Тепло (котел), електроенергія (двигун, газова турбіна, комбінований цикл, моторні палива) | Хороші можливості для широкого використання різних типів біомаси для різних кінцевих споживачів |
| Піроліз | Деревна тріска, гранули та тверді відходи | Піролізні масла й продукти переробки | Тепло (котел), електроенергія (двигун) | Проблема забезпечення якості піролізних масел та відповідності кінцевому споживанню |
| Комбіноване виробництво тепла та електроенергії | Солома, лісові відходи, біогаз | Тепло та електроенергія | Комбіноване виробництво тепла та електроенергії (спалювання та газифікація) | Політичні пріоритети, висока ефективність >90%, потенціал для застосування в паливних елементах |

Джерело: складено за матеріалами [62]

Котли великої потужності, встановлені на ТЕЦ та ТЕС найменш вибагливі до якості палива, вмісту вологи чи золи. Як правило на них спалюють деревні паливо, особливо тріску, та покращене біопаливо невисокої якості (індустріальні брикети та пелети). Здійснюється сумісне спалювання біопалива та вугілля. При цьому, додавання твердого біопалива до традиційного, суттєво зменшує шкідливі викиди в атмосферу [57].

Порівняння різних технологій виробництва електроенергії з біомаси наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Порівняння різних технологій виробництва електроенергії з біомаси

| Технологія | Ефективність, % | Потужність, МВт.е | Капітальні витрати, \$/кВт.е |
|---|-----------------|-------------------|------------------------------|
| Сумісне спалювання на вугільних блоках | 35–40 | 10–50 | 50–1300 |
| Біомасові ТЕС з паровим циклом | 20–40 | 5–10 | 3000–5000 |
| Біомасові ТЕЦ з паровим циклом | 80–100 | 1–50 | 3085–3700 |
| Комбінований цикл з внутрішньою газифікацією (IGCC) | 30–40 | 10–30 | 2500–5500 |
| ТЕЦ з газифікацією | 25–30 | 0,2–1,0 | 3000–4000 |
| ТЕЦ з двигуном Стірлінга | 11–20 | <0,1 | 5000–7000 |

Джерело: складено за матеріалами [66]

До технологій виробництва теплової енергії відносяться наступні конструкційні рішення [67]: пряме спалювання, назифікація (не плутати з піролізом, процес якого має на виході деревне вігулля та піролізний газ). сумісне спалювання з вугіллям. Одержання тепла з твердої біомаси відбувається в котельні на біопаливі, яка призначена для отримання теплової енергії та передачі її споживачеві за допомогою нагрітого теплоносія з метою опалення житлових, адміністративних та громадських будівель, а також виробничих та технологічних приміщень [64].

Принциповий склад обладнання котельної на біопаливі включає [64]:

- систему приймання, складування та подачі біопалива (паливний приймач, завантажувач, паливний склад);
- систему спалювання біопалива з виробництвом теплової енергії (водогрійний або паровий біопаливний котел, або декілька котлів);
- систему водопідготовки та насосну групу;
- систему аспірації димових газів (золуловлювачі циклонного або касетного типу з димососом, димоходи, димові труби);
- систему золовидалення (встановлюється як опція на котли на біопаливі з високим відсотком зольності);
- систему контролю, управління (система автоматичного регулювання дозування подачі палива і управління процесами оптимального горіння і теплообміну в котлі), а також систему пожежогасіння.

Пряме спалювання біомаси в атмосфері повітря або кисню – один з найбільш старих методів отримання теплової енергії. Однак існує ряд проблем при його практичному використанні, головною з них є досягнення найбільш повного згоряння палива, в результаті якого утворюються діоксин вуглецю і вода, що не завдає шкоди довкіллю. До технічних пристроїв, які використовуються для прямого спалювання біомаси, відносяться печі, котли, топки, камери згоряння. Біомаса може використовуватися шляхом прямого спалювання в енергетичних установках у факелі, киплячому або ущільненому шарі з подальшим отриманням теплової та електричної енергії [68].

Іншою перспективною технологією енергетичного використання твердого біопалива є його газифікація з отриманням паливного газу (синтез-газу) в якості палива для енергетичних установок. Газифікація твердого біопалива. Газифікація – процес спалювання біопалива при температурі 800–1500 °С в присутності повітря або кисню і води з отриманням в результаті синтез-газу або генераторного газу з теплотою згоряння від 10000 до 16700 кДж/м³. Переваги даної технології порівняно з технологією прямого згоряння біомаси полягають в отриманні газоподібного біопалива, використання якого не вимагає суттєвої реконструкції котельного обладнання. Отриманий паливний газ може також використовуватися як паливо для газових турбін та дизелів. Основні недоліки – додаткові витрати на газогенерувальне обладнання, складність (через високу вартість обладнання) акумулювання газоподібного палива у великих обсягах, відносно низька теплотворна здатність. Застосування технологій газифікації твердого палива, як складової біомаси, дозволяє використовувати його для роботи будь-яких типів двигунів внутрішнього згоряння. При цьому при переході на газогенераторний газ потужність двигунів практично не змінюється, значно поліпшуються екологічні показники, на 40–50 % збільшується їх моторесурс. Заміна продуктів нафтопереробки та природного газу дешевим твердим біопаливом (відходи деревообробної промисловості, спеціально підготовлені відходи сільгоспвиробництва, біомаса енергетичних культур і т.п.) дозволяє в підсумку отримувати значний економічний ефект [69].

Поширення технології подвійного спалювання для отримання теплової енергії. Подвійне спалювання – технологія, яка передбачає спалювання майже 100 % твердого палива за рахунок конструкції печі та подачі вторинного кисню, що дозволяє зменшити кількість викидів CO₂ в атмосферу і забезпечити більший ККД генеруючого обладнання. Така технологія є обов'язковою для ТЕС в ЄС, устаткування спалює будь-яке тверде біопаливо (тріска, деревина, пелети, тирса, целюлозні відходи, кора), що є дуже важливим для українських виробників адже існує ринок збуту твердого палива [70].

Деревні паливні брикети мають досить високу теплотворну здатність (4–4,5 тис Ккал/кг) і можуть використовуватися як паливо в теплогенеруючих установках різної потужності.

Промислові технології енергетичного використання деревини постійно вдосконалюються. Велике значення при цьому має те, що деревина за хімічним складом не містить сірки та має дуже низький зміст азоту, у продуктах її згоряння, як правило, міститься мала кількість золи. Тим самим вона є більш екологічним видом палива, ніж нафта, вугілля чи навіть природний газ, особливо в умовах системного вирощування та використання енергетичних плантацій, коли виключається накопичення CO₂ в атмосфері.

Однією з проблем ефективного використання біомаси в енергетичних цілях є підвищена вологість біосировини. Такі характерні види біопалива, як торф або відходи лісорозчистки, у початковому стані мають теплотворну здатність близько 10,5 МДж/кг (1 Дж \approx 0,238846 кал). Попередня сушка цих продуктів підвищує їх теплотворну здатність до 19,5 МДж/кг (4660,6 ккал/кг). Як правило, тверді комунальні (побутові) відходи (ТКВ) і осади стічних вод (ОСВ), що вимагають утилізації та знешкодження, при характерній початковій вологості близько 40 % мають теплотворну здатність біля 6,5 МДж/кг (1553,54 ккал/кг). У результаті сушіння їх калорійність може збільшитися більш ніж у 2 рази, що істотно підвищує ефективність спалювання при високих температурах (1100–1200 °С), з відповідними руйнуваннями діоксинів [63].

Сучасною біотехнологією є теплоелектроцентральною, яка працює на біопаливі, показники ефективності якої співставні з аналогічними показниками традиційної ТЕЦ, що використовує викопні види палива. Електростанції, які працюють на біомасі, потужністю 10–50 МВт, забезпечують ККД 18–33 %, що є дещо нижчими від аналогічного ККД електростанцій на викопних енергоносіях [63].

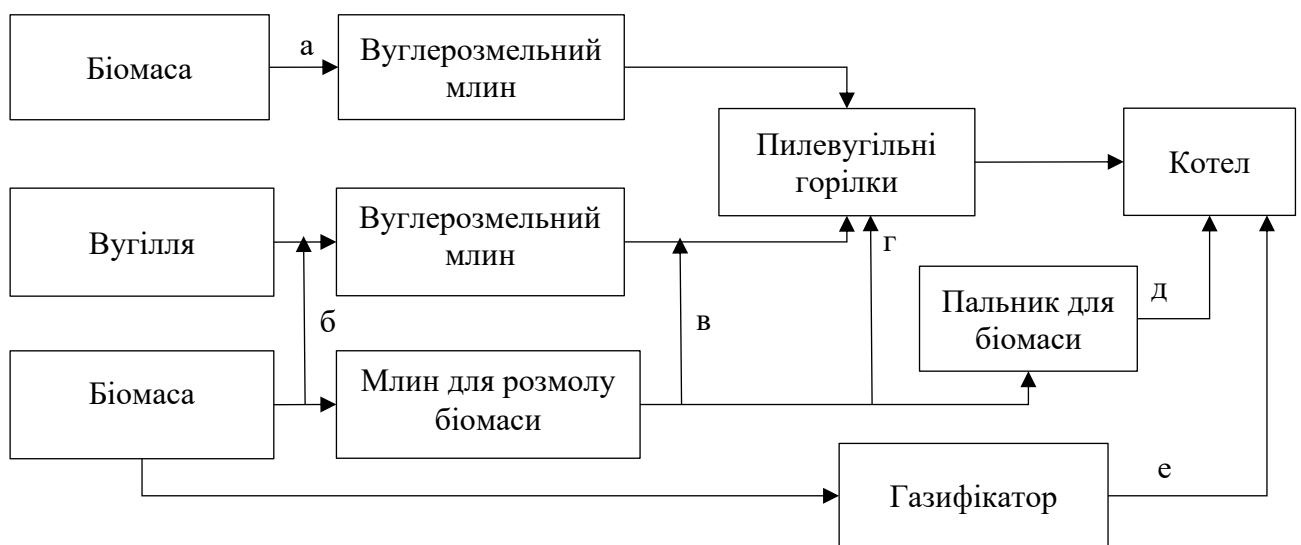
Широкий розвиток у світовій практиці одержало використання біомаси (біопалива) для виробництва електричної та теплової енергії, як на ТЕС, так і в системах централізованого теплопостачання.

Заміщення дорогого привозного палива на вугільних ТЕС біомасою сприяє підвищенню рівня енергоефективності, а також істотному поліпшенню екологічних показників при впровадженні сучасних енергоефективних технологій спільного спалювання вугілля та біопалива [71].

Спільне спалювання. Найпростіший спосіб використання біопалива це додавання відповідної його частки до традиційного викопного палива, з адаптацією обладнання діючих енергоблоків електростанцій до спільного спалювання. Таке рішення потребує установки додаткового обладнання та відповідної модернізації енергоблоку, але практика показує, що окремі варіанти модернізації під спільне спалювання традиційного палива та біомаси відносно недорогі. Відносно просто вирішується проблема часткового заміщення (4–5 %) вугілля біопаливом у разі наявності резервної продуктивності (потужності) млинів та котлів електростанції. Аналіз основних характеристик біомаси як палива показує основну її відмінність від традиційно спалюваного вугілля. Біомаса, як правило, має більший вихід летючих речовин, ніж вугілля, і містить більше кисню. Низький вміст золи в біомасі (біля 1 %) сприяє зменшенню викидів твердих частинок, а більший розмір золових частинок та їх схильність до агломерації забезпечують підвищення ефективності фільтрів. Досвід спільного спалювання вугілля та біомаси показав скорочення емісії NO_x, що пов'язано з більш низьким вмістом азоту в біомасі, а також більш раннім виходом і запаленням летючих речовин у початковій зоні факела [72]. При спалюванні високоякісного вугілля навіть у топках з твердим шлаковидаленням при додаванні біомаси відбувається зниження максимальної температури факела та, відповідно, зменшення емісії термічних NO_x. Крім того біопаливо містить менше сірки, ніж більшість використовуваних в енергетиці видів вугілля. До того ж вона відрізняється високим вмістом лужних елементів. Внаслідок цього від 5 до 10 % оксидів сірки, що утворюються, вловлюється лужними елементами, що сприяє додатковому зниженню викидів SO₂. Таким чином, для будь-якої вугільної теплоелектростанції відмічені властивості біопалива сприяють значному поліпшенню екологічних характеристик порівняно з традиційним

спалюванням вугілля. Разом з тим додавання біопалива до основного палива в певній мірі знижує ККД котлоустановки. Ступінь зниження ефективності залежить від характеристик біопалива та конструктивних параметрів енергоблоку. Основні причини зниження ефективності – більш високий вміст води та співвідношення водень/вуглець в біомасі порівняно з вугіллям. Встановлено, що з цих причин при додаванні 20 % біопалива по масі ККД котла знижується приблизно на 2 % [69].

Технології спалювання біомаси на ТЕС. У світовій практиці широко використовують три основні схеми спільного спалювання біопалива та вугілля на ТЕС – пряме, непряме та паралельне. Кожна схема має свої переваги та недоліки і передбачає часткове заміщення біопалива відповідним обсягом більш дорогого вугілля (рис. 2.7).



Умовні позначення: а - розмелювання біомаси в модифікованих вуглерозмельних млинах; б - попереднє змішання біомаси з вугіллям і подальше розмелювання і спалювання суміші палив в існуючих пилувугільних пальниках; в - пряме вдування попередньо розмеленої біомаси в існуючі пилопроводи; г - пряме вдування попередньо розмеленої біомаси через модифіковані пилувугільні пальники або безпосередньо в топку; д - пряме вдування попередньо розмеленої біомаси через спеціалізовані пальники для біомаси; е - газифікація біомаси з наступним спалюванням отриманого газу в котлі

Рис. 2.7. Принципові схеми прямого та непрямого спільного спалювання вугілля та біопалива

Джерело: складено за матеріалами [73]

Пряме спільне спалювання (рис. 2.7, а – д) – простий та відносно недорогий варіант. Вважається, як правило, основним при прийнятті проектного рішення з реконструкції ТЕС. Розмелювання пелет у вуглерозмельних млинах та подальше їх спалювання в існуючих пиловугільних пальниках має ряд особливостей, зокрема [73]:

- необхідна відносно невелика модернізація млина для запобігання застою подрібнюваного матеріалу при його помолі. Біомаса має високий вихід летючих речовин, що починають виділятися у значних обсягах при більш низькій температурі (близько 180 °С), ніж в умовах спалювання кам'яного та навіть бурого вугілля, що потребує підвищеного температурного контролю на вході в млин для запобігання вибуху або пожежі;
- модернізація помольних елементів млинів не потрібна;
- при реконструкції млина для помолу біомаси ефективність сепаратора повинна бути знижена для запобігання зайвої циркуляції розмеленої маси в млині;
- при переведенні млина з вугілля на біомасу його продуктивність зазвичай знижується приблизно на 20–50 % через вологість розмелювального палива [43].

Схема з попереднім змішуванням біопалива з вугіллям і помолом суміші палив. Такий варіант більш прийнятий при запровадженні на вугільних ТЕС технології спільного спалювання біопалива з вугіллям, особливо в умовах можливих ризиків щодо надійності постачання біопалива. При впровадженні даної схеми необхідні відносно помірні капітальні витрати, перш за все для облаштування систем прийому, зберігання та подавання біопалива. Зазначена схема має такі особливості [74]:

- при спільному розмелюванні вугілля та біопалива збільшується споживання електроенергії млином;
- спільне розмелювання вологого біопалива може знизити сушильну продуктивність млина.

Схема з прямим вдуванням біопалива. Біопаливо має бути попередньо розмелене в паливному цеху ТЕС або в спеціальному цеху на території

електростанції. Системи з прямим вдуванням та спільним спалюванням біопалив з вугіллям вимагають створення системи пневмотранспортування розмеленого біопалива до котельного цеху [75].

Існує три основні варіанти реалізації прямого вдування біопалива [75]:

- пряме вдування в топку котла без підведення повітря для горіння;
- використання нових, спеціалізованих пальників для спалювання біопалива;
- вдування біопалива в існуючі пилопроводи або через модифіковані пальники. Додаткові спеціалізовані пальники для біопалива необхідні в тому випадку, коли при експлуатації вже досягнута максимальна потужність пиловугільних пальників.

Як вважається, схема з прямим вдуванням пилоподібного палива в діючі пиловпроводи з точки зору реалізації – відносно проста та малозатратна. Використання даної схеми має свої особливості [58]:

- витрати вугілля та повітря, що надходять в млин, можуть бути знижені відповідно до обсягу транспортування біопалива та його теплоти згорання;
- як млини, так і пальники можна експлуатувати в звичайному діапазоні режимів роботи по заданій теплоті та обсягах подачі первинного повітря;
- у пальниках можна спалювати 100 % біопалива при установці двох систем прямого вдування на одну групу млинів. Як правило, варіант з прямим спільним спалюванням допускає використання до 10 % біопалива без істотних змін обладнання або систем управління. Остаточний вибір схеми прямого спільного спалювання залежить від обсягу та виду біопалива.

Непряме спільне спалювання (рис. 2.7, е). Для непрямого спільного спалювання необхідна газифікація або піроліз біомаси з послідуєчим поданням підготовленого газоподібного палива в топку котла. Позитивною стороною непрямого спільного спалювання є те, що при цьому не забруднюється зола, яка використовується для продажу, і виключаються окалиноутворювання та забруднення екранних труб [73].

Технологія паралельного спільного спалювання потребує створення окремого котла, повністю працюючого на біомасі, пар від якого надходить в загальний колектор. Такий підхід потребує відповідних інвестицій в дублювання топкового обладнання та системи паливопідготовки [73].

Системи централізованого теплопостачання з розширенням використання поновлюваних та біопаливних ресурсів є одним з ефективних і перспективних напрямів забезпечення тепловою енергією населення та інших споживачів теплової енергії в країнах із перехідною економікою та європейських країнах. Це обумовлено такими основними його особливостями [73]:

- відсутність залежності від одного виду палива, особливо природного газу;
- використання в якості палива біопалива, муніципальних, промислових та інших твердих побутових відходів, а також теплової енергії стічних вод;
- можливість комбінованого вироблення теплової та електричної енергії;
- виробництво теплової енергії за самих низьких викидів в атмосферу.

У системах централізованого теплопостачання використовуються різні первинні енергоресурси: викопні види палива (нафта, газ і вугілля); скидне тепло промислових підприємств; тепло, що отримується при спалюванні побутових і промислових відходів; біомаса (у тому числі деревина, солома, тваринні жири); біогаз від фермерських господарств та відходів фермерського виробництва; геотермальне тепло; сонячна енергія та інші поновлювані джерела енергії. Найбільш екологічно ефективним є використання муніципальних твердих відходів (MSW) для виробництва теплової та електричної енергії. Необхідність у цьому зростає в багатьох країнах світу по мірі того, як переповнюються звалища для зберігання побутових відходів. Додатковою мотивацією для використання MSW є викиди метану (парникового газу) на полігонах для зберігання відходів [68].

Важливим напрямом виробництва електро- та теплоенергії в Європі вважається спільне спалювання біомаси та викопного палива на традиційних теплоелектроцентралях. Перевагою такого процесу є можливість використання

існуючого обладнання та широкого спектру палив, а також досягнення високої ефективності виробництва електро- та тепло енергії в режимі когенерації. Спільне спалювання успішно розвивається внаслідок простоти та відносно невисокої витратності технологій при використанні існуючої інфраструктури ТЕЦ, при одночасному витісненні відповідної частки вугілля з енергобалансу та відповідному зниженні негативного впливу на навколишнє середовище [76–77].

Головною технологічною характеристикою твердого біопалива є його теплотворна здатність, що використовується шляхом прямого спалювання, газифікації/піролізу твердого біопалива з метою отримання тепла для опалення чи постачання гарячої води [65].

В сфері комунального господарства та побутового сектору основним напрямом використання твердого біопалива є виробництво тепла за допомогою твердопаливних котлів. Твердопаливні котли є пристроями для обігріву та, якщо передбачено конструкцією, подачі гарячої води, що безпосередньо здійснюють процес спалювання та газифікації/піролізу в результаті спалювання твердого палива. Вони працюють на дровах, деревних брикетах, гранулах, вугіллі, коксі, агровідходах тощо. Деякі котли можуть поєднувати всі перераховані види палива (комбіновані, мультипаливні), а деякі працювати лише на одному з них. Крім того, існують моделі твердопаливних котлів, які здатні переключатися на рідке паливо або газ [65].

Із технологічної точки зору, твердопаливні котли розділяють на котли прямого спалювання та піролізні, що відрізняються способом перетворення палива в корисну теплову енергію [65]. Систематизовану класифікацію твердопаливних котлів представлено на рис. 2.8.

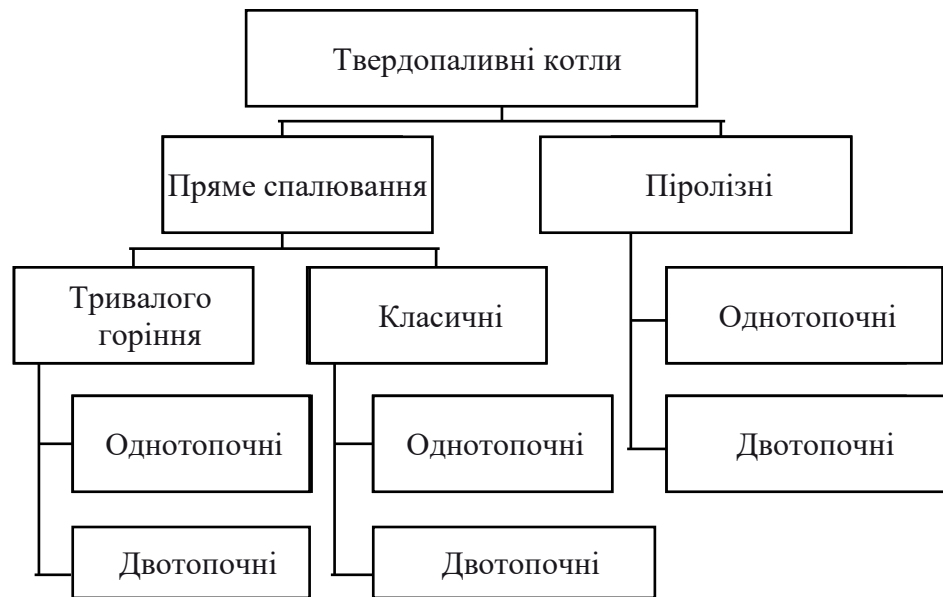


Рис. 2.8. Класифікація твердопаливних котлів

Джерело: складено за матеріалами [64, 65]

У котлах прямого спалювання відбувається природний та майже неконтрольований процес горіння обраного палива. Процес горіння палива – це сукупність хімічних реакцій окислення його горючих елементів, що супроводжується значним виділенням тепла і світла. Недоліком таких котлів є невисокий ККД, відповідно велика витрата палива і, як наслідок, необхідність частої його закладки – приблизно раз на 4–8 годин. Оскільки звичайні котли мають просту конструкцію, їх вартість невисока [65].

Окремим різновидом котлів з прямим спалюванням палива є так звані твердопаливні котли тривалого горіння або твердопаливні котли тліючого типу. Їх відрізняє вертикальна, як правило циліндрична форма, і велика висота у 1,5–2 метри. Принцип роботи цих твердопаливних котлів дуже простий – паливо горить (тліє) зверху вниз як свічка, тобто, на відміну від класичних котлів, де партія палива підпалюється відразу, паливо в котлах тривалого горіння згорає пошарово, що дозволяє максимально відтягнути момент повторної закладки палива, навіть до 30–36 годин [79].

Піролізні котли працюють за принципом газифікованого спалювання деревини. Всередині котла знаходяться дві камери. У верхню камеру завантажують паливо і підпалюють його. Потім, в умовах нестачі кисню,

відбувається нагрів палива до високої температури близько 450–600 °С, завдяки чому утворюється горючий піролізний газ. Під дією штучної тяги газ надходить у нижню камеру, змішується з повітрям і згорає при температурі 800–1200 °С, утворюючи набагато більшу кількість теплової енергії, ніж у випадку прямого спалювання палива. Піролізні котли мають високий ККД 80–95 % і тривалий час горіння – від 6–12 годин до доби і більше. За рахунок повного спалювання деревини, при роботі піролізного котла утворюється мінімальна кількість сажі та золи [64].

Важливою перевагою брикетів як палива є сталість температури при горінні протягом кількох годин. Брикети з біомаси можливо спалювати у побутових та невеликих твердопаливних котлах з ручним завантаженням (до ~100–150 кВт), що часто вже наявні у закладах бюджетної або соціальної сфери та у населення. Також на ринку представлені автоматизовані котли з бункером (до ~240 кВт), які пристосовані для використання брикетів із біомаси. Брикети меншої щільності (тобто «м'якіші» за рахунок пресування вологішої сировини) можна використовувати у потужних котлах із шнековою подачею [53].

Проекти виробництва електроенергії досить рідко зустрічаються в Україні. Їх реалізація потребує великих початкових інвестицій в обладнання, додаткових інвестицій в електромережу, значних витрат на експлуатацію. Слід враховувати також можливість виникнення технічних ризиків і нестабільність регулювання зеленого тарифу. Крім того, спалювання твердого біопалива разом з іншими видами палива не відповідає вимогам пільгового тарифу, який застосовується до постачання електроенергії з відновних джерел [79].

Енергія, що виділилася при згоранні палива, в двигуні виробляє механічну роботу і теплоту. Механічна робота на валу двигуна використовується для вироблення електроенергії генератором електричного струму. Теплова енергія, що виробляється когенераційними установками може використовуватися для опалення, отримання пара і для отримання холоду. Холод виробляється абсорбційним модулем, який може функціонувати завдяки гарячій воді, пару або гарячим газам.

На сьогоднішній день когенерація є найбільш ефективною з усіх існуючих технологій енергозабезпечення і є провідною в світі. Найбільш важливими рисами слід зазначити високу ефективність використання палива, більш ніж задовільні екологічні параметри, а також автономність систем когенерації. Устаткування по екологічним нормам можна використовувати навіть в природоохоронних зонах.

Таким чином, біоТЕЦ надають можливості вибору найбільш ефективного шляху вирішення проблеми енергопостачання за рахунок широкого діапазону режимів експлуатації, великого вибору допоміжного устаткування і систем, різних варіантів компоновок, що дозволяє точно і оптимально пристосувати установку до роботи в будь-яких умовах застосування. При невисоких капітальних і експлуатаційних витратах ці електростанції забезпечують максимальну ефективність інвестицій за рахунок виробництва електроенергії і тепла з вельми конкурентними цінами [62].

Котельні установки на твердому паливі використовуються як постійне або резервне джерело опалення, для постачання приватного житла або господарських промислових будівель гарячою водою. Основною перевагою котелень на твердому біопаливі є автономний тип систем. На основі твердопаливної котельні виробляють, незалежно від громадських, комунальних систем, індивідуальне гаряче водопостачання і обігрів житла. Також організація опалення з природним типом циркуляції теплоносія не вимагає додаткового підключення електричних приладів. БіоТЕС вирішує проблему в районах з нестабільною подачею тепlopостачання, при сучасній нестабільності вирішальним фактором використання твердопаливного обігріву є економічний фактор. Для території України, твердопаливні котельні - оптимальне рішення з обігріву для районів, де основним видом палива – дрова та відходи дерева переробки, що створює умови для виробництва деревних пелет [62]

Підвищити ефективність використання різних видів твердих рослинних відходів для виробництва біопалива можна шляхом попереднього їх змішування та

приготування композитів, що включають інші види вуглецевмісних матеріалів наприклад, побутові відходи поліетилентерефталату (ПЕТФ), місцеві види палива. При цьому можна очікувати досягнення синергетичного ефекту внаслідок більш ефективного використання ресурсу біомаси та часткового зменшення негативного впливу на довкілля внаслідок утилізації відходів. Так, відоме сумісне переробка вугілля і біомаси, що охоплює такі види термохімічної переробки твердого палива: пряме сумісне спалювання вугілля і біомаси та газифікація біомаси з подальшим спалюванням генераторного газу у вугільних котлах [58].

Для кожного виду палива існує своя технологія спалювання, обґрунтована, як технічно, так і економічно. Для кожного виду біопалива існує своя спеціальна і специфічна технологія. Котельні, призначені для біомаси вологістю менше 30 %, не будуть ефективні ні для спалювання вологого біопалива з утримання води близько 50 %, ні для рафінованого біопалива. Волога сировина не буде горіти через те, що їй необхідна дуже висока температура всередині котла. Деревні гранули (рафіноване біопаливо) будуть згоряти в такому котлі, але при цьому втратять економічну доцільність, оскільки вартість котла на гранулах нижче, ніж на вологою або сухою (до 35 %) біомасі – тирсі, трісці і т.д. [48]

Сумісне спалювання біомаси та вугілля має відповідні переваги перед їх роздільним спалюванням. Головними з них є [42]:

- використання біомаси замість основного палива практично не потребує переобладнання. Однак специфічні властивості біомаси в особливості їх шлаки і корозійні властивості змушують обмежити частку їх використання в суміші з вугіллям в одній установці. Більшістю зарубіжних дослідників встановлено розмір цієї частки не більше 10–20 %, а найбільш впевнено – 5–10 % (конкретна частка визначається в залежності від характеристик біомаси, яка використовується, та від топкового пристрою), ці данні збігаються з вітчизняними дослідженнями;

- стабілізація процесу спалювання проходить за рахунок спалювання вугілля;

- зменшення емісії SO_2 , NO_x , CO_2 , порівняно з викопними паливами;

- паливна еластичність котла і відсутність залежності виробництва електроенергії від доступності біомаси (логістичні проблеми), що вигідно для оператора енергетичної системи [42].

Використовуючи в таких технологіях гранульоване і брикетоване біопаливо, можна уникнути негативних сторін сумісного спалювання, які виникають при застосуванні їх у вигляді сипкої сировини, а саме [42]:

- невідповідна швидкість подачі біомаси і палива до камери спалювання;
- неоднорідний характер горіння у камері спалювання котла;
- нерівномірність теплових навантажень поверхонь опалювального котла;
- велика різниця у фізико-хімічних властивостях біомаси і вугілля (густина, вологість), що визначають вибір технологічних рішень по забезпеченню сушки біомаси, її розмелу і транспортування тощо.

Одним з раціональних способів підвищення ефективності одержання теплової енергії з твердого палива є його газифікація. Змінюючи склад композитів біомаси енергетичних культур або їх фракційність у пелетах або брикетах, можна виробляти синтез-газ у газогенераторах із покращеними характеристиками. Так, наприклад, використання пелет, виготовлених з суміші гранульованого вугілля і тирси з різною фракційністю, в процесі газифікації дозволяє збільшити вихід метану CH_4 та окису вуглецю CO , що збільшить теплоту згорання виробленого синтез-газу [80, 81].

Провівши аналіз сфер застосування твердого біопалива можна виділити три основні: виробництво електричної енергії, виробництво теплової енергії, та споживання побутовим сектором для опалення.

Найбільш оптимальною технологією використання твердого біопалива є когенерація, тобто виробництво електричної та теплової енергії на промислових установках з сумісним використанням органічного та твердого біопалива. Така технологія дозволяє не зменшуючи ККД агрегатів виробляти максимально можливу кількість енергії при цьому значно скорити вики шкідливих речовин в атмосферу.

Аналіз промислової бази дозволив розробити організаційну схему

формування біоенергетичного циклу, який складається із трьох переділів, які узагальнено представлені на рис. 2.9.

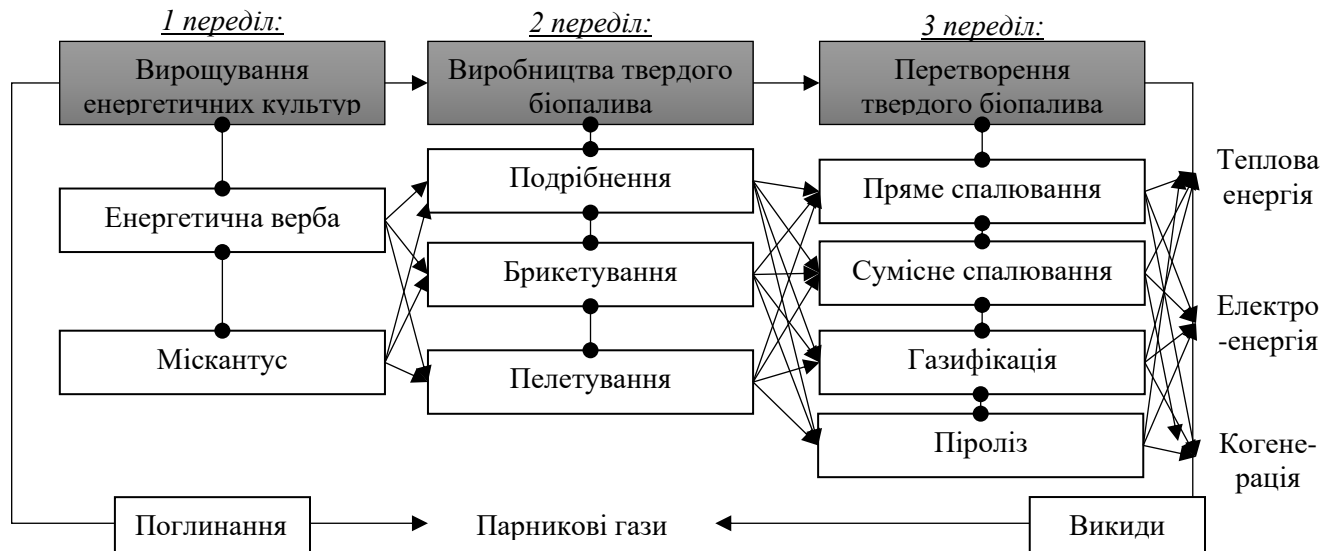


Рис. 2.9. Організаційна схема формування біоенергетичного циклу

Джерело: власна розробка

Виходячи із схеми, представленої на рис. 2.9:

- 1 переділ – вирощування енергетичних культур;
- 2 переділ – виробництво твердого біопалива;
- 3 переділ – перетворення твердого біопалива.

Запропонована схема передбачає взаємоузгодження різних видів економічної діяльності: сільського господарства (вирощування енергетичних культур), деревообробної промисловості (виробництво твердого біопалива) та енергетики (перетворення твердого біопалива в кінцеву енергію: електричну, теплову, або як біокомпонет для моторного палива).

Зазначеною схемою доводиться, що біоенергетичний цикл є екологічно нейтральним, оскільки вирощування енергетичних культур здатне поглинути викид парникових газів, спричинених спалюванням твердого біопалива.

Висновки до розділу 2

1. На основі аналізу біотипів, біологічних та фізико-хімічних властивостей, умов вирощування та способів використання удосконалено класифікацію енергетичних культур, яка є методичною передумовою для визначення конкретних видів рослин для культивування. Класифікаційними ознаками енергетичні культур є: цикл вирощування (однорічні або багаторічні); тип (деревоподібні, трав'янисті, водорості), склад кінцевого продукту (олійні, крохмалемісні, цукровомісні, лігноцелюлозні), походження (класичні енергетичні культури, сільськогосподарські культури). Найперспективнішими є класичні багаторічні енергетичні культури, такі як верба та міскантус.

2. До основних видів твердого біопалива з біомаси енергетичних культур відносять: непідготовлена біомаса енергетичних культур, енергетична тріска (щепа); паливні гранули (пелети), брикети. З точки зору хімічного складу та фізичних властивостей найбільш доцільним є виробництво тверде біопаливо з біомаси енергетичних культур у виді пелет, що дозволяє підвищити ефективність отримання енергії.

3. Аналіз досвіду застосування твердого біопалива дозволив виділити два основних напрями його використання, а саме: виробництво електричної та теплової енергії. Серед технологій його перетворення виділяють пряме спалювання, сумісне спалювання, газифікацію, піроліз, когенерацію. Найефективнішою технологією перетворення твердого біопалива є когенерація шляхом сумісного використання традиційного органічного та твердого біологічного палива.

4. Аналіз способів культивування енергетичних культур, способів виробництва та використання твердого біопалива дозволив запропонувати організаційні положення з формування біоенергетичного циклу, який складається із 3 переділів: 1 – вирощування енергетичних культур; 2 – виробництво твердого біопалива; 3 – перетворення твердого біопалива, на

кожному з яких я альтернативні варіанти формування.

5. У роботі надано науково-практичні рекомендації щодо розбудови біоенергетичного циклу в Україні, а саме:

- 1) вирощувати класичні енергетичні культури, а саме: енергетичну вербу та міскантус;
- 2) організувати виробництва паливних пелет;
- 3) розвивати комбіноване виробництво теплової та електричної енергії із сумісним спалюванням паливних пелет та вугілля.

Основні наукові результати розділу опубліковані у працях автора [60, 76–77].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Калетнік Г. М., Пришляк В. М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посіб. К: Аграрна наука, 2010. 327 с.
2. Дубровін В. О., Корчемний М. О., Масло І.П. та ін. Біопалива (технологія, машини і обладнання). К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
3. Калетнік Г. М. Економічна ефективність розвитку ринку біопалив в Україні. Проблеми науки. 2008. № 12. С. 38–43.
4. Гументик М. Я. Атлас високопродуктивних біоенергетичних культур // Біоенергетика. 2013. № 2. С. 6–7.
5. М. Мельничук, В. Дубровін. Зелена енергія в Україні. Агросектор. 2007. № 2. С. 12–13.
6. Федірко М. М. Солтис Д. І., Овчарук О. В Проблеми вирощування енергетичних культур в Україні // Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.) Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 180–183.
7. Karampinis E., Vamvuka D., Sfakiotakis S. Comparative Study of Combustion Properties of Five Energy Crops and Greek Lignite. Energy & Fuels, 2012. N 26 (2). P. 869-878. URL: http://www.researchgate.net/publication/224437353_A_Comparative_Study_of_Combustion_Properties_of_Five_Energy_Crops_and_Greek_Lignite
8. Alexopoulou E., Christou M., Eleftheriadis I. Role of 4F cropping in determining future biomass potentials, including sustainability and policy related issues. Biomass Department of CRES. 2010–2012. URL: http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP3/D3.2%20Role%20of%204F%20crops.pdf
9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>

10. Dahl J., Obernberger I. Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops // 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection: proceedings (Rome, Italy, 10-14 May 2004) P. 1265–1270. URL: http://www.cres.gr/bioenergy_chains/files/pdf/Articles/10-Rome%20OE1_1.pdf

11. Хіврич О. Б., Квака В. М., Каськів В. В., Мамайсур В. В., Макаренко А. С. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. Агробіологія. 2011. Вип. 6. С. 153-157. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agr_2011_6_39

12. Allen B., Kretschmer B., Baldock D. Space for energy crops – assessing the potential contribution to Europe’s energy future, 2014. URL: <http://www.eeb.org/EEB/?LinkServID=F6E6DA60-5056-B741-DBD250D05D441B53>

13. Трибой О. В., Драгнев С. В. Як використати малопродуктивні землі для вирощування сталої біосировини для енергетики? Екологія підприємства. 2018. №7 (72). С. 55–63. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/tryboi-dragnev-marginal-lands-for-growing-sustainable-bioenergy-feedstock-forbio.pdf>

14. Роїк М. В., Гументик М. Я., Мамайсур В. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. Біоенергетика. 2013. № 2. С. 18–9

15. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України. Українська енергетика. 2012. URL: <http://ua-energy.org/post/27476>.

16. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В. Перспективи Вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка. № 10. Біоенергетична Асоціація України. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-10-ua.pdf>.

17. Сокольникова К. А у нас замість вугілля, газу і дров – енергетичні культури. AgroPortal. 19.10.2016. URL: <https://agroportal.ua/ua/publishing/analitika/a-u-nas-vmesto-uglya-gaza-i-drov-energeticheskie-kultury/>

18. Енергетична верба – екологічно чисте біопаливо 21 століття. Новини агротехніки компанії «Salix Energy»). № 1. 2012. С. 26–28.

19. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні. Проект «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних

технологій в муніципальному секторі в Україні». 22.02.2016. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf

20. Шевчук Р. Біоенергетичні культури для Полісся. інформаційно-аналітичний портал Аграрний Тиждень. Україна. URL: <https://a7d.com.ua/plants/13853-boenergetichn-kulturi-dlya-polssya.html>

21. Planting and growing miscanthus. Best practice guidelines. URL: <http://adlib.everysite.co.uk/resources/000/023/838/miscanthus-guide.pdf>

22. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України. Агенцією економічного розвитку PPV Knowledge Networks. Львів 2018. URL: https://www.ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Studies_of_Forest-based_and_Energy_Crops_Biomass-for-Energy_Use_in_Northern_Oblasts_of_Ukraine_PPV_2018_UA.pdf

23. Роїк М. В., Ганженко О. М. Агропромислові енергетичні плантації – шлях до енергонезалежності України. Український тижневик ділової інформації АгроПроф/ЭЪ. 13.11.2015. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1297-agropromislovi-energetichni-plantatsiji-shlyakhdo-energonezalezhnosti-ukrajini>

24. Погорелова І. Енергетичні рослини можуть замінити газ та очистити ґрунти. Газете Рідне Село. URL: <http://ridneselo.com/node/6856>

25. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М., Думич В., Журба Г. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. Техніка і технології АПК. 2013. № 2. С. 31–34. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Titapk_2013_2_14.pdf

26. Wullschleger, S. D., Sanderson M. A., McLaughlin S. B. Photosynthetic rates and ploidy levels among populations of switchgrass. Crop Sci. 1996. №36. P. 306–312.

27. Кулик М. І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчґрасу (*panicum virgatum.*) другого року вегетації. Вісник Полтавської державної аграрної

академії. Полтава, 2013. №2. С.30–34. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2013/02/30.pdf>

28. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Досвід та перспективи вирощування тополі (*POPULUS SP.L.*) в південному степу України. Наукові праці Лісової академії наук України. 2009. Вип. 7. С. 66–69.

29. Можарівська І. А. Особливості вирощування *Silphium perfoliatum L.* в умовах радіоактивного забруднення Полісся України. Агроекологічний журнал. 2016. № 4. С. 153–158.

30. Берковский Б. М., Кузьминов В. А. Возобновляемые источники энергии на службе человека Москва : Наука, 1987. 127 с.

31. Можарівська І. А. Оцінка продуктивності сіди багаторічної залежно від застосування регуляторів росту. Органічне виробництво і продовольча безпека // III Міжнародна науково-практична конференція: тези доповіді (м. Житомир, 23–24 квітня 2015 р.). Житомир: ЖНАЕУ, 2015. С. 399–401.

32. Яковлева Н. Українські науковці пропонують вирощувати павловнію для виробництва біопалива. EcoTown. URL: <https://ecotown.com.ua/news/Ukrayinski-naukovtsi-proponuyut-vyroshchuvaty-pavlovniyu-dlya-vyrobnytstva-biopalyva/>

33. Зінченко В. О. Біогеліоенергія – наше енергетичне майбутнє Пропозиція. 2006. № 8. С. 130–132.

34. Гуцол Т. Д., Розкош А. Енергетичний потенціал торефікованої біомаси // Розвиток біоенергетичного потенціалу в сільському господарстві: матеріали доповідей V-го Міжнародного науково-практичного семінару (м. Київ., 7 – 8 лютого 2020 р.). Київ : Видавництво «Наукова столиця», 2020. С 74–76.

35. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009L0028-20151005>

36. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and

amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566910395281&uri=CELEX:32009L0030>

37. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. Український союз промисловців і підприємців. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf>

38. Біоенергетика. Кращі аграрні практики Вінниччини. URL: <http://apv.vn.ua/posts/bioenerhetyka>

39. Гайденко О. Правильна заготівля біомаси. Агробізнес сьогодні. 2014. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1063-pravylna-zahotivlia-biomasy.html>

40. Біомаса як сировина для біопалива: перспективи й економічні переваги. УКРБІО. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/11060/>

41. Дубровін В. О., Мельничук М. Д., Мироненко В. Г. Перспективи розвитку технологій енергетики в Україні // Біопаливо та відновлювані джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку. Вінниця : ВДАУ, 2006. 103 с.

42. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів. Монографія. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 162 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/6980/1/MonographyKlym.pdf>

43. Гелетуша Г., Драгнев С., Кучерук П., Матвеев Ю. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників агропромислового комплексу). Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні». 2017. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/f5/9c/f59c3f7f8eca-4b6d-94cd-ffda1150f3ae/biofin.pdf

44. Блюм Я. Б., Гелетуша Г. Г., Григорюк І. П. Новітні технології біоенергоконверсії. Київ: Аграр Медіа Груп, 2010. 326 с.

45. Гайденко О. Доступне біопаливо. Агробізнес сьогодні. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/18776-dostupne-biopalyvo.html>

46. Роженко В. Твердопаливні котли на біомасі // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. № 20. С. 466–477. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2016_20_57

47. Гайденко О. Тверде біопаливо: технологічні вимоги, властивості компонентів та технологія виробництва. Агробізнес сьогодні. 2014. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8366-tverde-biopalyvo-tekhnologichni-vymohy-vlastyvosti-komponentiv-ta-tekhnohiiia-vyrobnytstva.html>

48. Технологія виробництва різних видів біопалива. УКРБІО. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/2344/>

49. Nikolaisen L., Nielsen C., Larsen M. G. Straw for energy production. Technology–Environment–Economy. The Centre for Biomass Technology. Denmark. 1998. 53 p. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/333919>

50. Serup H., Kofman P. D., Falster H., Gamborg Ch., Gundersen P., Hansen L., Heding N., Jakobsen H. H., Nikolaisen L., Thomsen I. M., O'Carroll J., Wood chips for energy production. Technology – Environment – Economy. Irish edition. COFORD, Dublin. 2005. 72 p. or URL: http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/wood_for_energy_production.pdf

51. Технологічне забезпечення та технічне оснащення виробництва і використання біопалива для виробничих потреб і обігріву приміщень в АПК [Рекомендації для агропромислових підприємств України] / В. О. Дубровін, В. Г. Мироненко, М. М. Лободко, М. Т. Лут, В. В. Сарана, М. М. Гудзенко, О. М. Грищенко, Г. С. Захарків. Київ: Холтех, 2009. 32 с.

52. Гелетуха Г. Г. Железна Т. А., Драгнєв С. В. Аналіз можливостей виробництва і споживання паливних брикетів з біомаси сільськогосподарського походження в Україні. Частина 2. Теплофізика та теплоенергетикам 2019. Т. 41. №1. С.67–73.

53. Гелетуха Г. Г. Железна Т. А., Драгнєв С. В. Аналіз можливостей виробництва та використання брикетів з агробіомаси в Україні. Аналітична записка

№20 Біоенергетичної асоціації України. 18.05.2018. URL: <https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/position-paper-uabio-20-ua.pdf>

54. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. 1 посібник/За ред. Г. Гелетука. К.: «Поліграф плюс», 2015. 72 с. URL: <https://saee.gov.ua/sites/default/files/secbiomass-booklet-heat-production%20%281%29.pdf>

55. Гелетука Г. Г., Железная Т. А., Матвеев Ю. Б. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні. Промислова теплотехніка. 2006. № 2. С. 85–93. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/61394/12-Geletukha.pdf?sequence=1>

56. Kowalczyk J., Zarajczyk J., Sobczak P. The usefulness of briquettes and pellets from selected plant materials for energy purposes. TeKa. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2012, Vol. 12. No. 2. P. 311–313.

57. Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Тишаев С. В., Кобзарь С. Г. Развитие биоэнергетических технологий в Украине. Экотехнологии и ресурсосбережение. 2002. №3. С. 3–11.

58. Матвійчук А. С. Сумісне спалювання біомаси і вугілля: матеріали наук.-техн. конф. Енергетика майбутнього в Україні: Альтернативність, ефективність, безпека: тези доповіді (сmt. Миколаївка, 11–13 жовтня, 2013 р.), сmt. Миколаївка. 2013, С. 64–65.

59. ДСТУ 8358:2015 Брикети та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73203

60. Кизим М. О. Оцінка наслідків членства України у світовій організації торгівлі. Колективна монографія. За ред. М. О. Кизима та І. Ю. Матюшенка; авт. кол. Харків : Видавничий дім «Інжек», 2014. 212 с. ISBN 978-966-392-465-6.

61. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів від 01.10.2014 № 902-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#Text>

62. Коломийченко М. В. Дорожня карта розвитку ринку твердого біопалива України. Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні». 18.11.2016. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/b4/bd/b4bda440-5ab8-4c64-943a-a094da7a757f/dorozhnia_karta_z_rozvitku_rinku_tverdogo_biopaliva_ukrayini.pdf

63. Зарубіжний досвід електро- та теплопостачання на основі впровадження екологоефективних біопаливних технологій. ПрАТ «Укренерго» URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/Biopalyvni_tehnologiyi.pdf

64. Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів та стандартів ЄС. URL: [https://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](https://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf)

65. Використання біомаси на котельнях централізованого теплопостачання, BioEnergy for Business. Horizon 2020. 2016. URL: http://energy.esco.agency/wp-content/uploads/2019/06/2019-2_art54.pdf

66. Данчук І. Документування найкращих практик застосування біоенергетичних технологій в муніципальному секторі України. Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні». Global Environment Facility, Investing in our Future, Biomass Energy, 2015. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/2a/3d/2a3da499-5057-4a5f-8e5b-565a52daf34c/dokumentuvannia_naikrashchikh_praktik_zast_bioenerget_tekhnologii.pdf

67. Daraban A. E., Jurcoane S., Voicea I., Voicu G. Miscanthus giganteus biomass for sustainable energy in small scale heating systems. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2015. № 6 (2015). P. 538–544.

68. Серьогін О. О., Осьмак О. О., Башта А. В. Фізико-хімічні основи проектування обладнання для термохімічної конверсії сумішей біотехнічних відходів. Вісник НТУ «ХП». 2014. №52. С.125–130.

69. Гелетуха Г. Г. Железна Т. А., Гайдай О. І. Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні. Аналітична

записка БАУ №12. Промислова теплотехніка. 2015. Т. 37, № 6. С. 56–65. URL: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/142233/07-Geletukha.pdf?sequence=1>

70. Тормосов Р. Виробництво теплової енергії з біомаси. Аналіз законодавства, регуляторних аспектів і податкової політики та рекомендації щодо необхідних змін у чинному законодавстві. Інститут місцевого розвитку. ІМР в рамках реалізації Проекту USAID “Місцеві альтернативні джерела енергії: м. Миргород”. 2014.

71. Гелетука Г. Г. Железна Т. А., Баштовий А. І. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва електроенергії з твердої біомаси. Частина 1. Промислова теплотехніка. 2017. Т. 39. №1. С. 58–64. URL: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/energy-andecology-analysis-of-technologies-for-power-production-from-biomass-part1.pdf>

72. Сігал О. І., Падерно Д. Ю., Павлюк Н. Ю., Сафьянц А. С., Бикоріз Є. Й., Плашихин С.В. Скорочення споживання природного газу та зниження викидів шкідливих речовин з продуктами спалювання в комунальній теплоенергетиці. Теплофізика та теплоенергетика. 2019. Т. 41. № 2. С. 54–63.

73. Баторшин В. А., Котлер В. Р. Зарубежный опыт использования биомассы в качестве топлива для энергетических котлов ОАО ВТИ. Энергетика за рубежом, № 6, 2016.

74. Басок Б. І., Новосельцев О. В., Дубовський С. В., Базєєв Є. Т. Модернізація систем теплозабезпечення населених пунктів України (теплофізика, енергоефективність, енергоекономіка, екологія). К.: Видавничий дім “Калита”, 2018. 406 с.

75. Urbanovicova O., Kristof K., Findura P. Physical and mechanical properties of briquettes produced from energy plants. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. V. 65. 2017. P. 219–224. URL: https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2017065010219.pdf

76. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Передові виробничі технології – ключ до якісної трансформації і зростання високотехнологічного експорту України до 2030 р. Бізнес Інформ. 2016. № 3. С.32–43

77. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Перспективи розвитку високотехнологічного сектору в умовах інтеграції України в ЄС і Митний Союз // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. (м. Ялта, 30 верес. – 6 жовт. 2013 р.). Ялта, 2013. С. 175–183.

78. Котли на твердому паливі. УКРБІО. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/2314/>

79. Результати опитування ІФС «Ринкові умови для впровадження проєктів виробництва енергії з біомаси в Україні». 2015. URL: https://saee.gov.ua/sites/default/files/IFC_Survey.pdf

80. Karkania V., Fanara E., Zabaniotou A. Review of sustainable biomass pellets production – A study for agricultural residues pellets’ market in Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. Vol. 16. No. 3, Pp. 1426–1436.

81. Andriani D., Atmaja T. D. Alternative mixing scenarios and pretreatment manner to optimize wood fuel pellet // International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, (Yogyakarta, Indonesia, 6–7 November 2012). Pp. 21–26.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

3.1. Концептуальні положення з розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні

Наразі Україною розглядається новий вектор енергетичного розвитку, який окреслено у Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р. [1]. Підґрунттям його вибору стали приєднання України до:

а) Паризької угоди 2015 р. щодо посилення міжнародних зобов'язань держав-підписантів у реалізації кліматичної політики із зменшення викидів парникових газів [2];

б) Енергетичної стратегії ЄС, так звана «Європейська Зелена Угода» (European Green Deal) у 2018 р. щодо перетворення Європи на кліматично нейтральний континент світу [3].

Так, European Green Deal містить 7 основних стратегічних складових [3], з якими погоджується Україна у своїй Концепції енергетичного переходу до 2050 р. [1]. Це максимізація енергоефективності; максимальне розгортання відновлюваних джерел енергії та електрифікації; перехід до екологічно чистого транспорту; запровадження «кругової» економіки (економіки замкнутого циклу); розробки «розумних» мереж та комунікацій; розширення біоенергетики та технологій природного поглинання вуглецю; поглинання решти викидів CO₂ за рахунок технологій поглинання, зберігання та повторного використання вуглецю (carbon capture, storage and utilisation) [1, 3].

Реалізація European Green Deal зумовить істотне пришвидшення енергетичних трансформацій в країнах Європи, що відобразатиметься на усіх

сферах економіки, а також на співпраці з іншими країнами світу [3]. Ці трансформації стануть одночасно великим викликом та можливістю для України як держави, що має надзвичайно амбітну Угоду про асоціацію з ЄС і є стороною Енергетичного Співтовариства [1].

Відповідно до Концепції [1] розвиток виробництва і використання енергетичних культур в Україні пов'язується із істотною трансформацією підходів до розвитку енергетики в світі у контексті її екологізації та декарбонізації з особливою увагою до проблем боротьби зі зміною клімату та досягнення глобальних Цілей сталого розвитку [4]. Україна визнає, що має залишатися й надалі активним учасником глобальної боротьби зі зміною клімату та адаптації до нього, визнаючи свою відповідальність за досягнення цілей Паризької угоди та керуючись національними інтересами та пріоритетами [1].

У той же проблеми енергетичної складової суспільного господарювання в Україні пов'язані із сферами поставки і використання енергії, які є нестійкими в економічному, екологічному та соціальному плані. Україна має вразливу з точки зору енергобезпеки систему генерації та постачання всіх видів енергії [5]. Пострадянська енергосистема має критичні недоліки та не відповідає сучасним технологіям та раціональному використанню ресурсів. Без рішучих дій, пов'язаних з енергетикою, викиди парникових газів будуть вищими більш ніж в 2 рази до 2050 р., а збільшення попиту на нафту та газ посилить ризики безпеки їх постачань [6]. У таких умовах енергетичні технології з низьким рівнем викидів вуглецю будуть грати вирішальну роль в енергетичній революції. Для ефективного скорочення викидів парникових газів, енергоефективності, енергетичної безпеки доцільним вбачається залучення в енергетичний ланцюг багатьох видів відновлюваних джерел енергії, технологій уловлювання та зберігання вуглецю, ядерної енергетики та нових транспортних технологій. Україна має для цього великий потенціал в секторі відновлюваних джерел енергії [7]. Негайні заходи з впровадження сучасних технологій повинні бути здійснені в кожному секторі економіки країни [8].

Для забезпечення якісного енергетичного переходу й досі залишається

актуальним досягнення цілей, які зазначені у Національному плані дій з відновлюваної енергетики до 2020 р. [9]:

1) у секторі електроенергетики встановити 5,7 ГВт потужностей, що працюють на відновлюваних джерелах енергії (без урахування потужностей великих гідроелектростанцій), генерація на яких складе 11 % від загального обсягу споживання електроенергії;

2) у секторі теплоенергетики замінити 5,85 млн т н.е. традиційних паливно-енергетичних ресурсів енергією, виробленою з відновлюваних джерел. Зазначений обсяг виробництва теплоенергії з відновлюваних джерел має забезпечити 12,4 % від загального кінцевого споживання теплоенергії;

3) біоелектростанції на твердому біопаливі повинні забезпечити 11,3 % (2950 проти 26000 ГВт*год) від загального виробництва електроенергії з відновлюваних джерел;

4) об'єкти біоенергетики, що працюють на твердому біопаливі та виробляють теплоенергію, повинні забезпечити 83 % (4850 проти 5850 тис. т н.е.) від загального виробництва теплоенергії з відновлюваних джерел [9].

Реалізація цих цілей зсувається у часі, а не відмінюється, про що свідчать цільові орієнтири викладені у проєкті Концепції «зеленого» енергетичного переходу до 2050 р. [1].

У той же час в енергетичній галузі України сталися ключові зміни, що вимагають пришвидшення темпів розбудови відновлюваних джерел енергії. Все більшого значення набувають питання енергетичної безпеки країни, зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв. Урядом України здійснюється поступове приведення до ринкових цін традиційних енергоносіїв у європейському просторі та скорочення субсидування окремих категорій споживачів, що збільшує їх зацікавленість у використанні локальних видів палива [10]. Означене обумовлює перспективність біоенергетики для трансформації енергетичної системи України.

Як наслідок, суттєво зростає популярність проєктів енергетичного використання твердого біопалива та заміщення викопних палив: дорогого

природного газу та брудного вугілля. Найбільш динамічно розвивається використання деревини у виді дров, відходів деревообробки, спалювання лушпиння соняшника. Поступово зростає інтерес до енергетичного використання соломи зернових та відходів і залишків кукурудзи. Ряд вітчизняних компаній вже освоїли випуск котлів на біомасі як для побутових, так і промислових споживачів [11].

Особливого значення в цьому сенсі набувають проєкти заміщення викопних палив в централізованому теплопостачанні, оскільки саме вони є найбільш економічно доцільними, а інколи єдиною можливим варіантом залучення твердого біопалива для опалення багатоповерхової житлової забудови. Сировиною для виробництва твердого біопалива здебільшого є деревина, деревні відходи, солома зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга та інші залишки, що утворюються в аграрному виробництві. Надходження такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективність роботи заводів з виробництва твердого біопалива [12]. Альтернативним способом вважається забезпечення сировиною виробників твердого біопалива за рахунок вирощування енергетичних культур, що дасть змогу щорічну отримувати задану кількість біомаси необхідної якості [10, 12].

Тверде біопаливо, вироблене з біомаси енергетичних культур може і має внести істотний внесок у забезпечення енергетичної безпеки і соціально-економічного розвитку, а також у скорочення викидів парникових газів у секторі теплогенерації та виробництві електроенергії. Для досягнення цієї мети необхідні сильні і збалансовані зусилля, щоб створити стабільне інвестиційне середовище та дозволити комерціалізацію передових технологій виробництва твердого біопалива, підвищення ефективності і подальшого скорочення витрат уздовж виробничого ланцюга різних видів твердого біопалива [10].

У той же час розвиток сфери вирощування енергетичних культур знаходиться на початковому етапі. В Україні реалізуються лише 3 пілотні проєкти із розташування розсадників енергетичної верби: у с. Квасово (Закарпатська обл.), с. Козарі (Івано-Франківська обл.), с. Шилівка (Полтавська обл.), – а також 4 пілотні проєкти із впровадження котлів на біопаливі у: м. Київі, м. Житомирі, м.

Умань (Черкаської обл.), с. Черкаське (Донецької обл.). Як бачимо розвиток біоенергетики відбувається локаційно, відсутнє системне її бачення за складовими моделі біоенергетичного циклу.

Автором вважає, що забезпечення розвитку біоенергетичного циклу залежить від спорідненості його елементів, якими є його переділи: 1 – вирощування енергетичних культур (сільське господарство); 2 – виробництво твердого біопалива (деревообробна промисловість); 3 – перетворення твердого біопалива (енергетика). Комплексне поєднання цих переділів на одній території дозволить досягти її збалансованого сталого розвитку, а також зможе локально розв'язати трилему розвитку енергетики щодо забезпечення екологічної сталості, енергетичної безпеки та соціально-економічної доступності енергії.

В основу дослідження закладено гіпотезу про те, що виробництво біопалива із енергетичних культур є економічно рентабельним, соціально доступним та екологічно прийнятним напрямом забезпечення енергетичних потреб національного господарства. Для доведення цієї гіпотези запропоновані концептуальні положення, які визначають економічні та технологічні цілі та основні дії, які зацікавлені сторони повинні вжити для розширення виробництва і використання твердого біопалива на стійкій основі, а також для створення розвиненого ринку твердого біопалива. Їх основу складають визначення мети, принципів, напрямів, завдань та результатів, які в узагальненому виді представлені на рис. 3.1.

Представлені концептуальні положення з розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні побудовані на сучасних світових наукових знаннях та практиках, що дає змогу скоротити та нейтралізувати викиди парникових газів, наблизить Україну до кліматично нейтральної економіки з дотриманням принципу справедливості та у контексті досягнення Цілей сталого розвитку [8] і зусиль з викорінення бідності, як того вимагає стаття 4 Паризької угоди [2].

В основу концептуальних положень закладено комплексну мету, яка полягає у розвитку виробництва і використання енергетичних культур та твердого біопалива в Україні, з урахуванням вимог сталості, необхідності заміщення традиційного органічного палива, підвищуючи рівні екологічної та енергетичної безпеки країни.



Рис. 3.1. Схема реалізації концептуальних положень з розвитку виробництва і використання енергетичних культур в Україні

Джерело: власна розробка [8]

Принципи розвитку виробництва і використання енергетичних культур, складають основу його концептуальних положень. Такими принципами визначено наступні:

1) свободи підприємництва – виробники енергетичних культур та біопалива вільні у праві прийняття рішень щодо напрямів здійснення підприємницької діяльності, самостійного планування, матеріально-технічного забезпечення своєї діяльності, вільні у праві найму працівників, встановлюють ринкові ціни на продукцію, визначають напрямки її реалізації;

2) кооперації – учасники біоенергетичного циклу (виробники енергетичних культур, виробники біопалива та споживачі біопалива) співпрацюють у спільному напрямку щодо його розбудови;

3) доступності місцевого біоенергетичного потенціалу – розвиток виробництва енергетичних культур та біопалива відбувається з урахування природно-кліматичних умов місцевості;

4) збалансованості розвитку – розвиток біоенергетичного циклу передбачає досягнення балансу між енергетичною, екологічною та продовольчою безпеками. Біопаливо може забезпечити істотне скорочення: по-перше, імпорту традиційного палива та, по-друге, викидів парникових газів, але без шкоди для продовольчої безпеки, біорізноманіття або суспільства;

5) економічної обґрунтованості – вирощування енергетичних культур є економічно рентабельним та використання біопалива відбувається на ринкових засадах господарювання;

6) екологічної нейтральності – вирощування енергетичних культур здатне поглинути викиди парникових газів, спричинених виробництвом та використання продуктів їх перетворення, що знижує навантаження на навколишнє середовище;

7) технологічної раціональності – біоенергетичний цикл має враховувати узгодженні технологічних процесів із вирощування енергетичних культур, виробництва біопалива та його спалювання;

8) сталої якості – гарантування параметрів якості, сталості та безпечності

біомаси та твердого біопалива мають життєво важливе значення [8].

Розбудова виробництва і використання енергетичних культур в Україні торкається трьох складових сталого розвитку, що обумовлює триєдинство очікуваних результатів реалізації концепції, серед яких є:

1) соціальні – забезпечення соціально-економічного розвитку сільських територій та підвищення добробуту сільського населення;

2) економічні – забезпечення енергосамодостатності національної економіки та розширення використання дешевих місцевих енергоресурсів;

3) екологічні – проградація (збільшення корисних властивостей) земель та зменшення викидів парникових газів.

Очікувані результати розукрупнюються за цільовими орієнтирами. Цільовими орієнтирами реалізації концепції є:

екологічні:

- розширення використання низькопродуктивних і непродуктивних земель під вирощування. Як показано у 2-му розділі роботи більшість із енергетичних культур добре ростуть на неродючих ґрунтах;

- зупинення збіднення ґрунту. На думку вчених [13–15], в Україні збіднення ґрунтів пов'язано із збором із посівних територій відходів сільського господарства, які йдуть на виробництво пелет. Доведено, якщо забирати солому з ґрунту (близько 4 млн т щорічно), з нього вилучається приблизно 168 кг/га діючої речовини – азоту, фосфору, калію – без належної компенсації. Щоб повернути їх у ґрунт, потрібно внести не менше 216 кг/га добрив у фізичній величині. Ґрунти засолюються і втрачають родючість [16]. Тому вирощування енергетичних культур є перспективною альтернативою у виробництві біопалива. Пропонується використовувати замість соломи такі культури, як світчграс, міскантус і вербу;

- зменшення викидів парникових газів. Енергетичні культури розглядаються як поглиначі викидів парникових газів із атмосфери;

- скорочення вирубки лісів. Нині лісистість України становить лише 15 %, тоді як у Польщі – 27 %, Фінляндії – 70 %. Для підвищення цього показника

потрібно засадити 1,5 млн га вербою й тополею, а 0,5 млн га – зайняти міскантусом і світчграсом [17];

- поступове відновлення непродуктивних земель. Для біомаси використовуються тільки стебла рослин, листя опадає, перегниває й стає добривом. Наприклад, міскантус на одному місці може рости 10–20 років та удобрювати своїм листям неродючі ґрунти [18, 19];

- підвищення рівня екологічної та енергетичної безпеки передбачає збереження ресурсів органічного викопного палива, таких як нафта, природний газ й вугілля. Замість або в якості біокомпонент до них можна використовувати різні види біопалива;

соціальні:

- створення у селі нових робочих місць та підвищення рівня зайнятості та добробуту сільського населення.

- соціально-економічний розвиток у сільських місцевостях через ціннісно-орієнтований розвиток сільської інфраструктури;

- зменшення платежів за енергетичні товари та послуги. Використання дешевшої й доступнішої місцевої біоенергії дасть змогу скоротити енергетичні платежі населення;

економічні:

- ефективність вирощування та переробки. Високі показники виходу готової продукції (як за енергетичною щільністю, так виробництво одиниці енергії з 1 га) для всіх джерел одержання біопалива із біомаси енергетичних культур;

- здолання проблем енергодефіцитності. Так, 500 тис. га міскантусу відповідають 6,5 млн т вугілля [20]. Завод із виробництва біогазу може виробити до 2 МВт, яких достатньо для забезпечення енергопостачанням приватних господарств населенням до 15 тис. осіб [17];

- створення замкнутого біоенергетичного циклу. Інтеграція у виробничий процес сільського господарства. Використання сільськогосподарських культур і органічних решток для виробництва енергії;

- зменшення витрат на логістику. Відбувається послаблення енергонезалежності населених пунктів та цілих регіонів від постачання зовнішніх енергоносіїв з виробництва теплової енергії, електроенергії;

- знижується залежність від ринкових цін на енергоносії. За рахунок використання власної сировинної бази [8].

Разом з тим реалізація концепції стикається із рядом викликів, що обумовлюють необхідність ретельних досліджень [13]:

- ресурсної бази всіх регіонів України;
- створення біоенергетичних балансів як місцевих, так і регіональних й державного;

- вдосконалення діючої системи моніторингу викидів парникових газів та джерел їх поглиначів;

- техніко-економічне обґрунтування та впровадження інноваційних технологій в біоенергетиці;

- визначення соціально-економічного впливу на розвиток громад сільських територій;

- розробку та запровадження програми збереження біорізноманіття, збереження та покращення якості ґрунтів, води та повітря;

- розробка та впровадження систем сертифікації/ підтвердження «due diligence» для бізнесу та державних підприємств-постачальників;

- боротьба з тінізацією та корупцією на кожному етапі розбудови виробництва та використання твердого біопалива [13].

У результаті визначення мети, принципів та очікуваних результатів можна визначити завдання та пов'язані з ними напрямки реалізації концепції. Їх визначення опирається на загальну схему постачання продукту до кінцевого споживача, від закладання плантації енергетичної культури до перетворення отриманої біомаси в товарну енергію представлена на рис. 3.2.

Виходячи з рис. 3.2, ланцюг постачання товарної енергії, виробленої з енергетичної культури, до кінцевого споживача складається з п'яти основних процесів.

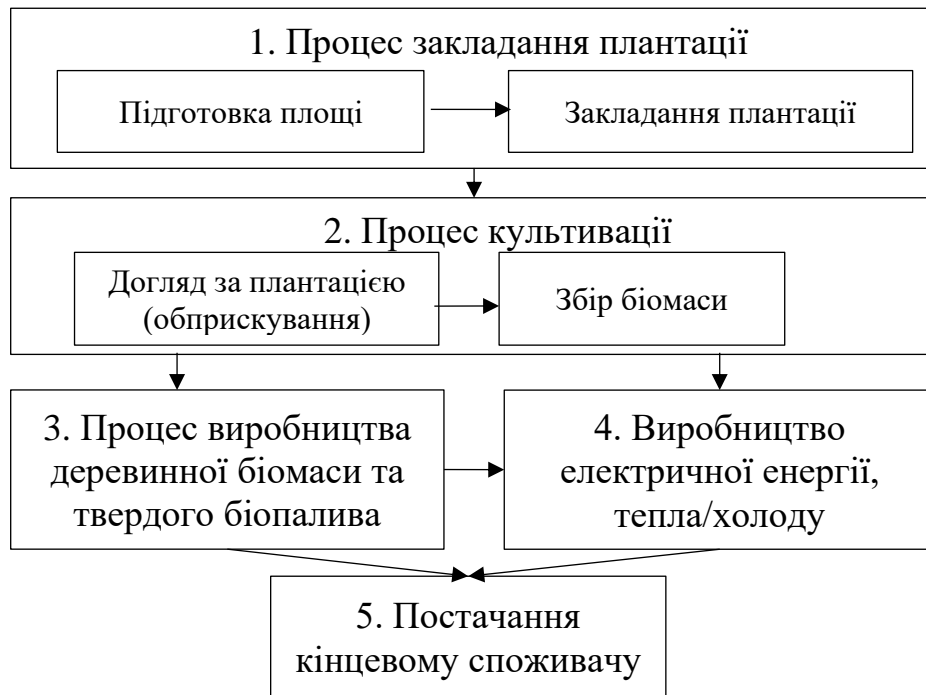


Рис. 3.2. Загальна схема перетворення енергетичної культури в кінцевий продукт

Джерело: власна розробка [8, 21]

- процес закладання плантації. На цьому етапі виконуються всі необхідні підготовчі роботи (обробіток ґрунту, внесення необхідних добрив, пестицидів та ін.) та безпосередньо висадка посадкового матеріалу, тобто саджанців енергетичних культур та формування плантації;

- процес культивуації. На цьому етапі відбувається догляд за плантацією (обробіток насаджень, підживлення, обприскування та ін.) та збір врожаю (біомаси);

- процес виробництва твердого біопалива. Під час реалізації цього процесу відбувається постачання отриманої біомаси на промислові майданчики та виробництво на них готового твердого біопалива (тріски, пелет, брикетів);

- процес виробництва товарної енергії. Отримана біомаса або вироблене тверде біопаливо надходить до промислових виробників, де відбувається перетворення отриманої сировини в товарну енергію (електричну енергію, теплову енергію або холод);

- процес постачання кінцевому споживачу. На даному етапі відбувається безпосередній відпуск отриманої енергії кінцевим споживачем. Має місце й

дещо інша схема, коли кінцевим споживачам відвантажується безпосередньо тверде біопаливо, яке потім перетворюється в енергію та споживається на місці безпосередньо кінцевими споживачами [21].

Відповідно до схеми представленої на рис. 3.2 визначаються завдання та напрямки їх реалізації:

1) забезпечити використання біоенергетичного потенціалу територій України через робудову непродуктивних та низькопродуктивних земель;

2) забезпечити розвиток окремого виду сільськогосподарської діяльності з вирощування енергетичних культур за рахунок створення сільськогосподарських кооперативів із вирощування енергетичних культур;

3) побудувати промислові комплекси з виробництва якісного твердого біопалива шляхом створення енергетичних кооперативів із виробництва твердого біопалива;

4) залучити до використання твердого біопалива у енергетичних циклах пиловугільних ТЕС і ТЕЦ через переобладнання технологічних процесів локальних ТЕЦ та блок-станцій ТЕС під використання твердого біопалива;

5) замінити споживання вугілля та природного газу у індивідуальному теплопостачанні побутових споживачів на основі розвитку системи постачань твердого біопалива побутовим споживачам.

Таким чином, біоенергетика на основі твердого біопалива із енергетичних культур представляє гідний вектор сталого розвитку, необхідність для бізнесу й населення, виробничий потенціал розвитку сільських територій, енергетичний потенціал забезпечення самодостатності, екологічний потенціал скорочення (поглинання) викидів парникових газів. Із 32 млн га сільськогосподарських земель близько 4 млн га малородючих, які можна задіяти для вирощування саме енергетичних культур (міскантуса гігантського, світчграсу, енергетичної верби, топінамбура, тополі тощо).

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування багаторічних енергетичних рослин, здатних інтенсивно трансформувати енергію сонця в енергомістку біомасу. Ці рослини не вимогливі

до родючості ґрунтів, не потребують значного використання добрив та пестицидів, запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращенню агроєкосистем та забезпечують низьку собівартість біомаси. Це дозволяє культивувати енергетичні рослини на малопродуктивних землях [19].

У той же час наразі останнім часом популяризуються інші альтернативні напрямки розвитку біоенергетики, серед яких особливо активно засобами масової інформації нав'язується думка, що найбільш перспективною і дешевою сировиною для виробництва твердого біопалива в Україні є солома зернових культур. Це призвело до стрімкого зростання частки солом'яних пелетів на ринку. Разом з тим, встановлено, що із соломою з ґрунту виноситься значна кількість макро- та мікроелементів, що негативно впливає на його родючість. Для повернення в ґрунт поживних речовин, які були винесені 1 т соломи, необхідно внести 42 кг діючої речовини на гектар добрив [22].

Розвиток біоенергетики на основі вирощування енергетичних культур і виробництва з них твердого біопалива має ряд переваг порівняно із існуючими альтернативами [16, 22, 23]:

1. вирощування багаторічних енергетичних культур забезпечує значне надходження органічних речовин у ґрунт кореневою системою та післяжнивними рештками, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Так, особливістю рослини міскантусу є те, що його стебла не накопичують зольних елементів і важких металів. За рахунок цього міскантус може протягом 20 років вирощуватися на одному полі, не зменшуючи його родючості. Біомаса зі стебел міскантусу, за рахунок високого вмісту целюлози та низького вмісту важких металів, ідеально підходить для виробництва твердого біопалива [23];

2. за рахунок потужної кореневої системи вирощування багаторічних енергетичних культур сприяє зменшенню ерозійних процесів, що дозволяє вирощувати ці культури на схилах;

3. енергетичні культури дають високі врожаї біомаси, яку можна було б використовувати на енергетичні цілі для виробництва біопалива;

4. енергетичні рослини невибагливі до вирощування;

5. виробництво біопалива є значно дешевшим ніж вартість енергоносіїв, одержаних від традиційних джерел у перерахунку на еквівалент енергії;

6. використання рослинної біомаси за умови її безперервного відновлення (оновлення довгострокових біоенергетичних активів) не приводить до збільшення концентрації діоксидів вуглецю в атмосфері. Вибір енергетичної культури залежить від багатьох факторів: типу ґрунтів, місцезнаходження ділянки й доступу до вологи, виду ландшафту тощо.

Проте поряд із безсумнівними вигодами вирощування енергетичних культур існує низка питань, які стримують, а інколи й перешкоджають, розвитку цього напрямку господарювання. Серед них можна виділити такі:

- відсутність сприятливих фінансових механізмів у виді субсидій і пільг для виробників та покупців біоенергетичного обладнання;

- відсутність діючої державної й регіональних програм із розвитку біоенергетики та місцевих видів біопалива;

- перспективи сектора біоенергетики недостатньо враховані у Енергетичній стратегії України на період до 2035 р.;

- недостатньо розвинений ринок біомаси, біопалива й інфраструктури для зберігання та їх реалізації;

- несприятливі умови для залучення інвестицій, у тому числі зарубіжних (політична нестабільність, корупція й ін.);

- механізми розрахунку тарифів не стимулюють виробників тепла користуватися місцевими альтернативними видами біопалива;

- підбір і відведення земель, придатних для створення плантацій енергетичних культур;

- добір високопродуктивних видів і сортів енергетичних культур до конкретних умов вирощування;

- розроблення ефективних технологій створення та вирощування плантацій у різних ґрунтових умовах і на різних категоріях земель;

- потребує оцінка впливу такого типу насаджень на навколишнє середовище, зокрема – на ґрунт;

- невизначені особливості проведення рекультивації земель після закінчення терміну експлуатації насаджень.

На думку К. А. Сокольникової для здолання можна рекомендувати таке [16]:

- адаптувати українське законодавство до вимог ЄС та забезпечити функціонування нормативно-правових актів на належному рівні – удосконалити законодавчу базу створенням державних і місцевих програм збільшення енергоефективності й переходу на альтернативні джерела енергії;

- створити розсадники (маточники) деяких багаторічних енергетичних культур (наприклад, міскантусу) в усіх областях України. Створення розсадників дасть змогу розвивати приватні господарства, які вирощуватимуть такі енергетичні культури, що знизить собівартість саджанців, які фермери закупають за кордоном і собівартість виробленого біопалива. Це також забезпечить захист від вітру та сонячного світла, сформує природний мікроклімат поблизу місць проживання людей, поліпшить біологічну різноманітність флори й фауни, сприятиме збагаченню ґрунтів і відновленню забруднених та малопродуктивних земель;

- врегулювати систему ринкових інструментів для забезпечення ефективної економічної діяльності у сфері виробництва, продажу й використання енергетичних культур;

- розширити список енергетичних культур у класифікаторі сільгоспкультур;

- стимулювати малий і середній бізнес субсидіюванням їхньої діяльності;

- забезпечити часткове відшкодування державою відсоткових ставок комерційних банків для фермерів, які вирощують енергетичні культури;

- субсидіювати внутрішні ціни на газ для населення й ЖКГ;

- забезпечити державну підтримку наукових досліджень та інноваційної діяльності в галузі вдосконалення нових технологій вирощування, перероблення біосировини й розробки науково обґрунтованої стратегії розвитку сектору біоенергетики, яка б враховувала усі фактори енергетичної безпеки;

- провести дослідження впливу вирощування енергетичних культур, зокрема верби, тополі, міскантусу, кукурудзи та ін., на якість ґрунтів і проаналізувати динаміку їх виснаження – збільшити частку використання

відновлюваних джерел енергії та біопалива в Україні з 1 до 10 % до 2022 р.;

- надати під вирощування енергетичних культур землі сільськогосподарського призначення, не розширюючи культури на території, які мають бути повноцінно заліснені й на залишки природних степових ділянок, тобто не зашкоджуючи відновленню природного середовища та створенню екологічної мережі України;

- забезпечити якісну переробку деревини, що уможливить ефективніше використовувати потенціал на енергоресурси України.

Таким чином, для України, яка є членом СОТ та асоційованим членом в енергетичній сфері ЄС, розвиток вирощування енергетичних культур та виробництва з нього твердого біопалива стає складовою моделі низьковуглецевого розвитку, що буде прийнята та одобрена європейським Енергетичним Співтовариством. Також із позиції національної безпеки (як її енергетичної, так і екологічної, а також соціальної складових) – це один із ключових факторів зміцнення її енергетичної незалежності від імпортованих традиційних енергоресурсів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення ефективності виробництва та захисту населення від енергетичних шоків, спричинених стрімким зростанням тарифів.

3.2 Обґрунтування техніко-економічних характеристик промислового комплексу з вирощування енергетичних культур та виробництва твердого біопалива

Дослідження напрямів розвитку біоенергетики набули особливої актуальності в умовах «зеленого» енергетичного переходу. Наукові проблеми впровадження та використання відновлюваних джерел енергії описано в працях П. Кендрі [24, 25], М. Роїка [13, 14], Я. Блюма, І. Григорюка [11] та ін. Перспективи їх впровадження в Україні розглядаються в роботах В. Геєця [7], М. Кизима [5, 6,

26], В. Микитенко [27, 28], Р. Подолця [22], В. Рудики [5, 6, 10] та ін. Вагомий внесок у розробку теоретичних засад розвитку сфери вирощування енергетичних культур та виробництва з них біопалива зробили такі вчені як: Г. Гелетуха [11, 18, 29], Т. Желєзна [18], О. Трибой [18, 31], М. Гументик [13], П. Кучерук [29] та ін.

У більшості наукових досліджень зосереджено увагу на загальнонаціональних і регіональних особливостях впровадження відновлюваних джерел енергії та визначенні способів їх використання. У той же час питання оцінки їх економічної доцільності залишається неоднозначним. Важливим елементом галузі відновлюваної енергетики є вирощування енергетичних культур і виробництво твердого біопалива з отриманої біомаси. Тому поряд з вивченням характеристик енергетичних культур існує необхідність обґрунтування техніко-економічних характеристик та економічної доцільності закладання плантацій і виробництва твердого біопалива з отриманої біомаси [21].

Наведений у розділі 2 аналіз дозволив сформувати інформаційну базу розробки системи основних техніко-економічних характеристик (ОТЕХ) промислового комплексу з вирощування енергетичних культур та виробництва твердого палива з отриманої біомаси.

Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик галузі проводилось в такому порядку:

- визначення можливих обсягів виробництва в Україні;
- системний аналіз ресурсно-технологічного ланцюгу закладання плантації та виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур;
- визначення виробничого ланцюгу для виробництва твердого палива (пелет) з біомаси енергетичних культур в Україні;
- розроблення системи основних техніко-економічних та інвестиційних показників промислового комплексу з виробництва закладання плантації та вирощування енергетичних культур та виробництва твердого біопалива з отриманої біомаси.

Обґрунтування техніко-економічних характеристик виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур потребувало розробки методичних положень, зміст яких за етапами представлений на рис. 3.3.

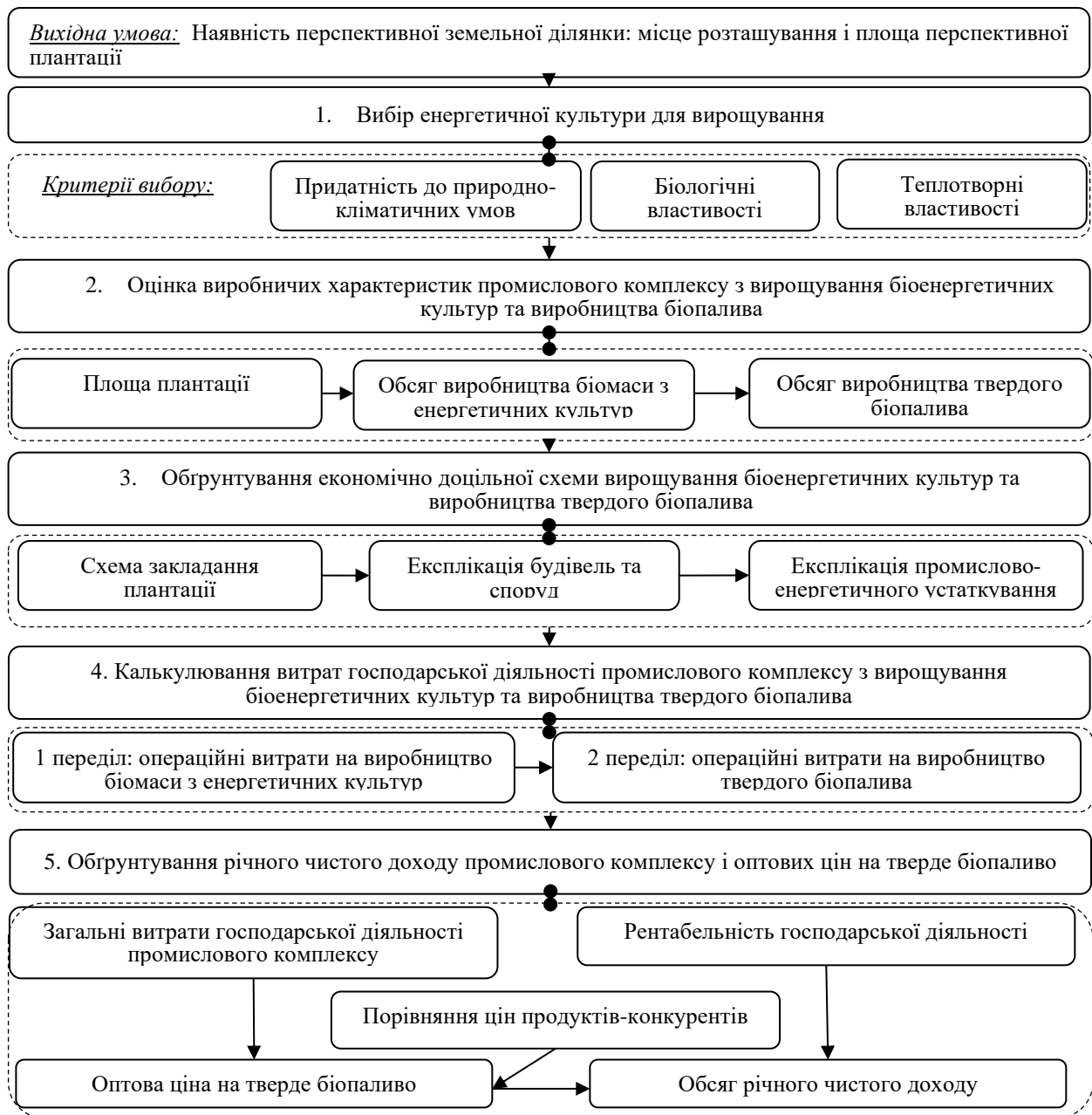


Рис. 3.3. Послідовність етапів планування техніко-економічних характеристик виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур

Джерело: власна розробка

Із рис. 3.3 видно, що згідно розроблених методичних положень обґрунтування основних техніко-економічних характеристик енергетичних плантацій та виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур буде доцільно проводити у 5 етапів.

На першому етапі на основі результатів порівняльного аналізу біологічних та фізико-хімічних властивостей різних культурних енергетичних рослин проводиться вибір енергетичної культури.

На другому етапі виходячи із площі плантації та фізичних та біологічних характеристик енергетичної культури оцінюються виробничі характеристики промислового комплексу з вирощування енергетичних культур та виробництва біопалива: максимально можливий обсяг виробництва біомаси та обсяг виробництва твердого біопалива з неї.

Третій етап пов'язаний з обґрунтуванням економічно доцільної технологічної схеми вирощування енергетичної культури та переробки отриманої біомаси у тверде біопаливо на основі проведеної порівняльної оцінки ефективності технологій її вирощування та перероблення його біомаси в тверде біопаливо.

Четвертий етап – калькулювання витрат господарської діяльності промислового комплексу з вирощування енергетичної культури та виробництва твердого біопалива з її біомаси, яка виконується на підставі розрахунків ключових статей (матеріальні витрати, заробітна плата, відрахування на соціальне страхування, амортизаційні відрахування, інші витрати) і величин визначених за допомогою нормативного методу за низкою статей (транспортні, адміністративні та інші витрати).

На п'ятому етапі обґрунтовується необхідний обсяг річного чистого доходу і оптових цін на основний продукт промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети).

На основі вище наведених обґрунтувань і розрахунків буде розроблено систему техніко-економічних нормативів енергетичних плантацій та виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур.

У пп. 2.1 було виявлено, що з огляду на природно-кліматичні умови на території України доцільно вирощувати класичні енергетичні культури. Такими культурами є верба та міскантус. Основні характеристики цих культур наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Основні характеристики енергетичних культур

| Назва | Міскантус (<i>Miscanthus giganteus</i>) | Верба енергетична <i>Salix Viminalis</i> |
|-----------------------------|---|---|
| Опис | Багаторічна трав'яниста культура з добре розвинутою кореневою системою. Біомасу можна збирати щорічно, використовуючи кормозбиральні комбайни. | Рід дерев, кушів або напівкушів родини вербових (<i>Salicaceae</i>). Збір врожаю виконується звичайним силосозбиральним комбайном із жаткою для верби. |
| Стійкість до холодів | Стійка до морозів | Стійка до морозів |
| Висота | В перший рік вегетації рослини досягають 200 см, на другий рік – 350 см, а в наступні – 400-450 см. Стебло є дуже міцним, з волосками або без них, з добре видимими вузлами. | Густо росла, виростає до 5-6 м заввишки і має велику кількість пагонів. Діаметр стебел рослин верби становить близько 10-12 мм. Середній приріст маси – 1,5 метра в рік. |
| Ґрунт | Ґрунти під висів міскантусу обирати некіслі (рН=6,5), особливо впродовж перших двох років вирощування, з рівнем ґрунтових вод нижче 1 м. Для вирощування підходять ґрунти середньої щільності. Ґрунт має бути відповідним чином підготовлений – очищений від бур'янів і зораний для усунення ущільнень. | Для верби - ґрунти слабо кислі та нейтральної реакції ґрунтового розчину (рН 4,6-6,0). Вимогливість до ґрунтів – ґрунти середньої якості з великою вологістю. Може рости на ґрунтах різного типу, навіть на непродуктивних землях, які потребують рекультивації, тобто на землях, непридатних для ведення сільського господарства. |
| Тривалість вирощування | Тривалість вирощування рослин на одному полі - до 25 років. На 1 га території висаджують 10-17 тис. живців. | Насадження верби залишаються продуктивними до 25-30 років. На 1 га території висаджують 15 тис. живців. |
| Споживання води | Споживання води на продукування 1 кг сухої маси досить невисоке (близько 250-300 кг), відповідну річній кількості опадів на рівні 600-650 мм. | Потрібно багато вологи і світла. Кількість опадів 650-700 мм/рік |
| Сфери застосування | В хімічній галузі як компонент для експлуатаційних матеріалів і споживчих хімічних речовин. Для виробництва ДВП/МДФ-плит, картону, паперу та целюлози, біокомпозитів та біопластиків та як компонент «зеленого» біобетону. Для генерації тепла та електроенергії. | Вербу використовують для виробництва паливних брикетів для спалювання в котлах (біопалива). |
| Хімічний склад | Вологість при збиранні 15-20 %. Вміст летючих речовин 78 %. Зольність 2,3-3,7 %. Температура плавлення золи 1300 °С | Вологість при збиранні 50-53 %. Вміст летючих речовин 79 %. Зольність 1,5-2,0 %. Температура плавлення золи 1500 °С |
| Урожайність | Врожайність сягає 20-35 т сухої речовини/га з високим вмістом целюлози. У перший рік після посадки міскантус не збирають зважаючи на низьку врожайності. У другий рік врожайність піднімається до близько 20 тон сухої речовини на гектар. Збір врожаю – кожний рік. Для переробки сировини на тверде паливо рослини збирають протягом зимового періоду до березня. | З 1 га плантації можна отримувати до 15 т сухої деревної маси щороку. За рік поле може давати до 30 тон приросту біомаси. Урожай сировини 54,6 т/га за 3 роки. Урожай сухої біомаси 39 т/га. Збір врожаю – кожні 2-3 роки. Кількість циклів збору врожаю з однієї посадки – 7-8 разів. Збирають вербу після закінчення вегетації, тобто з жовтня-листопада по березень-квітень. |
| Нижча теплотворна здатність | 17-19 МДж/кг сухої речовини | 18,5 МДж/кг абсолютно сухої речовини |
| Вихід енергії | Енергетичний вихід 380-400 ГДж/га/рік (81 Гкал/га). Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сировини нафти, 1,7 т деревини, 515 м ³ природного газу, або 620 кг кам'яного вугілля. Вихід біопалива з 1 тони біомаси: гранул 1000 кг. | Енергетичний вихід, 240 ГДж/га/рік. Одна тонна верби вологістю 40% забезпечує 1 Гкал тепла, тоді як така сама кількість сухої сировини за вологості 15% дає 2 Гкал тепла. 1 т рослин замінює понад 500 м ³ природного газу або 700 кг бурого вугілля. |

Джерело: складено за матеріалами [16, 18, 23, 30–32]

Із табл. 3.1 видно, що за такими характеристиками як стійкість до морозів, кількість необхідної води, тривалість вирощування на одній плантації, вимоги до ґрунту, нижча теплотворна здатність енергетична верба та міскантус демонструють практично однакові показники. Проте за такими показниками як урожайність, хімічний склад та вихід енергії міскантус має дещо кращі показники.

Наведені в табл. 3.1 характеристики, найбільш пристосованих енергетичних культур для вирощування на території України, дають змогу зробити висновок, що міскантус є більш перспективною енергетичною культурою. Таким чином надалі апробація запропонованих методичних положень із обґрунтування основних техніко-економічних характеристик зроблена для енергетичної плантації міскантусу та виробництва твердого біопалива (пелет).

Основні техніко-економічні показники господарської діяльності промислового комплексу з вирощування міскантусу на енергетичній плантації і перероблення отриманої біомаси у тверде паливо (пелети) розроблено на основі таких допущень:

- обсяг виробництва біопалива у натуральному вимірі не повинен перевищувати максимальну виробничу потужність комплексу;
- обсяг витрат вихідної сировини розраховується на основі норм виходу з неї готових продуктів, взятих за характеристиками аналогічного виробництва;
- чистий дохід комплексу розраховується на основі прийнятих обсягів виробництва і оптових цін, які визначались на основі витратного методу із закладенням достатнього рівня рентабельності господарської діяльності;
- поточні (операційні) витрати господарської діяльності комплексу розраховуються за нормативами аналогового промислового виробництва біомаси з енергетичних культур і переробки її у тверде біопаливо [21].

Оцінку доцільності створення промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо пропонується провести на основі

основних техніко-економічних показників його проєкту для конкретної території, а саме на північ від с. П'ятницьке, Харківської області.

Дане розташування плантації створює сприятливі умови для доступу до виробничих ресурсів, а саме трудових та води.

Організація промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо передбачає створення двох комплексів: комплекс з закладання плантації та збору біомаси та комплекс перетворення отриманої біомаси в тверде біопаливо – пелети.

Таким чином основними продуктами даного промислового комплексу є енергетична тріска та пелети відповідно [21].

Згідно Державного стандарту, що визначає якість тріски – ДСТУ EN 15234-4:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 4. Тріски деревні для непромислового використання (EN 15234-4:2012, IDT) [33] – деревна тріска (wood chips) – це рублена деревна біомаса у формі шматків певного розміру часток, вироблена механічним обробленням гострими інструментами, такими як ножі. Деревні тріски мають прямокутну форму, зазвичай завдовжки від 5 мм до 50 мм, а завтовшки менше за інші розміри [33].

Паливна тріска – тріска, яка використовується як паливо, або сировина для виробництва паливних гранул (пелет) та брикетів, для процесів газифікації та ін. Паливна тріска та продукти її перероблення використовуються у генерації теплової та електричної енергії, виробництві заміників природного газу, синтетичного рідкого палива, хімічних продуктів та ін [33].

Враховуючи вимоги Державного стандарту, що визначає якість пелет – ДСТУ 8358:2015. Брикети та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови [34], стандарти європейських країн: DIN 51731 (ФРН); ONORM M 7135 (Австрія); SN 16600 (Швейцарія); SS 1871200 (Швеція), деревна пелета може бути представлена у виді гранули діаметром 6–10 мм та довжиною від 1 до 5 см. Теплотворна здатність деревної пелети: 4,5–5 кВт/кг, що забезпечується завдяки низькому вмісту вологи (8–10 %). При спалюванні пелет емісія вуглекислого газу в атмосферу в десятки разів нижча, ніж в інших викопних

видів палива. Деревні гранули вважаються нейтральним паливом, оскільки під час горіння виділяється так ж кількість CO_2 , як і при гнитті деревини. Зольність пелет в 15–20 разів менша ніж у вугілля [34].

Розраховані основні виробничі характеристики промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Основні виробничі характеристики промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо

| № | Показник | Одиниця виміру | Величина |
|--|---|----------------|----------|
| Виробництво енергетичної тріски | | | |
| 1 | Площа заготівлі плантації | га | 100 |
| 2.1 | Обсяг виробництва енергетичної тріски | куб. м | 17094 |
| 2.2 | Обсяг виробництва енергетичної тріски | тонна | 2000 |
| Виробництво твердого біопалива (пелет) | | | |
| 3 | Річний обсяг виробництва пелет | тонна | 1900 |
| 4 | Витрати/виробництво біомаси міскантусу 12 % вологості на виробництво пелет | тонна/тонна | 1,05 |
| 5 | Вихід пелет з одиниці біомаси міскантусу 12 % вологості | тонна/тонна | 0,95 |

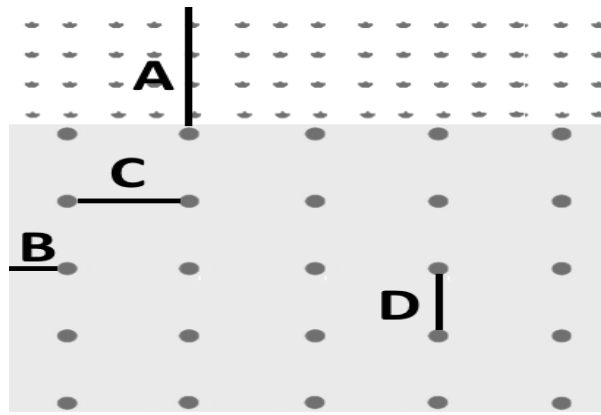
Джерело: власна розробка [21]

Наведені в табл. 3.2 дані свідчать що обсяг виробництва основного продукту – пелет складе 1,9 тис. т на рік.

Для виробництва пелет на промисловому комплексі необхідно використовувати 2,0 тис. т сухої біомаси міскантусу (12 % вологості) на рік. Дану біомасу передбачається виробляти на цьому ж промисловому комплексі.

Промисловий комплекс з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо представляє комплексне виробництво яке складається з біологічного та технологічного переділів. На першому переділі забезпечується закладання плантації, вирощування, збирання та подрібнення біомаси міскантусу. На другому – виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу, який представляє цех з підготовки сировини та пресування.

Перший переділ представляє собою плантацію міскантусу, площею 100 га та кагату для зберігання біомаси, площею 0,4 га. Схема закладання плантації міскантусу наведено на рис. 3.4.



Умовні позначення: А – ширина ділянки розвороту техніки (8 м); В – ширина борту межевої ділянки (2 м); С – відстань між рядами (0,75 м); D – відстань між кущами в ряду (0,6 м)

Рис. 3.4. Європейська дворядна схема закладання плантації міскантусу

Джерело: складено за матеріалами [29]

Другий переділ представляє собою окремі будівлі та споруди, які об'єднанні на одному промисловому майданчику. Характеристика будівель та споруд наведена в табл. 3.3.

Експлікація будівель і споруд забезпечує оптимальне розміщення об'єктів комплексного виробництва з урахуванням вимог екологічних, будівельних і виробничих нормативних нормативів.

Таблиця 3.3

Експлікація будівель і споруд

| № | Найменування | Кількість | Розміри, (Д x Ш) | Тип будівлі (споруди) |
|---|--|-----------|------------------|--|
| 1 | Склад тріски (на 2800 куб. м) | 1 | 50 x 20 | бетонований майданчик з навісом |
| 2 | Склад паливних пелет (на 750 куб. м) | 1 | 25 x 20 | бетонований майданчик з навісом |
| 3 | Ділянка з виробництва біомаси та паливних пелет | 1 | 24 x 8 | ангар з бетонною підлогою |
| 4 | Бункер технологічного запасу деревинної тріски (на 8 куб. м) | 1 | 3 x 3 | силос на бетонному фундаменті |
| 5 | Бункер технологічного запасу біомаси (тирси) (на 24 куб. м) | 1 | 4 x 4 | силос на бетонному фундаменті |
| 6 | Огорожа (з двома воротами) | 1 | довжина 145 м | опорно-сіткова конструкція висотою 2,5 метри |

Джерело: власна розробка [21]

Компактне розміщення будівель і споруд дозволяє обмежити загальну площу промислового майданчика в межах до 0,4 га.

Розміщення промислово-енергетичного устаткування між спорудами іншого призначення дозволяє максимально знизити рівень промислового шуму.

Виробнича схема вирощування міскантусу та вироблення пелет з отриманої біомаси наведено на рис. 3.5

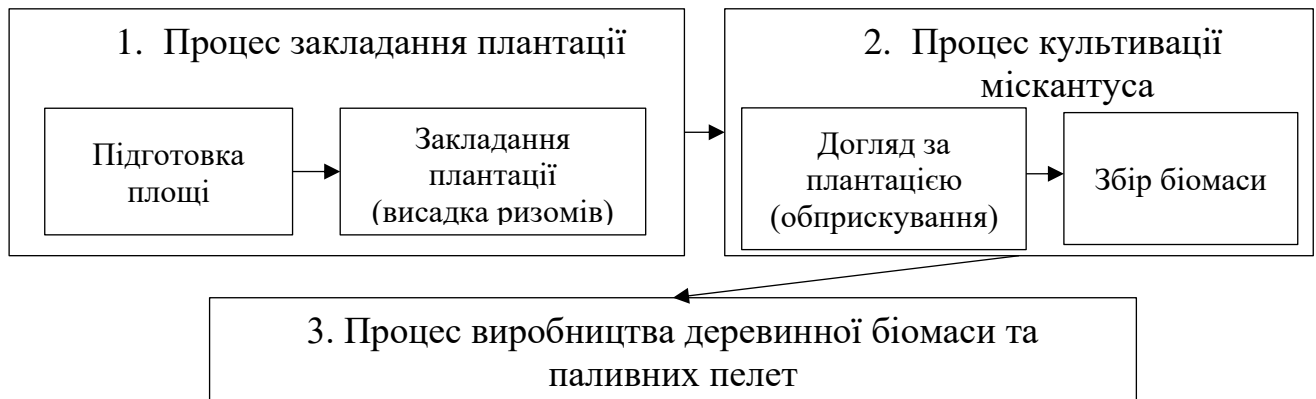


Рис. 3.5. Виробнича схема вирощування міскантусу та вироблення пелет з отриманої біомаси

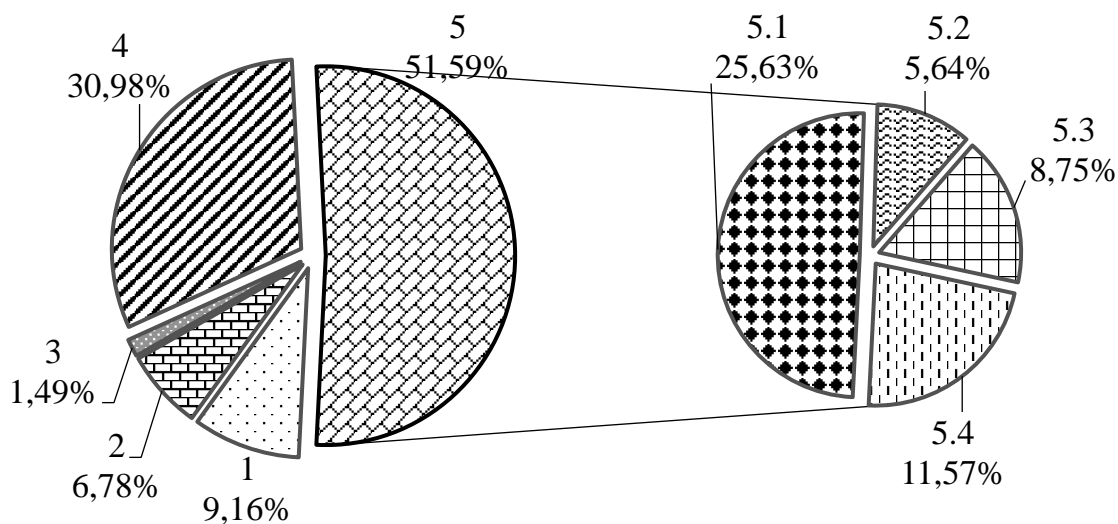
Джерело: власна розробка [21]

Калькуляція витрат господарської діяльності комплексу з вирощування міскантусу та виробництва твердого біопалива з його біомаси виконана на підставі вище наведених розрахунків ключових статей (матеріальні витрати, заробітна плата, відрахування на соціальне страхування, амортизаційні відрахування) і величин визначених за допомогою нормативного методу за низкою статей (транспортні, адміністративні та інші витрати) на підставі даних про структуру собівартості аналогічних виробництв [35].

Розрахунок поточних (операційних) витрат на закладання плантації та виробництво біомаси міскантусу наведено у табл. В.1 додатку В.

Структура поточних (операційних) витрат на закладання плантації та виробництво біомаси міскантусу наведена на рис. 3.6.

Загальна величина поточних (операційних) витрат на закладання плантації та виробництво річного обсяг біомаси міскантусу склала 1326,76 тис. грн.



Умовні позначення: 1 – паливо; 2 – заробітна плата; 3 – відрахування на соціальне страхування; 4 – амортизація; 5 – загальногосподарські витрати; 5.1 – заробітна плата; 5.2 – відрахування на соціальне страхування; 5.3 – витрати на реалізацію продукції; 5.4 – інші

Рис. 3.6. Структура поточних (операційних) витрат на закладання плантації та виробництво біомаси міскантусу

Джерело: власні розрахунки [21]

Наведені на рис. 3.6 дані свідчать, що найбільшу частку у витратах на культивування міскантусу і виробництво біомаси з нього складають загальногосподарські витрати 684,42 тис. грн. (51,6 %). Наступна найбільша величина витрат припадає на амортизацію 411,04 тис. грн. (30,98 %).

Розрахунок чисельності персоналу, річного фонду заробітної плати та відрахувань на соціальне страхування персоналу, задіяного на першому переділі комплексу наведено в табл. В.2 додатку В.

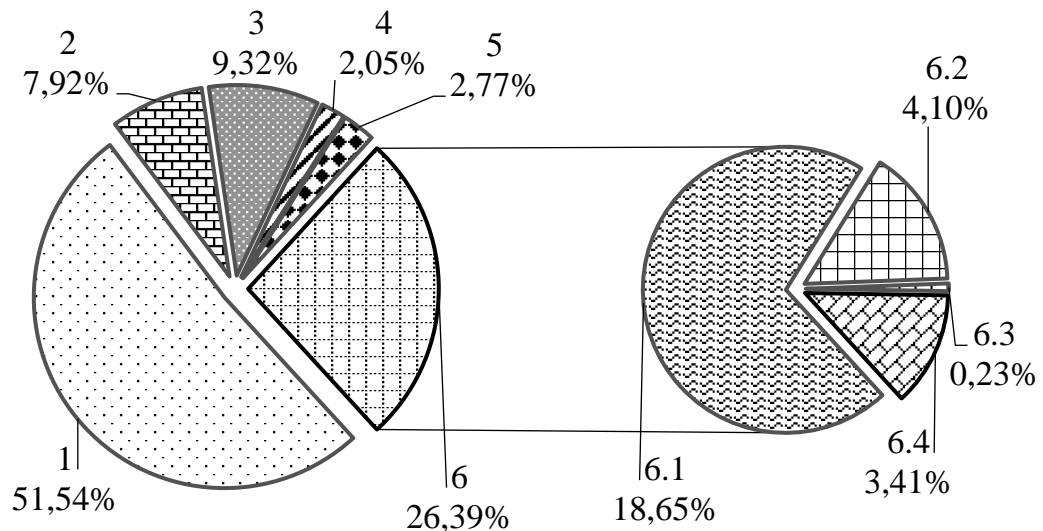
Із даних табл. В.2 додатку В видно, що чисельність персоналу складе 5 осіб, з річним фондом заробітної плати еквівалентної 430 тис. грн, що визначить відрахування до фондів обов'язкового державного соціального страхування у сумі еквівалентній 94,6 тис. грн.

Розрахунок витрат палива на збирання та транспортування енергетичної тріски міскантусу наведено в табл. В.3 додатку В.

Із табл. В.3 додатку В видно, що при вартості палива 22,5 грн/л, за необхідної кількості палива в обсязі 5,4 тис. л, витрати на паливо склад 121,5 тис. грн.

Розрахунок поточних (операційних) витрат на виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу виконано з урахуванням витрат попереднього виробничого переділу – культивування міскантусу наведено у табл. В.4 додатку В.

Структура поточних (операційних) на виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу наведена на рис. 3.7.



Умовні позначення: 1 – сировина (тріска міскантусу); 2 – електрична енергія; 3 – заробітна плата; 4 – відрахування на соціальне страхування; 5 – амортизація; 6 – загальногосподарські витрати; 6.1 – заробітна плата; 6.2 – відрахування на соціальне страхування; 6.3 – витрати на реалізацію продукції; 6.4 – інші

Рис. 3.7. Структура поточних (операційних) на виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу

Джерело: власні розрахунки [21]

Загальна величина поточних (операційних) витрат на виробництво річного обсягу твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу склала 2574,0 тис. грн.

Наведені на рис. 3.7 дані свідчать, що найбільшу частку у витратах на виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу складає сировина 1326,76 тис. грн. (51,54 %). Наступна найбільша величина витрат припадає на загальногосподарські витрати 679,29 тис. грн. (26,39 %).

Розрахунок чисельності, річного фонду заробітної плати та відрахувань на соціальне страхування персоналу, задіяного на другому переділі комплексу

наведено в табл. В.5 додатку В. Із табл. В.5 додатку В видно, що чисельність персоналу – 6 осіб, з річним фондом заробітної плати еквівалентної 720 тис. грн, що визначить відрахування до фондів обов'язкового державного соціального страхування у сумі еквівалентній 158,4 тис. грн.

Розрахунок витрат електричної енергії на виробництво твердого біопалива (пелет) з енергетичної тріски міскантусу наведено в табл. В.6 додатку В.

Із даних табл. В.6 додатку В видно, що сума витрат на електричну енергію складе 121,5 тис. грн.

Тобто, загальна величина витрат на виробництво твердого біопалива з біомаси міскантусу – 2574 тис грн, враховує і витрати на культивування міскантусу та виробництво тріски з нього – 1326,76 тис грн.

Обґрунтування необхідного річного обсягу чистого доходу і оптових цін на основний продукт промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети) наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Необхідний річний обсяг чистого доходу і оптові ціни на основний продукт промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети)

| № | Показник | Величина |
|---|---|----------|
| 1 | Витрати господарської діяльності, тис. грн | 2574 |
| 2 | Норма прибутку (рентабельності) господарської діяльності, % | 30 |
| 3 | Обсяг чистого доходу, від реалізації пелет тис. грн | 3346,2 |
| 4 | Випуск готової продукції (пелет), всього, т | 1900 |
| 5 | Середня ціна біопалива, грн/т | 1761,16 |

Джерело: власні розрахунки [21]

Для розрахунку цін на основні продукти комплексу застосовувався витратний метод. В основу розрахунку закладено вищенаведені витрати господарської діяльності комплексу і норму рентабельності на рівні 30 %.

Необхідні ціни на пелети комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети) значно нижчі за ціни на їх аналоги з іншої сировини, про що свідчать ані наведені у табл. 3.5.

Фактичні ціни на пелети, виготовлені з іншої сировини

| Вид палива | Середня ціна, грн/тонна |
|------------------------------------|-------------------------|
| Пелети з лузги соняшника [36] | 2000 |
| Пелети з соломи [37] | 2000 |
| Пелети з хвойних порід дерева [38] | 3000 |
| Пелети з твердих порід дерева [39] | 4500 |

Джерело: складено за матеріалами [36–39]

Із вищенаведених даних видно що ціни на тверде біопаливо (пелети), виготовленні з тріски міскантусу відстають від цін на аналогічні пелети, виготовленні з іншої сировини. Вартість пелет з міскантусу, порівняно з пелетами з лузги соняшника та соломи нижча на 13,6 %, порівняно з пелетами хвойних порід на 70,34 %, а в порівнянні з пелетами з твердих порід дерева на 146 %. Таким чином, порівнявши ціни на пелети-аналоги, можна встановити середню ціну на пелети з міскантусу на рівні 3000 грн/т.

Розрахунок річного обсягу чистого доходу на основний продукт промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети) наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Річний обсяг чистого доходу на основний продукт промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети)

| № | Показник | Величина |
|---|---|----------|
| 1 | Витрати господарської діяльності, тис. грн | 2574 |
| 2 | Норма прибутку (рентабельності) господарської діяльності, % | 121,45 |
| 3 | Обсяг чистого доходу, від реалізації пелет тис. грн | 5700 |
| 4 | Випуск готової продукції (пелет), всього, т | 1900 |
| 5 | Середня ціна біопалива, грн/т | 3000,0 |

Джерело: власні розрахунки [21]

Вище наведені обґрунтування і розрахунки дозволили розробити, наведену у табл. 3.7, систему основних техніко-економічних показників промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети).

Наведені в табл. 3.7 дані свідчать про значну величину річного чистого доходу промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети) – 5700 тис. грн, у якому 3045,75 тис. грн, або 53,43 %

складає чистий грошовий потік. Даний факт дозволяє зробити припущення про інвестиційну привабливість промислового комплексу, наявність перспективи швидкої окупності інвестицій в цей проєкт.

Таблиця 3.7

Основні техніко-економічні показники промислового комплексу з вирощування і перероблення міскантусу у тверде біопаливо (пелети)

| Показник | Значення |
|---|----------|
| Площа плантації, га | 100 |
| Річний обсяг виробництва твердого біопалива (пелет), всього, т | 1900 |
| Виробництво біомаси міскантусу 12 % вологості, т | 2000 |
| Чистий дохід від реалізації продукції, тис. грн | 5700 |
| Поточні (операційні) витрати господарської діяльності, тис. грн | 2574 |
| амортизація | 482,43 |
| Прибуток до оподаткування, тис. грн | 3126 |
| Рентабельність господарської діяльності, % | 121,45 |
| Податок на прибуток, тис. грн | 562,68 |
| Чистий прибуток, тис. грн | 2563,32 |
| Частка чистого грошового потоку у чистому доході, % | 53,43 |

Джерело: власні розрахунки [21]

Таким чином, в результаті апробації запропонованих методичних положень щодо планування техніко-економічних показників промислового комплексу з виробництва твердого біопалива з енергокультур було доведено, що промисловий комплекс із виробництва паливних пелети із міскантусу буде економічно ефективним, а його продукція конкурентоспроможною порівняно із продуктами-аналогами на ринку твердого біопалива в Україні, собівартість виробництва якої складе 1355 грн/т, та, враховуючи її високу теплотворну здатність, можна встановити їх ринкову ціну на рівні 3000 грн/т.

Результати розрахунку техніко-економічних показників такого промислового комплексу засвідчили його високу продуктивність, яка склала 19 т/га, та високу рентабельність – 121,5 %. Водночас, такі високі показники забезпечуються високою фондомісткістю виробництва, частка амортизаційних відрахувань у витратах комплексу складе 18,5 %.

3.3 Оцінка інвестиційної привабливості проєкту із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні

Обґрунтування економічної доцільності створення промислового комплексу виробництва твердого біопалива із енергетичних культур необхідно запровадити методичний підхід до оцінки його інвестиційної привабливості, який враховуватиме специфіку вирощування енергетичних культур як напрямку сільського господарства, так і виробництва біопалива як складової паливно-енергетичного комплексу. Враховуючи особливості господарювання кожного із видів економічної діяльності пропонується наступний методичний підхід, який складається із 5 етапів (рис. 3.8):

- на першому етапі будується графік робіт промислового комплексу із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, від закладання плантації міскантусу та збирання біомаси (тріски) до перетворення її в тверде біопаливо (пелети);

- другий етап пов'язаний з розрахунком капітальних витрат у промисловий комплекс вирощування міскантусу та переробки отриманої біомаси у тверде біопаливо на основі розрахунку капітальних витрат на закладання плантації, розрахунку вартості послуг сторонніх організацій та витрат на паливо при закладанні плантації, розрахунку витрат на придбання техніки та обладнання для закладання плантації, збирання та транспортування тріски та розрахунку витрат на придбання техніки та обладнання і будівель та споруд для виробництва паливних пелет;

- в рамках третього етапу на основі розробленого графіку робіт (поетапного плану реалізації) та розрахованого обсягу капіталовкладень розробляється план фінансування капітальних вкладень у промисловий комплекс з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети);

- четвертий етап передбачає розрахунок грошових потоків за проєктом, що

включає:

а) розрахунок величини амортизації на техніку, споруди та будівлі для закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет), яка буде виконана на підставі розрахунків капітальних витрат та норм амортизації на конкретні види технологічного обладнання, визначені на основі лінійного методу амортизації виходячи з терміну його служби;

б) розрахунок чистих прибутків від реалізації твердого біопалива, який розраховується як різниця між чистими доходами та операційними витратами за двома періодами;

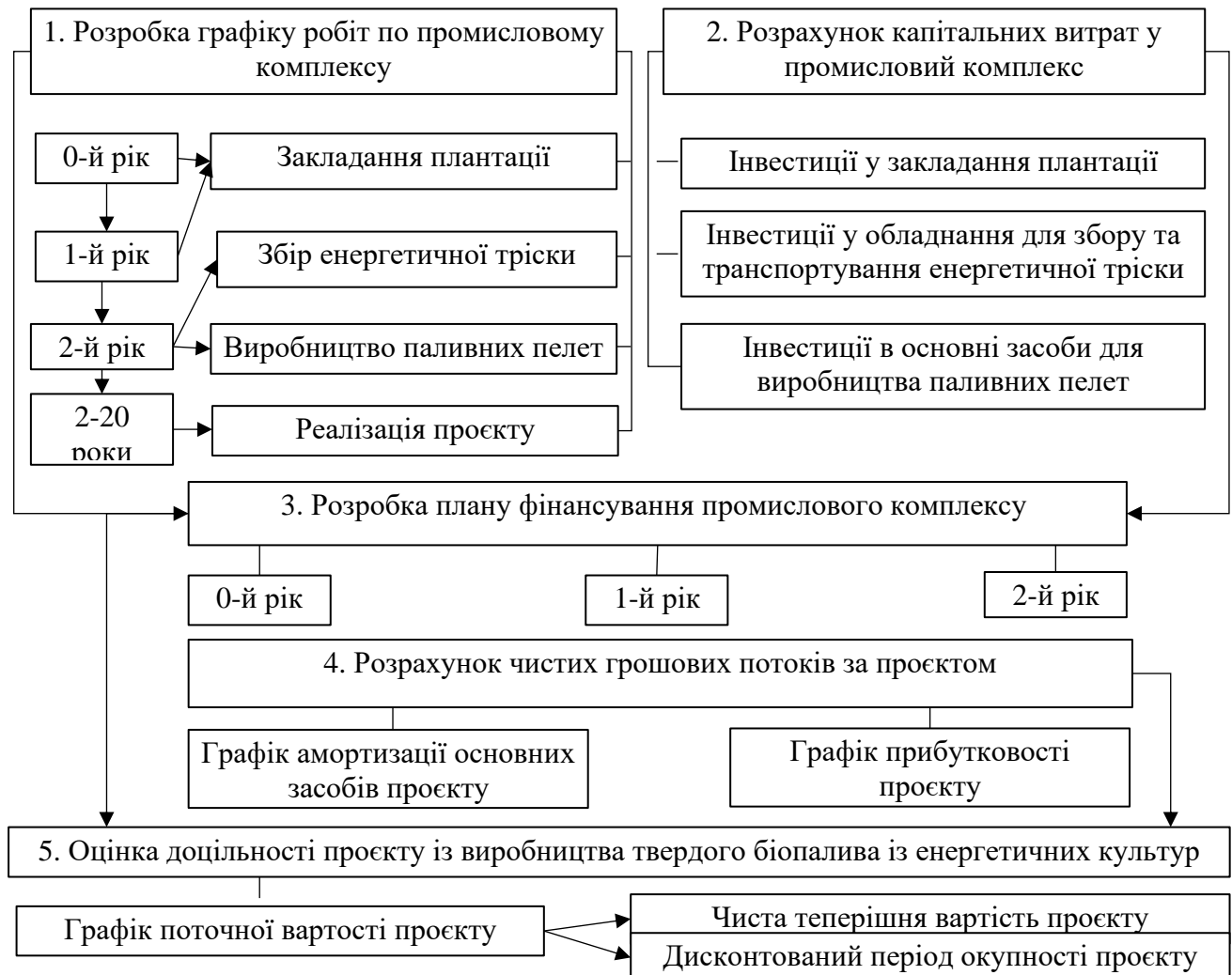


Рис. 3.8. Методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості проєкту промислового комплексу із виробництва твердого біопалива із енергетичних культур

Джерело: власна розробка

– на п'ятому етапі відбувається безпосередньо оцінка інвестиційної привабливості реалізації проєкту із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур.

У світовій практиці існує безліч методик фінансово-економічної оцінки доцільності інвестицій. У більшості з них використовуються однотипні, з економічної точки зору, показники ефективності, пов'язані з обчисленням реальних потоків грошових коштів та дисконтуванням. Найбільшого поширення набули типові методики, розроблені ЮНІДО [40].

Інвестиції, матеріальну основу яких складають гроші, мають тимчасову цінність. Вона характеризується тим, що грошові кошти в даний момент і через певний інтервал часу при рівній номінальній вартості мають абсолютно різну купівельну спроможність. У зв'язку з цим виникає необхідність фінансово-економічної оцінки інвестицій за допомогою методів, заснованих на дисконтуванні.

Термін «дисконтування» застосовується до оцінки теперішньої (поточної) вартості майбутніх потоків грошових коштів [41]. Дисконтування дає можливість встановити нинішній фінансовий еквівалент майбутньої суми, тобто зменшити її на прибуток, що наростає за певний термін, за правилом складних відсотків [42].

Найбільш коректними і обґрунтованими методами, заснованими на дисконтуванні є: чиста теперішня вартість (Net Present Value – NPV) та дисконтований термін окупності (DPP).

Розрахунок чистої теперішньої вартості (Net Present Value – NPV) заснований на порівнянні того, що дадуть інвестиції в майбутньому, з тим, що вкладено зараз. Чиста теперішня вартість являє собою різницю між теперішньою, дисконтованою на основі розрахункової ставки відсотка, вартістю надходжень від інвестицій і величиною початкових інвестиційних витрат (3.1) [40]:

$$NPV = \sum_{t=0}^n CF_t \times \frac{1}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n Inv_t \times \frac{1}{(1+r)^t} , \quad (3.1)$$

де CF_t – чистий грошовий потік за період t , гр. од.;

r – норма дисконтування, яка враховує зміну вартості грошей в часі, частка від одиниці;

n – термін реалізації проекту, роки;

Inv_t – інвестиції за період t , грн.

Ставка дисконтування, яка використовується в розрахунку NPV, в умовах високої нестабільності української економіки не може бути розрахована за стандартними методиками, які використовуються в зарубіжній практиці. В якості такої можна використовувати облікову ставку відсотка або ставку, прийняту для довгострокових кредитів банку [43].

До переваг даного методу розрахунку ефективності інвестицій можна віднести те, що враховується вартість грошей у часі, а також, цей метод орієнтований на збільшення доходів інвесторів. Недоліками даного методу є те, що чиста теперішня вартість є абсолютним показником, тому важко об'єктивно зробити вибір між кількома проектами з однаковою чистою теперішньою вартістю і різними інвестиційними витратами або проектом з більшим терміном окупності та NPV і проектом з меншим терміном окупності та NPV. Також, вибір ставки дисконтування є суб'єктивним [42].

Дисконтований термін окупності (DPP) являє собою період часу, протягом якого сума чистих грошових потоків, дисконтованих на момент завершення інвестицій, дорівнює їх сумі (2) [40]:

$$\sum_{t=0}^{DPP} CF_t \times \frac{1}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n Inv_t \times \frac{1}{(1+r)^t} , \quad (3.2)$$

де DPP — дисконтований термін окупності проекту, роки.

Таким чином, дисконтований термін окупності – це тривалість найменшого періоду по закінченні якого NPV стає і надалі залишається позитивною величиною. Дисконтований термін окупності, як і розрахунковий (простий), має той недолік, що не враховує потоки при настанні терміну окупності, тобто за весь період дії інвестицій, і, отже, на нього не впливає вся та віддача, яка лежить за межами дисконтованого терміну окупності. Цей показник дає інвесторам інформацію про те, протягом якого часу вони будуть ризикувати своїми вкладеннями. Невизначеність, а відповідно і ризик будуть тим більше, чим тривалішим є цей час. Тому короткий термін окупності означає більш низький ризик і швидку віддачу інвестицій і навпаки. У зв'язку з цим дисконтований термін окупності не є критерієм прийняття рішень щодо інвестицій, а використовується лише у вигляді обмеження. Таким чином, якщо дисконтований термін окупності є більшим, ніж встановлений період окупності, то цей об'єкт як об'єкт інвестування в подальшому не розглядається [44]. Даний метод, як і попередній, враховує вартість грошей у часі, а також можливість реінвестування доходів, які отримуються. [42].

Інвестиції у промисловий комплекс з вирощування міскантусу та перероблення енергетичної тріски міскантусу у тверде біопаливо (пелети) призначені для формування власного капіталу даного комплексу, як суб'єкту господарювання. Капітальні вкладення у промисловий комплекс поділяються на дві нерівномірні частини. Перша, більша частина – капітальні вкладення у закладання плантації міскантусу та збирання біомаси. Друга, менша частина – капітальні вкладення у завод з переробки біомаси міскантусу у тверде біопаливо (пелети).

Для визначення величини капітальних вкладень використано аналого-нормативний підхід для їх розрахунку.

Розрахунок капітальних вкладень у створення промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, площею 100 га та обсягом заготівлі 2000 тис. т

сухої біомаси міскантусу на рік та виробництва 1900 т твердого біопалива (пелет) наведено у табл. 3.8, а їх структура на рис. 3.9.

Таблиця 3.8

Капітальні вкладення у закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет)

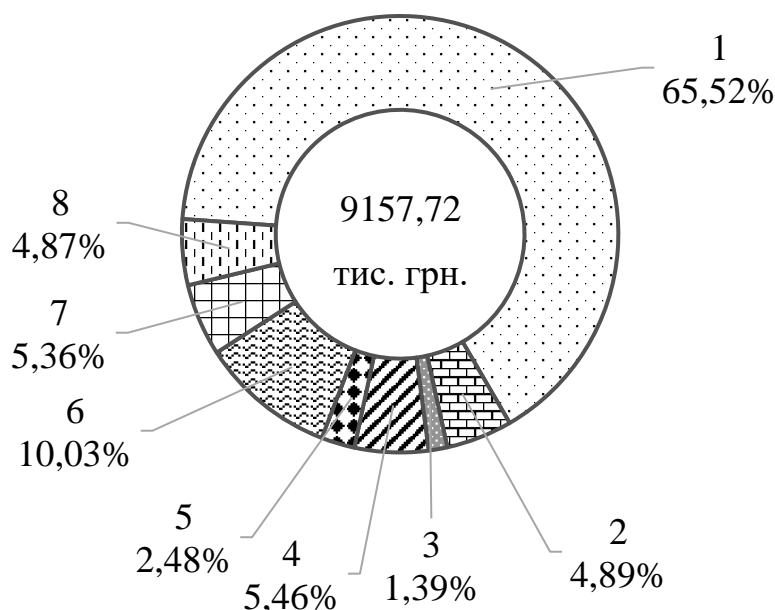
| № поз. | Об'єкт вкладень | Норма капітальних вкладень на 1 т виробництва продукції, грн | Капітальні вкладення (без ПДВ), тис. грн | Капітальні вкладення**, тис. доларів США |
|--|-------------------------------|--|--|--|
| Закладання плантації | | | | |
| 1 | Саджанці* | 3000 | 6000,00 | 244,90 |
| 2 | Добрива* | 224 | 448,00 | 18,29 |
| 3 | Засоби захисту рослин* | 63,56 | 127,12 | 5,19 |
| 4 | Послуги сторонніх організацій | 250 | 500,00 | 20,41 |
| 5 | Паливно-мастильні матеріали | 113,63 | 227,25 | 9,28 |
| 6 | Всього при закладанні | 3651,2 | 7302,37 | 298,06 |
| Збір та транспортування енергетичної тріски | | | | |
| 7 | Техніка та обладнання | 459,25 | 918,50 | 37,49 |
| Виробництво паливних пелет | | | | |
| 8 | Техніка та обладнання | 258,34 | 490,85 | 20,03 |
| 9 | Будівлі і споруди | 234,74 | 446,00 | 18,20 |
| 10 | Всього виробництво паливних | 493,08 | 936,85 | 38,23 |
| | Всього: | 4819,85 | 9157,72 | 373,78 |

* - з урахуванням їх закупівлі та використання на початку закладання плантації;

** - за офіційним курсом НБУ на 13.02.2020

Джерело: власні розрахунки

Наведені у табл. 3.8 дані свідчать що загальний інвестиційний потік створення промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети) складе 9157,72 тис. грн. З даного потоку більша частина – 8220,87 тис. грн. (89,77 %), приходить на закладання плантації та збирання біомаси (тріски), а 10,23 % на будівництво заводу з переробки біомаси міскантусу у паливні пелети.



Умовні позначення: 1 – саджанці; 2 – добрива; 3 – засоби захисту рослин; 4 – послуги сторонніх організацій; 5 – паливно-мастильні матеріали (закладання плантації); 6 – техніка та обладнання для збору та транспортування тріски; 7 – техніка та обладнання для виробництва паливних пелет; 8 – будівлі та споруди для виробництва паливних пелет

Рис. 3.9. Структура капітальних вкладень за статтями

Джерело: власні розрахунки

Із рис. 3.9 бачимо, що основною статтею капітальних вкладень у промисловий комплекс є закупівля саджанців (ризомів міскантусу) для закладання плантації – 65,52 %, наступною за обсягами капітальних вкладень йде техніка та обладнання для збору та транспортування тріски – 10,03 % та третю позицію займають послуги сторонніх організацій при закладанні плантації – 5,46 %.

Значний обсяг робіт і висока сума необхідних інвестицій на будівництво промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети) визначає необхідність поетапного їх освоєння (тобто поетапної реалізації проєкту).

Вихідною позицією розробки графіку фінансування капітальних вкладень у промисловий комплекс з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети) є поетапний план його реалізації, який наведено в табл. Г.1 додатку Г.

Відповідно до наведених табл. Г.1 додатку Г етапів реалізації проекту фінансування будівництва промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети) пропонується реалізувати у три етапи:

1 етап – 0 рік, підготовка ґрунту, закупівля добрив та засобів захисту рослин;

2 етап – 1 рік, підготовка ґрунту, закупівля засобів захисту рослин для закладання плантації; закупівля ризомів міскантуса та закладання плантації;

3 етап – 2 рік, догляд за плантацією, закупівля необхідної техніки для збирання та транспортування врожаю з плантації до складу та виробництво паливних пелет.

План фінансування у закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет) наведено в табл. Г.2 додатку Г.

Наведений у табл. Г.2 додатку Г графік передбачає наступний порядок фінансування закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет):

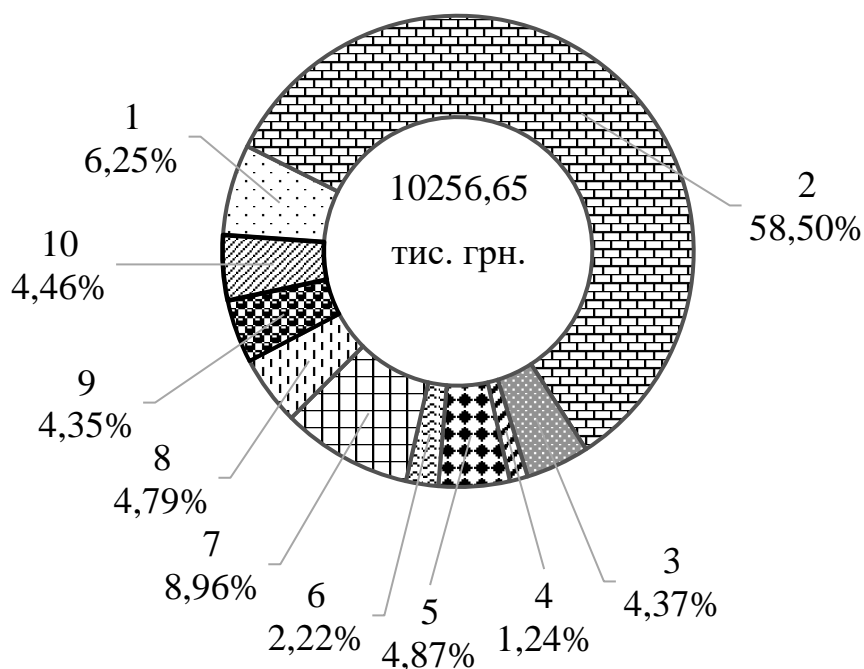
на 1 етапі (0 рік реалізації проекту) – 1396,02 тис. грн, або 13,61 % від загальної величини інвестиційного потоку;

на 2 етапі (1 рік реалізації проекту) – 6547,39 тис. грн., або 63,84 %; від загальної величини інвестиційного потоку;

на 3 етапі (2 рік реалізації проекту) – 2313,24 тис. грн., або 22,55 %; від загальної величини інвестиційного потоку.

Загальна величина інвестиційного потоку на реалізацію комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет) складе 10256,65 тис. грн.

Структура інвестиційного потоку на реалізацію комплексу за статтями наведена на рис. 3.10.



Умовні позначення: 1 – проектні роботи; 2 – саджанці; 3 – добрива; 4 – засоби захисту рослин; 5 – послуги сторонніх організацій; 6 – паливно-мастильні матеріали (закладання плантації); 7 – техніка та обладнання для збору та транспортування тріски; 8 – техніка та обладнання для виробництва паливних пелет; 9 – будівлі та споруди для виробництва паливних пелет; 10 – оборотні кошти

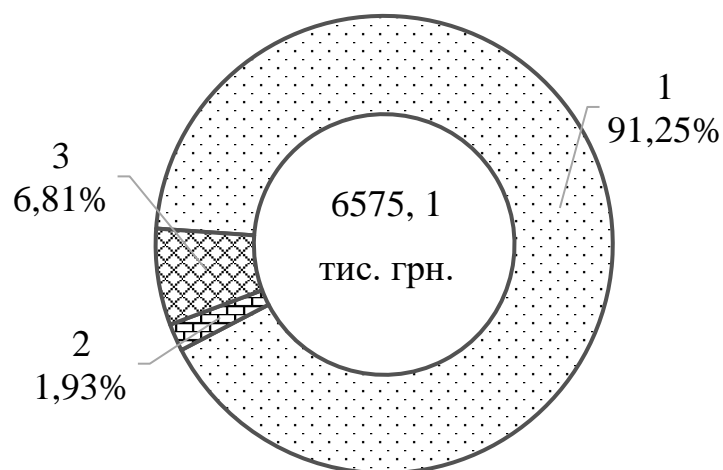
Рис. 3.10. Структура інвестиційного потоку на реалізацію комплексу за статтями

Джерело: власні розрахунки

Наведені дані на рис. 3.10 свідчать що загальний інвестиційний потік створення промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси (тріски) та перетворення її в тверде біопаливо (пелети) складе 10256,65 тис. грн. З даного потоку більша частина – 8220,87 тис. грн. (80,15 %), приходить на закладання плантації та збирання біомаси (тріски), 9,13 % на будівництво заводу з переробки біомаси міскантусу у тверде біопаливо (пелети), 6,25 % складають проектні роботи та 4,46 % приходить на формування оборотних коштів. Основною статтею інвестиційного потоку у промисловий комплекс є закупівля саджанців (ризомів міскантусу) для закладання плантації – 58,5 %, наступною за обсягами капітальних вкладень йде техніка та обладнання

для збору та транспортування тріски – 8,96 %, третю позицію займають проектні роботи – 6,25 %, послуги сторонніх організацій при закладанні плантації займають четверту позицію – 4,87 % та п'яту позицію в загальному інвестиційному потоку займає техніка та обладнання для виробництва паливних пелет – 4,79 %.

У табл. Г.3 додатку Г наведено розрахунок капітальних витрат на матеріали для закладання плантації. Із даних табл. Г.3 Додатку Г видно, що капітальні витрати на матеріали для закладання плантації склали 6,58 млн грн. Структура капітальних витрат на матеріали для закладання плантації за статтями наведена на рис. 3.11.



Умовні позначення: 1 – саджанці; 2 – засоби захисту рослин; 3 – добрива

Рис. 3.11. Структура капітальних витрат на матеріали для закладання плантації за статтями

Джерело: власні розрахунки

Наведені дані на рис. 3.11 свідчать що основною статтею видатків на матеріали при закладанні плантації міскантусу є закупівля ризомів міскантусу – 60000 тис. грн. (91,25%), наступною статтею є витрати на добрива – 6,81 %, третю позицію займають витрати на засоби для захисту рослин – 1,93 %.

Вартість послуг сторонніх організацій та витрат на паливо при закладанні плантації наведено в табл. Г.4 додатку Г.

Із даних табл. Г.4 додатку Г видно, що вартість послуг сторонніх організацій при закладанні плантації міскантуса складає 500 тис. грн, а витрати на пальне – 227,25 тис. грн.

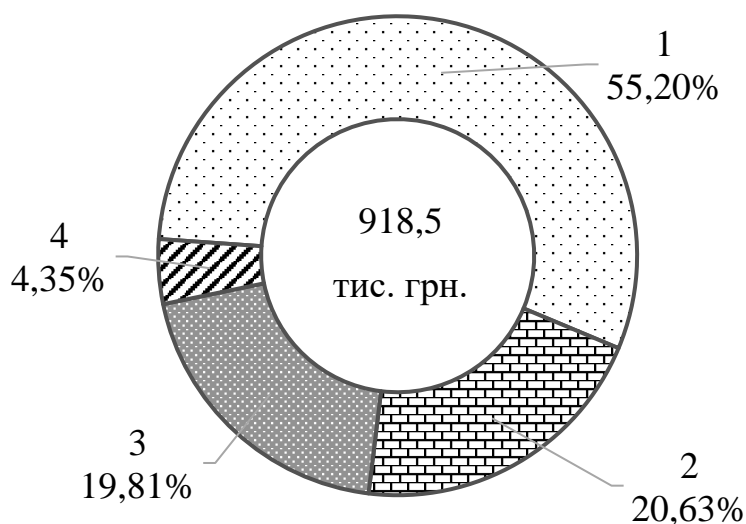
В підготовчий рік вартість послуг сторонніх організацій при закладанні плантації міскантуса складе 160,0 тис. грн, а витрати на пальне складуть 85,5 тис. грн. Тоді як в перший рік реалізації проекту вартість послуг сторонніх організацій при закладанні плантації міскантуса складе 340,0 тис. грн, а витрати на пальне складуть 141,75 тис. грн.

Найбільш дорогою послугою сторонніх організацій є підготовка, транспортування та садіння ризомів, вартість якої склала 200 тис. грн (40,0 %), другою за вартістю є оранка на глибину до 30 см – 60 тис. грн (12,0 %).

Перелік необхідної техніки та розрахунок витрат на придбання техніки та обладнання для закладання плантації, збирання та транспортування тріски наведено в табл. Г.5 додатку Г.

Із табл. Г.5 додатку Г видно, що загалом для закладання плантації та збирання тріски передбачається закупівлі 4 одиниць техніки, а саме: трактор МТЗ-892 [45, 46] – 1 одинця; комбайн роторний причіпний «РОСЬ-2» [47] – 1 одинця; причеп 2ПТС-6 [48] – 1 одинця та навісний фронтальний стаціонарний навантажувач Dellif Light 1200 [49] – 1 одинця. Загальна величина капітальних витрат на технологічне обладнання для закладання плантації міскантуса та збирання тріски складе 918,5 тис. грн.

Структура капітальних витрат на придбання техніки та обладнання для закладання плантації, збирання та транспортування тріски за статтями наведена на рис. 3.12.



Умовні позначення: 1 – Трактор МТЗ-892; 2 – Комбайн роторний причіпний «РОСЬ-2»; 3 – Причеп 2ПТС-6; 4 – Навісний фронтальний стаціонарний навантажувач Dellif Light 1200

Рис. 3.12. Структура капітальних витрат на придбання техніки та обладнання для закладання плантації, збирання та транспортування тріски за статтями

Джерело: власні розрахунки за матеріалами [45–49]

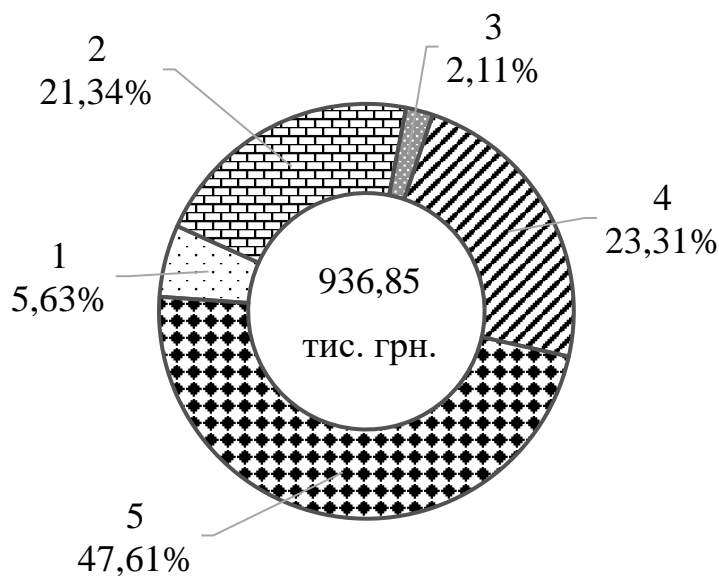
Із даних рис. 3.12 видно, що основними складовими капітальних витрат на придбання техніки та обладнання для закладання плантації, збирання та транспортування тріски є трактор МТЗ-892 – 507 тис. грн. (55,2 %), комбайн роторний причіпний «РОСЬ-2» – 189,5 тис. грн (20,63 %), причеп 2ПТС-6 – 182,0 тис. грн (19,8 %) та навісний фронтальний стаціонарний навантажувач Dellif Light 1200 – 40,0 тис. грн. (4,4 %).

Перелік необхідної техніки, споруд, будівель та розрахунок витрат на їх придбання для виробництва твердого біопалива (пелет), наведено в табл. Г.6 додатку Г.

Із табл. Г.6 Додатку Г видно, що загалом для виробництва твердого біопалива (пелет) з біомаси (тріски) міскантусу передбачається закупівля 4 одиниць техніки, а саме: молоткова дробарка CHOPPER-600 [51] – 1 одиниця; аеродинамічна сушарка СА-600 [52] – 1 одиниця; пневматичний транспортер ПТ-360, ручний візок з ємністю для тирси на 1 куб. м [53] – 1 одиниця; лінія

гранулювання МЛГ-1500 МАХ [54] – 1 одиниця та зведення будівель та споруд. Загальна величина капітальних витрат на технологічне обладнання цеху з виробництва пелет та будівлі і споруди складе 936,85 тис. грн.

Структура капітальних витрат на придбання техніки та обладнання і будівель та споруд для виробництва паливних пелет за статтями наведена на рис. 3.13.



Умовні позначення: 1 – молоткова дробарка СНОРРЕР-600; 2 – аеродинамічна сушарка СА-600; 3 – пневматичний транспортер ПТ-360; 4 – лінія гранулювання МЛГ-1500 МАХ; 5 – будівлі та споруди

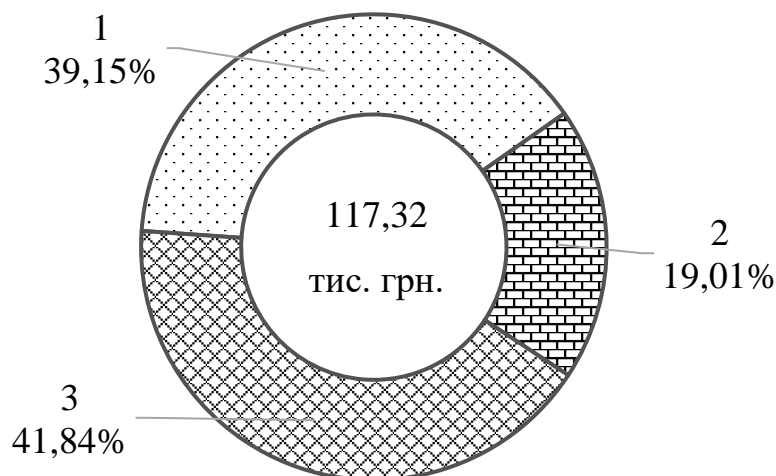
Рис. 3.13. Структура капітальних витрат на придбання техніки та обладнання і будівель та споруд для виробництва паливних пелет за статтями

Джерело: власні розрахунки за матеріалами [50]

Істотна величина капітальних витрат проекту визначає і істотну величину їх амортизації. У табл. Г.7 додатку Г представлений розрахунок величини амортизації. Норми амортизації на конкретні види технологічного обладнання визначалися на основі лінійного методу амортизації виходячи з терміну його служби.

Із даних табл. Г.7 додатку Г видно, що загальна амортизація на техніку, споруди та будівлі для закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет) складе суму еквівалентну 117,32 тис. грн.

Структура амортизаційних відрахувань за статтями наведена на рис. 3.14.



Умовні позначення: 1 – техніка для закладання плантації, збирання та транспортування біомаси (тріски); 2 – техніка для виробництва твердого біопалива (пелет); 3 – будівлі та споруди для виробництва твердого біопалива (пелет)

Рис. 3.14. Структура амортизаційних відрахувань за статтями

Джерело: власні розрахунки

Наведені дані на рис. 3.14 свідчать що величина амортизаційних відрахувань на техніку для закладання плантації, збирання та транспортування біомаси (тріски) склала 45,93 тис. грн/рік (39,15 %).

Величина амортизаційних відрахувань на техніку для виробництва твердого біопалива (пелет) складе 49,09 тис. грн/рік (41,84 %).

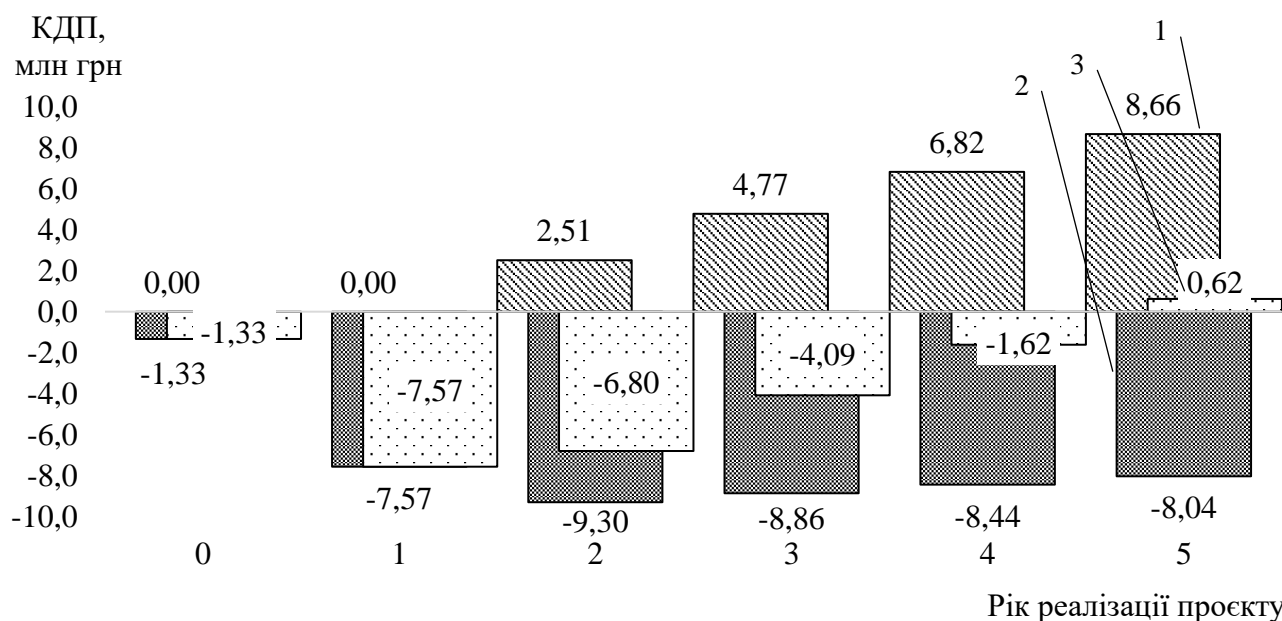
Величина амортизаційних відрахувань на будівлі та споруди для виробництва твердого біопалива (пелет) складе 22,3 тис. грн/рік (19,01 %).

Оцінка ефективності інвестиційних проєктів є одним з найвідповідальніших етапів [51]. Від того, наскільки об'єктивно та всебічно проведена ця оцінка, залежать строки повернення вкладеного капіталу, варіанти його альтернативного використання, додатковий потік прибутку підприємства у наступному періоді. Ця об'єктивність і всебічність оцінки ефективності інвестиційних проєктів значною мірою визначається використанням сучасних методів її проведення.

Вихідні дані та розрахунок чистої теперішньої вартості (Net Present Value – NPV) наведено в табл. Г.8 Додатку Г.

Інструментальною основою оцінки економічної доцільності реалізації інвестиційного проекту є графік його поточної вартості (NPV).

Графік поточної вартості інвестиційного проекту із вирощування міскантусу та виробництва з його біомаси паливних пелет наведено на рис. 3.15.



Умовні позначення: КДП – кумулятивний дисконтований потік; 1 – грошовий потік; 2 – інвестиційний потік; 3 – чиста теперішня вартість

Рис. 3.15. Графік поточної вартості інвестиційного проекту із вирощування міскантусу та виробництва з його біомаси паливних пелет

Джерело: власні розрахунки [21]

Наведений на рис. 3.15 графік поточної вартості (NPV) проекту створення промислового комплексу з закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет) свідчить що:

- термін реалізації інвестиційного проекту складе – 5 років;
- первісна вартість інвестицій складає 10,3 млн грн;
- дисконтований термін окупності (DPP) – 4,8 роки;

чиста вартість інвестиційного проекту (NPV) на момент його завершення – 622 тис грн.

Узагальнення результатів планування техніко-економічних показників та оцінки інвестиційної привабливості промислового комплексу виробництва пелет із міскантусу дає змогу підтвердити гіпотезу про його соціально-економічну ефективність та екологічну прийнятність виробництва.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено концептуальні положення із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні, основу яких складають мета, принципи, очікувані результати, завдання, напрямки та цільові орієнтири. В основу формування цих положень закладено трилему розвитку енергетики, тому їх реалізація забезпечує мультидисциплінарний підхід до побудови біоенергетичного циклу в країні.

Ці положення розглядаються як напрям розвитку розподіленої енергетики на основі використання місцевого біоенергетичного потенціалу та передбачають кооперацію трьох видів економічної діяльності: сільського господарства (вирощування енергетичних культур), деревообробної (виробництво твердого біопалива) та енергетичної (перетворення твердого біопалива в кінцеву енергію) промисловостей, сприяючи сталому розвитку сільських територій.

2. Запропоновано методичні положення із планування техніко-економічних характеристик промислового комплексу із виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, які передбачають вибір енергетичної культури; планування виробничих характеристик промислового комплексу; обґрунтування технологічної схеми вирощування та переробки; калькулювання поточних витрат господарської діяльності; планування обсягу річного чистого доходу і оптових цін продукції.

Апробацію цих положень було проведено для земельної ділянки у 100 га, яка розташована біля с. П'ятнецьке Харківської обл. За критеріями відбору визначено, що найбільш придатною для вирощування культурою є міскантус та виробництва з нього паливних пелет. За результатами розрахунку визначено, що річні чисті доходи промислового комплексу складають 5,7 млн грн, витрати на виробництво твердого біопалива з біомаси міскантусу склали 2,6 млн грн, у т.ч. витрати на культивування міскантусу та виробництво його біомаси тріски – 1,3 млн грн. Такий комплекс є високопродуктивним (19 т/га) та високорентабельним (121,5 %), і конкурентоспроможним за ціною (3000 грн/т).

3. Розроблено методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості проекту виробництва твердого біопалива з енергетичних культур, який передбачає визначення графіку робіт промислового комплексу, інвестицій за періодами, плану фінансування, графіку чистих потоків, а також графіку поточної вартості.

Апробація методичного підходу дозволила встановити, що первісна вартість інвестицій у промисловий комплекс із вирощування 2 тис. т міскантусу та виробництва з нього 1,9 тис. т паливних пелет складає 10,3 млн грн, дисконтований термін окупності проекту дорівнює 4,8 роки, та на момент його завершення чиста вартість інвестиційного проекту становитиме 622 тис грн.

Основні наукові результати розділу опубліковані у працях автора [8, 21, 26].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. Міністерство енергетики України. URL: <http://surl.li/lryn>
2. Paris Agreement. United Nations. 2015. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
3. The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. Brussels, 11.12.2019 COM(2019) 640. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
4. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
5. Кизим М. О., Рудика В. І. Теоретико-методичні аспекти оцінки енергетичної безпеки національної економіки. Економіка та підприємництво. 2018. № 40. С. 108–118.
6. Kuzym M. Rudyka V. Analysis of the theoretical and methodological support of the study of energy security of the country. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2018. № 4/5 (42). С. 18–23.
7. Геєць В. М., Кириленко О. В., Басок Б. І., Базєєв Є.Т. Енергетична стратегія: прогнози і реалії (огляд). Наука та інновації. 2020. Т. 16. № 1. С. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.15407/scin15.05.003>
8. Kostenko D. Concept of production and use of bioenergy crops in Ukraine. Sciences of Europe. Praha, Czech Republic. № 64. VOL 3. 2021. P. 43–49.
9. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0001824-15/paran2#n2>

10. Рудика В. І. Стратегія розвитку паливного комплексу України : монографія. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2017. 288 с.
11. Блюм Я. Б., Гелетуха Г. Г., Григорюк І. П. Новітні технології біоенергоконверсії: монографія. Київ: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.
12. Енергетичні культури в Україні – цінне джерело біомаси та значний потенціал для заміщення газу. Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/249240886>
13. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. Біоенергетика. 2013. № 1. С. 5–10.
14. Роїк М. В., Ганженко О. М. Агропромислові енергетичні плантації – шлях до енергонезалежності України. Агро Профі. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1297-agropromislovi-energetichni-plantatsiji-shlyakhdo-energonezalezhnosti-ukrajini>
15. Погорелова І. Енергетичні рослини можуть замінити газ та очистити ґрунти. Рідне Село. URL: <http://ridneselo.com/node/6856>
16. Сокольникова К. А у нас замість вугілля, газу і дров – енергетичні культури. AgroPortal. 19.10.2016. URL: <https://agroportal.ua/ua/publishing/analitika/a-u-nas-vmesto-uglya-gaza-i-drov-energeticheskie-kultury/>
17. Чайка Т. О., Яснолоб І. О. Еколого-соціо-економічні переваги вирощування енергетичних культур. Економіка АПК. 2017. № 12. С. 28–34. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2017_12_6
18. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка № 10. Біоенергетична асоціація України. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-10-ua.pdf>
19. Рослини – джерело енергії. KWS SAAT AG. URL: <http://surl.li/lr9p>
20. Бабина О. М. Перспективи вирощування енергетичних культур як чинник впливу на розвиток економіки, біоенергетики та аграрного сектору України. Причорноморські економічні студії. 2018. Вип. 31. С. 13–17. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bses_2018_31_4

21. Костенко Д. М. Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик енергетичних плантацій та виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур. Бізнес Інформ. 2020. № 11. С.123-132

22. Трипольська Г. С., Подолець Р. З. Ринок біопального в Україні. Економіка і прогнозування. 2017. № 2. С. 75–92. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econprog_2017_2_6

23. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні. Проект «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні». Інформаційний портал з питань біоенергетичних технологій. 22.02.2016. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf

24. McKendry P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 83. Issue 1. P. 37–46. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)

25. McKendry P. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 83. Issue 1. P. 47–54. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00119-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00119-5)

26. Теоретико-прикладні аспекти декарбонізації та розвитку розподіленої електроенергетики України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, В. Є. Хаустова, В. В. Шпілевський, Є. І. Котляров, Т. І. Салашенко, Є. М. Крячко, Є. С. Колбасін, Д. М. Костенко, О. В. Шпілевський, О. В. Лелюк, Г. В. Мілютін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 344 с.

27. Lytsur I., Mykytenko V., Bondar-Podgurska O. Grouping of risks and threats to the processes of spatial management of natural resources of the state in the system of national economy. 2021. *Inter-science – Atlantis Press: collection of scientific papers*. Volume 167. P. 32–37.

28. Микитенко В., Драган І. Управління природо-ресурсними активами в умовах нарощення глобальних загроз і ризиків. *Економічний дискурс*. 2020. № 1(43). С. 78–88.

29. Гелету́ха Г., Драгне́в С., Кучеру́к П., Матве́єв Ю. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. Громадська організація «Агентство з відновлюваної енергетики». URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf>

30. Хіврич О. Б., Квака В. М., Каськів В. В., Мамайсур В. В., Макаренко А. С. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. Агробіологія. 2011. Вип. 6. С. 153–157. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agr_2011_6_39

31. Трибой О. В., Драгне́в С. В. Як використати малопродуктивні землі для вирощування сталої біосировини для енергетики? Екологія підприємства. 2018. №7 (72). С. 55–63. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/tryboi-dragnev-marginal-lands-for-growing-sustainable-bioenergy-feedstock-forbio.pdf>

32. Шевчук Р. Біоенергетичні культури для Полісся. Аграрний Тиждень. Україна: інформаційно-аналітичний портал. URL: <https://a7d.com.ua/plants/13853-boenergetichn-kulturi-dlya-polssya.html>

33. ДСТУ EN 15234-4:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 4. Тріски деревні для непромислового використання (EN 15234-4:2012, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62138

34. ДСТУ 8358:2015 Брикети та гранули паливні з деревинної сировини. Технічні умови. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73203

35. Оцінка доцільності культивування та переробки мікроводоростей в рідке біопаливо в Україні. Звіт про створення науково-технічної продукції НДЦ ІПР НАН України. Харків. 2019. 129 с.

36. ТОВ «Стандарт-2010». URL: <https://zaporozhe.flagma.ua/uk/pelleyty-iz-chistoy-luzgi-podsolnuha-o10791897.html>

37. ООО «ФЕРТЕЛИТА ГРУПП». URL: <https://prom.ua/p814141893-toplivnyye-granulypelleyty-solomy.html?&primelead=MS41Nw>

38. ТОВ «ЕcoTeam» URL: <https://ivanofrankovsk.flagma.ua/uk/pelleta-derevna-granula-o8144715.html>

39. ТОВ «Евромайстер Групп» URL: <https://zmiev.flagma.ua/uk/pelleta-toplivnaya-dub-100-drevesnaya-granula-o5716181.html>
40. Стасюк Н. Р. Греськів І. Р. Методи оцінювання ефективності інвестиційних проектів: переваги та недоліки. Глобальні та національні проблеми економіки. 2015. № 6. С. 306–309.
41. Карлберг К. Бизнес-анализ с помощью Excel 2000. М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. 480 с.
42. Моделі і методи оцінки інвестиційних проектів : кол. моногр. / за ред. В. К. Галіцин ; авт. кол. : О. П. Суслов, Ю. О. Кубрушко. Київ: КНЕУ. 2005. 168 с.
43. Маленков Ю. А. Новые методы инвестиционного менеджмента СПб.: Бизнес пресса. 2002. 208 с.
44. Гаращук О. В., Целіна Н. О., Мельниченко О. Д. Кількісна оцінка інвестиційних ризиків. Вісник економічної науки України. 2009. № 1. С. 55–57.
45. Трактор МТЗ-892. Мінський тракторний завод «МТЗ-ХОЛДИНГ». URL: <https://mtz.ais.ua/belarus-892.html>
46. Трактор МТЗ-892. «MotoShara». URL: <https://prom.ua/p1282111303-traktor-belarus-8922.html>
47. ООО «Техника и технологии». URL: <https://t-i-t.com.ua/kombayn-rotornyiy-pritsepnoy-ros-2/>
48. AGRONEXT. URL: <https://agronext.com.ua/pricep-traktornyj-2pts-6-novyj-s-bortami-vysotoj-12-m>
49. Делліф. URL: <https://dellif.com.ua/pogruzchik-na-traktor-kun-dellif-1200>
50. ТОВ «ТехноМашСтрой». URL: <https://tms.ck.ua/>
51. Язлюк Б. О., Сивак Р. Б. Оцінка ефективності інвестиційно-інноваційних проектів підприємств світлотехнічної галузі. Економічний аналіз. Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету “Економічна думка”. 2010. Вип. 5. С. 385–389. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/9957/1/yazlyuk%20%281%29.pdf>

ВИСНОВКИ

Результатом дисертаційної роботи є вирішення науково-прикладного завдання – обґрунтування теоретико-методичних положень і надання науково-практичних рекомендацій щодо економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні. Проведене дослідження дозволило отримати низку взаємопов'язаних наукових і практичних результатів на теоретичному, методичному й емпіричному рівнях.

На теоретичному рівні у роботі одержано такі наукові результати.

1. На основі систематизації світового та національного досвіду запропоновано концептуальні положення із розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні, які представляють мультидисциплінарний підхід до побудови біоенергетичного циклу в країні.

1.1. В основі положень є мета, принципи, очікувані результати, завдання, напрямки та цільові орієнтири, які спрямовані на розв'язання трилеми розвитку енергетики – екологічної сталості, енергетичної безпеки та соціально-економічної доступності енергії.

1.2. Ці положення передбачають кооперацію трьох видів економічної діяльності: сільського господарства (виросування енергетичних культур), деревообробної (виробництво твердого біопалива) та енергетичної (перетворення твердого біопалива на кінцеву енергію) промисловості, забезпечуючи сталий розвиток сільських територій.

1.3. Їх реалізація визначається як напрям розвитку розподіленої відновлюваної енергетики на основі використання місцевого біоенергетичного потенціалу.

На методичному рівні у роботі одержано такі наукові результати.

2. Особливості господарювання за різними видами економічної діяльності обумовили необхідність розробки методичних положень із планування техніко-економічних показників промислового комплексу із виробництва твердого

біопалива з енергетичних культур.

2.1. Вихідною умовою планування є наявність перспективної земельної ділянки, характеристики якої визначають виробничий потенціал промислового комплексу.

2.2. Вибір енергетичної культури, доцільної для вирощування, спирається на аналіз природно-кліматичних умов місцевості, біологічних властивостей і теплотворної здатності культур.

2.3. Вибір схеми закладання, експлікація будівель і споруд, а також промислового обладнання є основою для планування операційних витрат господарчої діяльності комплексу, які надалі калькуюються за переділами.

2.4. Обґрунтування ефективності функціонування промислового комплексу спирається на встановлення конкурентоспроможної ціни порівняно із продуктами аналогами на ринку твердого біопалива країни.

2.5. Апробацію запропонованих положень було проведено для земельної ділянки площею у 100 га, яка довела високу ефективність створення промислового комплексу із вирощування міскантусу та виробництва з нього паливних пелет – його рентабельність складає 121,5 %.

3. Для доведення економічної доцільності виробництва твердого біопалива із енергетичних культур розроблено авторський методичний підхід до оцінки інвестиційної привабливості такого проєкту, який передбачає інструментальну оцінку за п'ятьма паралельно-послідовними етапами.

3.1. Графік робіт із будівництва промислового комплексу передбачає визначення строків реалізації проєкту: від закладання енергетичної плантації до виробництва твердого біопалива з біомаси вирощених енергетичних культур.

3.2. За кожним переділом визначаються інвестиції для побудови промислового комплексу, що включають розрахунок вартості: довгострокових біологічних активів та основних засобів для закладання енергетичної плантації, збирання та транспортування енергетичної тріски, а також основних засобів для виробництва паливних пелет.

3.3. За графіком робіт із будівництва промислового комплексу розробляється

план фінансування проєкту, який розподіляє інвестиційні потоки у часі.

3.4. Графік чистих потоків розраховується із початку промислової експлуатації такого комплексу та до завершення строків корисної експлуатації його необоротних активів.

3.5. Визначення інвестиційної привабливості проєкту передбачає побудову графіку поточної вартості на основі порівняння дисконтованих інвестиційних і грошових потоків, що дозволяє встановити окупність проєкту.

3.6. Апробація підходу дозволила встановити, що інвестиції у промисловий комплекс із вирощування 2 тис. т міскантусу та виробництва з нього 1,9 тис. т пелет складуть 10,3 млн грн, термін реалізації проєкту – 5 років, дисконтований термін окупності – 4,8 років; поточна вартість на момент завершення – 622 тис грн.

На емпіричному рівні у роботі одержано такі наукові результати.

4. Формулювання проблеми розвитку виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні потребувало розробки науково-аналітичного забезпечення зі структурної декомпозиції його балансу в енергетичних потоках національного господарства, за результатами якої визначено таке.

4.1. Тверде біопаливо недооцінене в енергетичних потоках національного господарства. Ступінь його проникнення складає лише 3 % у 2018 р., тоді як цільовим орієнтиром є 5 % у 2020 р.

4.2. На відміну від гострого дефіциту національного енергобалансу України, енергобаланс твердого біопалива є профіцитним, 13 % якого експортується.

4.3. Попит на тверде біопаливо в Україні формують на 58 % кінцеві споживачі, тоді як його використання паливно-енергетичним комплексом складає лише 5 % від загальних обсягів споживання органічного палива на перетворення.

4.4. Україна має значний біоенергетичний потенціал, теоретичний рівень якого склав 65 млн т н.е., а технічний – 46 млн т н.е. у 2019 р. Проте цей потенціал майже не використовувався в країні, лише на 2 %.

4.5. На державному рівні біопаливо визнано найпріоритетнішим джерелом серед відновлюваних джерел енергії, частка якого мала б складати 61 % у 2020 р. від усіх їх видів. Проте ця мета так і залишилася недосягнутою в Україні через

неімплементовані норми Директиви 2009/28/ЄС, невпроваджену міжнародну сертифікацію твердого біопалива за стандартом ISO EN 17225, відсутність державної підтримки для виробників і занижкі стимули для споживачів біопалива.

5. Із застосуванням структурно-логічного аналізу досліджень зарубіжних і вітчизняних учених, практичного національного та світового досвіду у роботі було побудовано організаційну схему біоенергетичного циклу, що дозволило визначити альтернативні варіанти його формування та надати науково-практичні рекомендації для його розбудови в Україні.

5.1. На основі порівняльного аналізу різних енергетичних культур рекомендовано таку номенклатуру для вирощування в Україні: енергетична верба та міскантус.

5.2. Перспективним способом виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур є метод гранулювання.

5.3. Найефективнішою технологією перетворення твердого біопалива в кінцеву енергію визначено когенерацію на основі сумісного спалювання традиційного органічного та твердого біологічного палива.

Практичне значення одержаних результатів полягає у використанні запропонованих теоретико-методичних положень і науково-практичних рекомендацій при обґрунтуванні рішень на державному рівні управління щодо напрямів розвитку й економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Технічні умови на брикети з біомаси (вибрані приклади)

Рослинна сировина:

ТУ У 20.1-36474791-001:2009 Паливо тверде брикети паливні із подрібненої рослинної сировини (ТОВ «Вінінтертрейд»);

ТУ У 20.1-36474797-001:2009 Брикети паливні із подрібненої рослинної сировини (ТОВ «Алекмір Енерджі»);

ТУ У 38.1-37474379-002:2014 Гранули та брикети паливні з відходів деревини та сільськогосподарських культур (ТОВ «Екоресурс-Т»);

ТУ У 19.2-32886226-001:2013 зі зміною № 1 Брикети паливні із рослинної сировини (ПП «Полтава - Консалтинг»);

ТУ У 20.1-1470313117-001:2011 зі зміною № 1 Паливо з відходів рослинної сировини брикетоване (ФОП Колтунов Ігор Володимирович);

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з виноградної лози (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович);

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з соломи сільськогосподарських культур (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович).

Лушпиння соняшника:

ТУ У 15.6-30842484.007:2006 Біобрикети із лушпиння соняшника (ПП «ЛВК»)

ТУ У 15.6-30842484.007-2006 зі зміною № 1 Брикети з відходів сільськогосподарського виробництва (лушпиння насіння соняшника) (ПП «Спецзовнішкомплект»).

Деревна біомаса:

ТУ У 20.1-34920361-001:2009 Брикети пресовані із тирси (ТОВ «ЕО Біотемп»);

ТУ У 20.1-31072232-001:2012 Брикети пресовані із тирси (ТОВ «РГСН»)

ТУ У 20.1-36831840-001:2010 Брикети паливні з тирси (ТОВ «Еко-Блейз»);

ТУ У 16.2-37677902-001:2012 Брикети паливні пресовані з відходів деревини

(ТОВ «УКРБІОРЕСУРС»);

ТУ У 24.1-30817332-003-2002 Брикети паливні з твердих порід деревини

(ТОВ «Екобрикети»);

ТУ У 19.2-36318023-001:2013 Біопаливо тверде. Брикети паливні з деревини

(ПП «Торфвуд»);

ТУ У 16.2-38244430-001:2012 Брикети з вільхи 1 сорту 2 виду (ТОВ «К. Р. Енеджі»);

ТУ У 16.2-38244430-001:2012 Брикети з дубу 1 сорту 3 виду (ТОВ «К. Р. Енеджі»);

ТУ У 37.2.34827522-001:2010 Гранули та брикети паливні з деревинної сировини (ТОВ «Рікон-Трейд»);

ТУ У 16.2-34037185-001:2015 Брикети паливні з відходів деревини у вигляді прямокутної чотирьохгранної призми (ПП «Дари землі»).

Очерет:

ТУ У 38.1-1700201376-002:2016 Брикети паливні з очерету (ФОП Могильніков Валентин Дмитрович).

ДОДАТОК Б

Державні стандарти, що стосуються твердого біопалива

ДСТУ EN 14588:2013 Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять (EN 14588:2010, IDT);

ДСТУ EN 14774-1:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 1. Загальна волога. Стандартний метод (EN 14774-1:2009, IDT);

ДСТУ EN 14774-2:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 2. Загальна волога. Спрощений метод (EN 14774-2:2009, IDT);

ДСТУ EN 14774-3:2013 Тверде біопаливо. Визначення вмісту вологи. Метод висушування в сушильній шафі. Частина 3. Волога в пробі для загального аналізу

(EN 14774-3:2009, IDT);

ДСТУ EN 14778:2013 Тверде біопаливо. Відбирання проб (EN 14778:2011, IDT);

ДСТУ EN 15103:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання насипної щільності (EN 15103:2009, IDT);

ДСТУ EN 15104:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання вмісту загальних вуглецю, водню та азоту (EN 15104:2011, IDT);

ДСТУ EN 15105:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання вмісту водорозчинних хлоридів, натрію та калію (EN 15105:2011, IDT);

ДСТУ EN 15148:2012 Біопаливо тверде. Метод визначання вмісту летких речовин (EN 15148:2009, IDT);

ДСТУ EN 15210-2:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання механічної міцності пелет і брикетів. Частина 2. Брикети (EN 15210-2:2010, IDT);

ДСТУ EN 15234-1:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 1. Загальні вимоги (EN 15234-1:2011, IDT);

ДСТУ EN 15234-3:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 3. Брикети деревні для непромислового використання (EN 15234-3:2012, IDT);

ДСТУ EN 15289:2013 Тверде біопаливо. Методи визначання загального вмісту сірки та хлору (EN 15289:2011, IDT);

ДСТУ-П CEN/TS 15370-1:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання характеристик плавкості золи. Частина 1. Метод характеристичних температур (CEN/TS 15370-1:2006, IDT).

ДОДАТОК В

Таблиця В.1

**Розрахунок поточних (операційних) витрат на закладання плантації
та виробництво біомаси міскантусу**

| № | Призначення витрат | Норма витрат на одиницю біомаси що виробляється, грн./т | Витрати на річний об'єм випуску, тис. грн. |
|-----|--|---|--|
| 1 | Паливо | 60,75 | 121,50 |
| 2 | Заробітна плата | 45,00 | 90,00 |
| 3 | Відрахування на соціальне страхування | 9,90 | 19,80 |
| 4 | Амортизація* | 205,52 | 411,04 |
| 5 | Загальногосподарські витрати | 342,21 | 684,42 |
| 5.1 | <i>Заробітна плата</i> | <i>170,00</i> | <i>340,0</i> |
| 5.2 | <i>Відрахування на соціальне страхування</i> | <i>37,40</i> | <i>74,80</i> |
| 5.3 | <i>Витрати на реалізацію продукції</i> | <i>58,07</i> | <i>116,14</i> |
| 5.4 | <i>Інші</i> | <i>76,74</i> | <i>153,48</i> |
| | Всього: | 663,38 | 1326,76 |

* - з урахуванням комерційного використання плантації та строку експлуатації техніки 20 років;

Джерело: власна розробка

Труд і заробітна плата

| № поз. | Посада | Середньомісячна заробітна плата, грн. | Кількість працівників | Кількість відпрацьованих місяців | Фонд заробітної плати, тис. грн. | Відрахування на соціальне страхування, тис. грн. |
|---------|---|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Тракторист | 15000 | 1 | 6 | 90 | 19,8 |
| 2 | Директор | 17000 | 1 | 12 | 204 | 44,88 |
| 3 | Робітник на енергетичній плантації (сторож) | 5000 | 2 | 10 | 100 | 22 |
| 4 | Бухгалтер (0,5 ставки) (аутсорсинг) | 3000 | 1 | 12 | 36 | 7,92 |
| Всього: | | | 5 | | 430 | 94,6 |

Джерело: власна розробка

Витрати палива на збирання та транспортування тріски

| № поз. | Обладнання (споруда) | Витрати палива, л/год | Кількість відпрацьованого часу, год | Кількість необхідного палива, л | Вартість пального без ПДВ, грн/л | Витрати на пальне, грн. |
|---------|---|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1 | Трактор МТЗ-892 з комбайном роторним причіпним «РОСЬ-2» (виробнича потужність -25 т/год) та причепом 2 ПТС-6 (об'ємом кузова - 11,5 м куб.) | 12 | 250 | 3000 | 22,5 | 67500 |
| 2 | Трактор МТЗ-892 з причепом 2ПТС-6 | 8 | 300 | 2400 | | 54000 |
| Всього: | | | | 5400 | | 121500 |

Джерело: власна розробка

Розрахунок поточних (операційних) витрат на виробництво твердого біопалива (пелет) з біомаси міскантусу

| № | Призначення витрат | Норма витрат на одиницю твердого біопалива що виробляється, грн./т | Витрати на річний об'єм випуску, тис. грн. |
|-----|--|--|--|
| 1 | Сировина (тріска міскантусу) | 698,30 | 1326,76 |
| 2 | Електрична енергія | 107,24 | 203,76 |
| 3 | Заробітна плата | 126,32 | 240,00 |
| 4 | Відрахування на соціальне страхування | 27,79 | 52,80 |
| 5 | Амортизація* | 37,57 | 71,39 |
| 6 | Загальногосподарські витрати | 357,52 | 679,29 |
| 6.1 | <i>Заробітна плата</i> | <i>252,63</i> | <i>480,00</i> |
| 6.2 | <i>Відрахування на соціальне страхування</i> | <i>55,58</i> | <i>105,60</i> |
| 6.3 | <i>Витрати на реалізацію продукції</i> | <i>3,08</i> | <i>5,86</i> |
| 6.4 | <i>Інші</i> | <i>46,23</i> | <i>87,84</i> |
| | Всього: | 1354,74 | 2574,00 |

* - з урахуванням строку експлуатації техніки 10 років та будівель і споруд 20 років;

Джерело: власна розробка

Труд і заробітна плата

| № поз. | Посада | Середньомісячна заробітна плата, грн. | Кількість працівників | Кількість відпрацьованих місяців | Фонд заробітної плати, тис. грн. | Відрахування на соціальне страхування, тис. грн. |
|---------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Директор | 17000 | 1 | 12 | 204 | 44,88 |
| 2 | Бухгалтер (0,5 ставки) | 3000 | 1 | 12 | 36 | 7,92 |
| 3 | Операціоніст на подрібнювачі | 10000 | 2 | 12 | 240 | 52,8 |
| 4 | Операціоніст на лінії гранулювання | 10000 | 2 | 12 | 240 | 52,8 |
| Всього: | | | 6 | | 720 | 158,4 |

Джерело: власна розробка

Витрати електричної енергії на виробництво паливних пелет

| № поз. | Обладнання (споруда) | Кількість, одиниць | Витрати електричної енергії, кВт | Кількість відпрацьованого часу, год | Вартість електроенергії, грн/кВт-год | Витрати на електричну енергію, грн |
|--------|---|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Молоткова дробарка CHOPPER-600 | 1 | 30 | 3334 | 0,61878 | 61890,3756 |
| 2 | Аеродинамічна сушарка СА-600 | 1 | 5,5 | 3334 | 0,61878 | 11346,5689 |
| 3 | Пневматичний транспортер ПТ-360, ручний візок з ємністю для тирси на 1 куб. м | 1 | 4 | 3334 | 0,61878 | 8252,05008 |
| 4 | Лінія гранулювання МЛГ-1500 МАХ | 1 | 41,6 | 4750 | 0,61878 | 122270,928 |
| Всього | | 4 | | | | 203759,923 |

Джерело: власна розробка

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

Графік робіт по закладанню плантації міскантуса та збиранню біомаси

| Рік | Вид робіт | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень |
|---|--|--------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Графік робіт по закладанню плантації міскантуса | | | | | | | | | | | | | |
| 0 рік | Дискування на глибину до 12 см | | | | | | | | | | | | |
| | Підвезення води, приготування та внесення гербіциду | | | | | | | | | | | | |
| | Транспортування та внесення добрив | | | | | | | | | | | | |
| | Оранка на глибину до 30 см | | | | | | | | | | | | |
| | Осіньне вирівнювання поля | | | | | | | | | | | | |
| 1 рік | Передпосадкова культивуація | | | | | | | | | | | | |
| | Підготовка, транспортування та садіння ризомів на глибину до 10 см | | | | | | | | | | | | |
| | Перше боронування до появи паростків | | | | | | | | | | | | |
| | Друге боронування до появи паростків | | | | | | | | | | | | |
| | Підвезення води, приготування та внесення гербіциду | | | | | | | | | | | | |
| | Міжрядний обробіток ґрунту на глибину до 10 см | | | | | | | | | | | | |
| Графік робіт зі збору енергетичної тріски | | | | | | | | | | | | | |
| 2 рік | Збирання міскантуса з подрібненням на тріску | | | | | | | | | | | | |
| | Транспортування тріски до кагату | | | | | | | | | | | | |
| Графік робіт з виробництва твердого біопалива (пелет) | | | | | | | | | | | | | |
| 2-20 роки | Виробництво пелет | | | | | | | | | | | | |

Джерело: власна розробка

План фінансування у закладання плантації міскантусу, збирання біомаси та виробництва твердого біопалива (пелет)

| № поз. | Об'єкт інвестування | Інвестиції за роками реалізації проекту, тис. грн | | | Всього, тис. грн. |
|--|--|---|---------|---------|-------------------|
| | | 0 | 1 | 2 | |
| | | Закладання плантації | | | |
| Закладання плантації | | | | | |
| 1 | Проектні роботи | 641,04 | | | 641,04 |
| 2 | Саджанці | | 6000,00 | | 6000,00 |
| 3 | Добрива | 448,00 | | | 448,00 |
| 4 | Засоби захисту рослин | 61,48 | 65,64 | | 127,12 |
| 5 | Послуги сторонніх організацій | 160,00 | 340,00 | | 500,00 |
| 6 | Паливно-мастильні матеріали (закладання плантації) | 85,50 | 141,75 | | 227,25 |
| 7 | Всього при закладанні плантації | 754,98 | 6547,39 | | 7302,37 |
| Збір та транспортування енергетичної тріски | | | | | |
| 8 | Техніка та обладнання | | | 918,50 | 918,50 |
| Виробництво паливних пелет | | | | | |
| 9 | Техніка та обладнання | | | 490,85 | 490,85 |
| 10 | Будівлі і споруди | | | 446,00 | 446,00 |
| 11 | Всього при виробництві паливних пелет | | | 936,85 | 936,85 |
| Всього капітальних інвестицій: | | 754,98 | 6547,39 | 1855,35 | 9157,72 |
| 12 | Формування оборотних коштів: | | | 457,89 | 457,89 |
| Всього інвестицій: | | 1396,02 | 6547,39 | 2313,24 | 10256,65 |

Джерело: власна розробка

Розрахунок капітальних витрат на закладання плантації

| № поз. | Показник | Рік | | Всього, грн. |
|--|---|-----------|------------|--------------|
| | | 0 | 1 | |
| Посадковий матеріал та його вартість | | | | |
| 1 | Густина засадження ризомів міскантусу, шт./га | 15000 | | |
| 2 | Кількість посадкового матеріалу, шт. | | 1500000 | 1500000 |
| 3 | Ціна 1 саджанця, грн. | 4 | | |
| 4 | Вартість посадкового матеріалу, грн. | | 6000000 | 6000000 |
| Витрати на засоби захисту рослин | | | | |
| 5 | Норма витрати Раундап Макс, л/га | 2,7 | | |
| 6 | Кількість Раундап Макс, л | 270 | | |
| 7 | Ціна Раундап Макс, грн/л | 227 | | |
| 8 | Вартість Раундап Макс, грн. | 61290,00 | | 61290,00 |
| 9 | Норма витрати гербіциду Таск, г/га | 385 | | |
| 10 | Кількість гербіциду Таск, г | | 38500 | |
| 11 | Ціна гербіциду Таск, грн/г | 1,7 | | |
| 12 | Вартість гербіциду Таск, грн. | | 65450,00 | 65450,00 |
| 13 | Норма витрати води, м. куб./га | 0,3 | | |
| 14 | Кількість води, м. куб. | 30 | 30 | |
| 15 | Тариф на воду води, грн/м. куб. | 6,384 | | |
| 16 | Вартість води, грн. | 191,52 | 191,52 | 383,04 |
| 17 | Вартість на засоби для захисту рослин, грн. | 61481,52 | 65641,52 | 127123,04 |
| Витрати на мінеральні добрива | | | | |
| 18 | Норми витрати Мінеральне добриво, кг/га | 350 | | |
| 19 | Кількість Мінеральне добриво, кг | 35000 | | |
| 20 | Ціна Мінеральне добриво, грн/кг | 12,8 | | |
| 21 | Вартість Мінеральне добриво, грн. | 448000,00 | | 448000,00 |
| Витрати на посадковий матеріал, засоби захисту рослин та добрива, грн. | | 509481,52 | 6065641,52 | 6575123,04 |

Джерело: власна розробка

**Вартість послуг сторонніх організацій та витрат на паливо при
закладанні плантації**

| Рік | Сільськогосподарські операції | Ціна послуги, грн/га | Всього, грн. | Витрати палива, л/га | Вартість палива без ПДВ, грн/л | Всього, грн |
|---|---|----------------------|--------------|----------------------|--------------------------------|-------------|
| 0 рік | Дискування на глибину до 12 см | 400 | 40000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| | Підвезення води, приготування та внесення гербіциду Раундап | 200 | 20000 | 3 | 22,5 | 6750 |
| | Транспортування та внесення добрив | 200 | 20000 | 3 | 22,5 | 6750 |
| | Оранка на глибину до 30 см | 600 | 60000 | 12 | 22,5 | 27000 |
| | Осітнє вирівнювання поля | 200 | 20000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| 1 рік | Передпосадкова культивуація | 300 | 30000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| | Підготовка, транспортування та садіння ризомів | 2000 | 200000 | 20 | 22,5 | 45000 |
| | Перше боронування до появи паростків | 300 | 30000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| | Друге боронування до появи паростків | 300 | 30000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| | Підвезення води, приготування та внесення гербіциду | 200 | 20000 | 3 | 22,5 | 6750 |
| | Міжрядний обробіток ґрунту | 300 | 30000 | 10 | 22,5 | 22500 |
| Всього послуги при закладанні плантації | | | 500000 | | | 227250 |

Джерело: власна розробка

**Розрахунок витрат на придбання техніки та обладнання для
закладання плантації, збирання та транспортування тріски**

| № поз. | Обладнання (споруда) | Кількість, одиниць | Ціна (без ПДВ), грн | Капітальні вкладення, тис. грн |
|---|---|--------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1 | Трактор МТЗ-892 [45; 46] | 1 | 507000 | 507 |
| 2 | Комбайн роторний причіпний «РОСЬ-2» [47] | 1 | 189500 | 189,5 |
| 3 | Причеп 2ПТС-6 [48] | 1 | 182000 | 182 |
| 4 | Навісний фронтальний стаціонарний навантажувач Dellif Light 1200 [49] | 1 | 40000 | 40 |
| Всього | | 4 | | 918,50 |
| Амортизаційні відрахування, всього, тис. грн. | | | | 45,93 |

Джерело: складено за матеріалами [45–49]

Розрахунок витрат на придбання техніки та обладнання і будівель та споруд для виробництва паливних пелет

| № поз. | Обладнання (споруда) | Кількість, одиниць | Ціна (без ПДВ), грн | Капітальні вкладення, тис. грн |
|---|--|--------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1 | Молоткова дробарка СНОPPER-600 [50] | 1 | 52700 | 52,7 |
| 2 | Аеродинамічна сушарка СА-600 [50] | 1 | 199950 | 199,95 |
| 3 | Пневматичний транспортер ПТ-360 [50], ручний візок з ємністю для тирси на 1 куб. м | 1 | 19800 | 19,8 |
| 4 | Лінія гранулювання МЛГ-1500 MAX [50] | 1 | 218400 | 218,4 |
| 5 | Будівлі і споруди | | 446000 | 446 |
| Всього | | | | 936,85 |
| Амортизаційні відрахування на техніку, всього, тис. грн. | | | | 49,085 |
| Амортизаційні відрахування на будівлі та споруди, всього, тис. грн. | | | | 22,3 |

Джерело: складено за матеріалами [50]

Розрахунок амортизаційних відрахувань локального енергетичного кластеру

| Технологічна операція | Технологічна установка (агрегат) | Сума капітальних витрат, тис. грн. | Норма амортизації, %. | Сума амортизації, тис. грн. |
|---|---|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Закладання плантації та заготівля біомаси | Трактор МТЗ-892 | 507 | 5,0 | 25,35 |
| | Комбайн роторний причіпний «РОСЬ-2» | 189,5 | 5,0 | 9,48 |
| | Причеп 2ПТС-6 | 182 | 5,0 | 9,1 |
| | Навісний фронтальний стаціонарний навантажувач Dellif Light 1200 | 40 | 5,0 | 2,0 |
| Виробництво твердого біопалива (пелет) | Молоткова дробарка CHOPPER-600 | 52,7 | 10,0 | 5,27 |
| | Аеродинамічна сушарка СА-600 | 199,95 | 10,0 | 19,99 |
| | Пневматичний транспортер ПТ-360, ручний візок з ємністю для тирси на 1 куб. м | 19,8 | 10,0 | 1,98 |
| | Лінія гранулювання МЛГ-1500 МАХ | 218,4 | 10,0 | 21,84 |
| | Будівлі і споруди | 446 | 5,0 | 22,3 |
| | Всього: | 1855,35 | | 117,32 |

Джерело: власна розробка

Вихідні дані та розрахунок чистої теперішньої вартості (Net Present Value – NPV)

| Показник | Роки реалізації проекту | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Амортизація | 0,00 | 0,00 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 |
| Амортизація наростаючим підсумком | 0,00 | 0,00 | 482,43 | 964,86 | 1447,29 | 1929,71 | 2412,14 | 2894,57 | 3377,00 | 3859,43 | 4341,86 | |
| Чистий прибуток | 0,00 | 0,00 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 |
| Чистий прибуток наростаючим підсумком | 0,00 | 0,00 | 2563,32 | 5126,63 | 7689,95 | 10253,26 | 12816,58 | 15379,90 | 17943,21 | 20506,53 | 23069,85 | |
| Чистий (вихідний) грошовий потік наростаючим підсумком | 0,00 | 0,00 | 3045,74 | 6091,49 | 9137,23 | 12182,98 | 15228,72 | 18274,47 | 21320,21 | 24365,96 | 27411,70 | |
| Інвестиційний (вихідний) потік | -1396,02 | -6547,39 | -2313,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Інвестиційний (вихідний) потік наростаючим підсумком | -1396,02 | -7943,41 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 |
| Коефіцієнт дисконтування потоку та інвестицій (ставка 5%) | 1,05 | 1,10 | 1,16 | 1,22 | 1,28 | 1,34 | 1,41 | 1,48 | 1,55 | 1,63 | 1,71 | |
| Дисконтований чистий грошовий потік наростаючим підсумком | 0,00 | 0,00 | 2505,74 | 4772,84 | 6818,35 | 8658,22 | 10307,40 | 11779,89 | 13088,76 | 14246,27 | 15263,86 | |
| Дисконтований інвестиційний потік наростаючим підсумком | -1329,54 | -7565,16 | -9303,08 | -8860,08 | -8438,17 | -8036,35 | -7653,67 | -7289,21 | -6942,10 | -6611,53 | -6296,69 | |
| Поточна вартість проекту (NPV) | -1329,54 | -7565,16 | -6797,34 | -4087,24 | -1619,83 | 621,86 | 2653,73 | 4490,68 | 6146,66 | 7634,74 | 8967,17 | |

| | Роки реалізації проекту | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Амортизація | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 | 482,43 |
| Амортизація наростаючим підсумком | 4824,29 | 5306,72 | 5789,14 | 6271,57 | 6754,00 | 7236,43 | 7718,86 | 8201,29 | 8683,72 | 9166,14 |
| Чистий прибуток | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 | 2563,32 |
| Чистий прибуток наростаючим підсумком | 25633,16 | 28196,48 | 30759,79 | 33323,11 | 35886,43 | 38449,74 | 41013,06 | 43576,38 | 46139,69 | 48703,01 |
| Чистий (вхідний) грошовий потік наростаючим підсумком | 30457,45 | 33503,19 | 36548,94 | 39594,68 | 42640,43 | 45686,17 | 48731,92 | 51777,66 | 54823,41 | 57869,15 |
| Інвестиційний (вихідний) потік | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Інвестиційний (вихідний) потік наростаючим підсумком | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 | -10256,65 |
| Коефіцієнт дисконтування потоку та інвестицій (ставка 5%) | 1,80 | 1,89 | 1,98 | 2,08 | 2,18 | 2,29 | 2,41 | 2,53 | 2,65 | 2,79 |
| Дисконтований чистий грошовий потік наростаючим підсумком | 16152,24 | 16921,39 | 17580,66 | 18138,78 | 18603,88 | 18983,55 | 19284,87 | 19514,46 | 19678,44 | 19782,56 |
| Дисконтований інвестиційний потік наростаючим підсумком | -5996,85 | -5711,29 | -5439,32 | -5180,31 | -4933,62 | -4698,69 | -4474,94 | -4261,85 | -4058,90 | -3865,62 |
| Поточна вартість проекту (NPV) | 10155,38 | 11210,10 | 12141,34 | 12958,48 | 13670,25 | 14284,86 | 14809,93 | 15252,61 | 15619,54 | 15916,94 |

Джерело: власна розробка

ДОДАТОК Д

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Теоретико-прикладні аспекти декарбонізації та розвитку розподіленої електроенергетики України : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима ; авт. кол. : М. О. Кизим, В. Є. Хаустова, В. В. Шпілевський, Є. І. Котляров, Т. І. Салашенко, Є. М. Крячко, Є. С. Колбасін, Д. М. Костенко, О. В. Шпілевський, О. В. Лелюк, Г. В. Мілютін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. 344 с.

Особистий внесок: проведено оцінку та діагностику розвитку розподіленої електроенергетики в Україні. Оцінено напрями застосування твердого біопалива та визначено когенерацію як найбільш раціональну технологію застосування твердого біопалива для розвитку розподіленої енергетики.

2. Трансформація міжнародних економічних відносин в епоху глобалізації : кол. моногр. / за ред. А. П. Голікова, О. А. Довгаль ; авт. кол. Харків : Вид-во ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. 316 с.

Особистий внесок: проведено оцінку впливу глобалізації на розвиток енергетичного сектору країни в цілому та твердого біопалива зокрема.

3. Оцінка наслідків членства України у світовій організації торгівлі : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. Ю. Матюшенка ; авт. кол. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2014. 212 с.

Особистий внесок: визначено наслідки членства України у світовій організації торгівлі на розвиток ринку твердого біопалива в Україні.

Статті у наукових фахових виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних:

4. Костенко Д. М. Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик енергетичних плантацій та виробництва твердого палива з

біомаси енергетичних культур. *Бізнес Інформ*. 2020. № 11. С. 123–132. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-11-123-132 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, GoogleScholar та ін.*).

5. Кизим М. О., Лелюк О. В., Костенко Д. М. Оцінка і діагностика розвитку розподіленої енергетики в Україні. *Проблеми Економіки*. 2018. № 4 (38). С. 56–67 (включено до: *Ulrichsweb, Index Copernicus, DOAJ, ProQuest та ін.*).

Особистий внесок: проаналізовано вплив твердого біопалива на розвиток розподіленої енергетики в Україні.

6. Костенко Д. М. Аналіз ринку рідкого біопалива в Україні. *Моделювання регіональної економіки*. Збірник наукових праць. м. Івано-Франківськ: Плай. ISBN 966-640-157-6. 2017. № 2 (30). С. 334–348 (включено до: *Index Copernicus*).

7. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу виробництва біопалива в регіонах України. *Моделювання регіональної економіки*. ISBN 966-640-157-6. 2017. № 1 (29). С. 279-292 (включено до: *Index Copernicus*).

8. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Передові виробничі технології – ключ до якісної трансформації і зростання високотехнологічного експорту України до 2030 р. *Бізнес Інформ*. 2016. № 3, С.32–43 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, GoogleScholar та ін.*).

Особистий внесок: оцінено вплив розвитку виробництва когенераційного устаткування на основі сумісного використання органічного та твердого біопалива як напрямку зростання високотехнологічного експорту України.

9. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Оцінка потенціалу місцевих енергетичних ресурсів регіону. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія : Економічні науки. 2015. Вип. 14, Ч. 1. С. 100–103 (включено до: *Index Copernicus*).

Особистий внесок: удосконалено методичний підхід до оцінки енергетичного потенціалу регіону.

10. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Хаустова В. Є., Костенко Д. М., Козирева О. В., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Можливості і загрози від членства України в СОТ у зовнішній торгівлі продукцією високотехнологічних галузей в умовах співпраці з країнами ЄС і Митного союзу ЄврАзЕС. *Проблеми Економіки*. 2014. № 1. С. 7–26 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, ProQuest та ін.*).

Особистий внесок: визначено наслідки членства України у світовій організації торгівлі на розвиток ринку твердого біопалива в Україні та зовнішньої торгівлі твердим біопаливом з країнами ЄС і Митного союзу ЄврАзЕС.

11. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафти в Україні. *Проблеми Економіки*. 2012. № 4. С. 56–67 (включено до: *Index Copernicus, Ulrichsweb, DOAJ, REPEC, ProQuest, GoogleScholar та ін.*).

Особистий внесок: розроблено методичний підхід до аналізу енергетичних потоків палива.

12. Сапронов Ю. А., Костенко Д. М. Аналіз ринку нафтопродуктів в Україні. *Моделювання регіональної економіки*. 2012. № 2. С. 292–306. (включено до: *Index Copernicus*).

Особистий внесок: проаналізовано динаміку споживання та виробництва, а також особливості попиту та пропозиції на моторне паливо.

Статті у зарубіжних наукових фахових виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних:

13. Kostenko D. Concept of production and use of bioenergy crops in Ukraine. *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic. ISSN 3162-2364. 2021. № 64, VOL 3, P. 43–49. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-64-3-43-49.

Праці апробаційного характеру:

14. Костенко Д. М. Структурний аналіз енергетичного балансу твердого палива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Харків, 13 листоп. 2020 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2020. С. 308–313.

15. Костенко Д. М. Законодавче та нормативно-правове забезпечення стимулювання використання та виробництва біопалива в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Харків, 14 листоп. 2019 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2019. С. 392–395.

16. Антоненко С. В. Костенко Д. М. Потенціал місцевих енергетичних ресурсів // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 13 листоп. 2015 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2015. С. 318–322.

Особистий внесок: уточнено сутність поняття «енергетичний потенціал твердого біопалива».

17. Костенко Д. М. Оценка энергетического потенциала биомассы в областях Украины // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 22-23 травня. 2015 р.). Харків. 2015. С. 171–177.

18. Костенко Д. М. Ринок природного газу України: стан та перспективи // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 14-15 листоп. 2013 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2013. С. 308–312.

19. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Перспективи розвитку високотехнологічного сектору в умовах інтеграції України в ЄС і Митний Союз // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XVIII Междунар. Научн.-практ. конф. (м. Ялта, 30 верес. - 06 жовт. 2013 р.). Ялта : 2013. С. 175–183.

Особистий внесок: оцінено наслідки інтеграції України в ЄС або Митний союз на розвиток виробництва когенераційного устаткування з сумісним використання органічного та твердого біопалива.

20. Костенко Д. М. Зменшення енерго та газоємності ВВП України як крок до сталого соціально-економічного розвитку України // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики:

матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 23-24 травня. 2013 р.). Харків. 2013. С. 167–171.

21. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Україна на мировом рынke високотехнологической продукции // Актуальні проблеми міжнародних економічних відносин: матеріали VII наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Харків, 17 березня 2012 р.). Харків : : видавництво ХНУ ім.. В.Н. Каразіна. 2012. С. 222–226.

Особистий внесок: оцінено місце когенераційного устаткування для виробництва електричної та теплової енергії з сумісним використання органічного та твердого біопалива на світовому ринку високотехнологічної продукції.

ДОДАТОК Е

ДОВІДКИ ПРО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

НАЦІОНАЛЬНА
АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР

вул. Багалія, 8, м. Харків, 61002; код ЄДРПОУ 19467806
Тел. (057) - 7063042; 7063049; 7063052 Факс: (057)-7063042; 7063044
E-Mail: office.nesc@nas.gov.ua

№ 01-06/69

від "15" листопада 2020 р.

ДОВІДКА

про використання наукових результатів та окремих пропозицій
Костенка Дмитра Миколайовича, поданих в дисертації «Обґрунтування
економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних
культур в Україні» на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук

Виконані розробки в дисертаційному дослідженні на тему: «Обґрунтування
економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних
культур в Україні» та сформульовані у ньому пропозиції із використанням
провідного досвіду розвинених країн, використані Відділом проблем науково-
технічного і економічного прогресу регіону Північно-Східного наукового
центру НАН і МОН України в процесі підготовки науково-дослідних робіт та
проектів науково-технічного і економічного розвитку регіонів України.

Методичні та наукові положення, а також науково-практичні рекомендації, які
представлено в дисертаційній роботі мають цінний практичний доробок для
розробки проектів залучення твердого біопалива, виробленого з біомаси
енергетичних культур в енергетичні системи регіонів.

Завідувач відділу Проблем науково-технічного
і економічного прогресу регіону
Північно-Східного наукового центру
НАН і МОН України,
д.е.н., професор

П. Т. Бубенко

**ОБ'ЄДНАННЯ ПРОМИСЛОВЦІВ І ПІДПРИЄМЦІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ-
РЕГІОНАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ГРОМАДСЬКОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
«УКРАЇНСЬКИЙ СОЮЗ ПРОМИСЛОВЦІВ І ПІДПРИЄМЦІВ»**



Україна
61010, м. Харків
пр. Гагаріна, 12
тел. (057)731-14-25
E-mail: hrv.uspp@gmail.com

р/р 2600910036 в
ПАТ „Мегабанк”
МФО 351629
ЄДРПОУ35860492

ХРВ УСПП

Вих. № 339/12 .
Від 15.09.2020 р.

ДОВІДКА

**про використання результатів та окремих пропозицій
Костенка Дмитра Миколайовича, поданих в дисертації на здобуття
наукового ступеня кандидата економічних наук на тему:
"Обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого
біопалива з енергетичних культур в Україні"**

Представлені у дисертаційній роботі Костенка Д. М. "Обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні" науково-методичні розробки було вивчено і схвалено фахівцями Об'єднання промисловців і підприємців Харківської області як інструменти стимулювання розвитку підприємництва в об'єднаних територіальних громадах.

Зокрема, сформульовані науково-аналітичні матеріали «Економічна доцільність створення енергетичної плантації і виробництва твердого біопалива в об'єднаній територіальній громаді» мають велике значення для соціально-економічного розвитку та енергетичної незалежності об'єднаних територіальних громад Харківської області та забезпечення позитивної динаміки регіонального ринку, що сприятиме підвищенню ділової активності суб'єктів малого і середнього підприємництва.

Довідка видана без фінансових зобов'язань перед автором.

З повагою,

**Виконавчий директор ОПП в
Харківській області – регіонального
відділення ВГО УСПП**

Вик. Локтіонова О.І. т. 731-14-25



Набока .Е.Є.

ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
ЄДИНИЙ НАУКОВО-
ПРОМИСЛОВИЙ СОЮЗ
ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД
ХАРКІВЩИНИ

Вул. Академіка Павлова, 134/16, кв. 79
м. Харків, 61170
Тел.: +38 (067) 499-19-73
E-mail: souzgromad@ukr.net

NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATION
THE SINGLE SCIENTIFIC AND
INDUSTRIAL UNION OF
TERRITORIAL COMMUNITIES OF
KHARKIV REGION

134/16, apt. 79 Akademika Pavlova St, Kharkiv,
61170, Ukraine
Phone: +38 (067) 499-19-73
E-mail: souzgromad@ukr.net

Вих. № 221/3

Від 10.11.20р.

До Спеціалізованої
Вченої Ради Д 64.251.01
«Науково-дослідного центру
індустріальних проблем розвитку
НАН України»

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Костенка Дмитра Миколайовича

Довідка видана здобувачу на ступінь кандидата економічних наук Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України Костенку Дмитру Миколайовичу про те, що отриманні результати, висновки та практичні рекомендації дисертаційного дослідження на тему "Обґрунтування економічної доцільності виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні" було вивчено і використано фахівцями Громадської організації «Єдиний науково-промисловий союз територіальних громад Харківщини» у процесі стратегічного планування розвитку територіальних громад Харківщини.

Зокрема, розроблені системи вартісних нормативів, техніко-економічної характеристики та економічної доцільності закладання енергетичних плантацій та виробництва твердого біопалива з біомаси енергетичних культур мають велике значення для соціально-економічного розвитку територіальних громад Харківщини, за рахунок реалізації проектів заміщення традиційних енергетичних ресурсів твердим біопаливом, виробленим з біомаси енергетичних культур власного виробництва.

Довідка видана без фінансових зобов'язань перед автором.

Уповноважена особа
Громадської організації
«Єдиний науково-промисловий союз
територіальних громад Харківщини»



Ф. Ф. Белов