

5. *Потапчик О. О. Управління якістю послуг житлово-комунального господарства України : дис. ... канд. економ. наук : 08.00.03 / Потапчик Ольга Олександрівна. Красноармійськ, 2015. 236 с*

6. *Крикавський Є.В., Костюк О.С., Шандрівська О.Є. Відповідальне поводження з твердими побутовими відходами: парадигми та контрарверсії. Вісник НУ "Львівська політехніка". Логістика. 2017. № 863. С. 101-109.*

7. *Надання послуг з вивезення побутових відходів (операції поводження з побутовими відходами – збирання, зберігання, перевезення). Критерії та методи оцінки якості (СОУ ЖКГ 08.09-020:2012) : СОУ ЖКГ 08.09-020:2012. – [Чинний від 01-07-2013]. – К. : ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2012. – XII, 12 с..*

8. *Стратегія управління відходами у Закарпатській області до 2030 року. Ужгород. 2019 - 99с.*

9. *Рилєєв С. В. Індикатори якості послуг комунальних підприємств щодо поводження з твердими побутовими відходами. Економіка міста та урбаністика [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 23 берез. 2018 р., м. Київ / ДВНЗ «КНЕУ ім. Вадима Гетьмана» ; [редкол.: Б. М. Данилишин (відп. ред.) та ін.]. Київ : КНЕУ, 2018. – С. 98–102.*

10. *Управління твердими побутовими відходами в умовах реформування місцевого самоврядування та розвитку міжмуніципального співробітництва: Навчально-практичний посібник / За заг. редакцією Толкованова В.В., Ілляш О.Е., Журавля Т.В., Голіка Ю.С. – Київ, 2018. – 393 с.*

11. *Хандогіна О.В. Аналіз системи управління та поводження з твердими побутовими відходами у населених пунктах. Комунальне господарство міст. 2018. Вип. 140. С.11-18.*

4.6. Стан та перспективи енергетичного використання агробіомаси з урахуванням кліматичних змін

Удова Л.О.,

*кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник відділу форм і
методів господарювання в агропродовольчому комплексі,*

Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

Аграрний сектор України виступає важливою складовою національної економіки, яка визначає соціально-економічний стан суспільства та продовольчу безпеку держави. Даний сектор зазнав суттєвих втрат унаслідок повномасштабних воєнних дій РФ проти України, що розпочалися у 2022 р. Перед аграрним сектором постало багато викликів: окупація територій, ризики посівної компанії, руйнування інфраструктури, проблеми з логістикою,

цілеспрямовані обстріли сільськогосподарської техніки, дефіцит робочої сили (за рахунок внутрішньої міграції населення), нерозірвані снаряди та заміновані поля. Під час бойових дій, чимала кількість сільськогосподарських підприємств призупинила свою діяльність зазнавши значних руйнувань, окремі вимушені були евакуювати працівників та деякі потужності в більш безпечні місця.

Зважаючи на те, що Україна є одним зі світових лідерів у експорті зернових та олійних культур, вторгнення РФ спричинило значний вплив на сільське господарство та продовольчу безпеку в усьому світі. У довоєнний період майже 400 млн людей у світі були забезпечені продуктами харчування та продукцією сільськогосподарського виробництва за рахунок експортування їх з України на світовий ринок. За даними United States Department of Agriculture (USDA), до війни Україна забезпечувала 46% світового експорту соняшникової олії, 9% експорту пшениці, 17% ячменю та 12% кукурудзи на міжнародних ринках [1].

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваної енергетики, враховуючи високу залежність країни від імпортованих джерел енергії та великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Наразі розвиток відновлюваної енергетики є одним із основних шляхів вирішення проблем, пов'язаних із нестабільністю постачання та заміщення викопних енергетичних ресурсів. Сфера біоенергетики в Україні має великий потенціал розвитку, це пов'язано з особливостями клімату, потенціалом аграрного сектору та наявністю необхідної робочої сили.

Основними драйверами розвитку біоенергетики вважаються: сільськогосподарське та агропромислове виробництво; енергетична залежність від імпорту та постійно зростаючі ціни на природний газ; необхідність модернізації та підвищення енергоефективності застарілої інфраструктури електро та теплоенергетики; цілі ЄС щодо сталого розвитку та енергозбереження (зростаючий попит на біопаливо з України); стимули для вироблення електроенергії та тепла із сільськогосподарських залишків [2].

Відповідно до трактування, що наведено в директиві Європарламенту та Ради Європи 2009/28/ЕС, біомаса це частина продуктів, яка підлягає біологічному розкладенню, відходи та залишки біологічного походження, що отримуються з сільського господарства (продуктів рослинного та тваринного походження), лісового господарства та інших суміжних галузей, а також деякі промислові та міські відходи, які підлягають біологічному розкладенню [3]. Закон України "Про альтернативні види палива" визначає біомасу як невикопну біологічно відновлювану речовину органічного походження, здатну 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 складову промислових або побутових відходів, здатну до біологічного розкладу [4].

Найбільший енергетичний потенціал біомаси в Україні мають відходи та сільськогосподарські залишки (первинні – утворюються в полі під час збирання врожаю, вторинні – утворюються на підприємствах при переробці сільськогосподарських культур, гною) й енергетичні культури (для отримання твердого біопалива та біогазу), які складають агробіомасу. При цьому найбільша частка потенціалу сільськогосподарських відходів припадає на соломку зернових культур та побічні продукти/відходи виробництва зерна кукурудзи [5].

За підрахунками Біоенергетичної асоціації України, у 2021 р. потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, склав понад 26 млн тонн нафтового еквівалента, що становить 30% від загального постачання первинної енергії Україні в 2020 р. Вагому частку в енергетичному потенціалі складають сільськогосподарські залишки – 42% від загального обсягу; внесок біогазу, отриманого з різних видів сировини (відходи та побічні продукти сільськогосподарської діяльності, промислові та комунальні стічні води, тверді побутові відходи) – 31%; деревної біомаси та енергетичних рослин (на тверде паливо) відносно невеликий – по 10%; рідкого біопалива – 7% [6]. Біомаса вважається одним із основних відновлюваних джерел енергії, що заміщує викопне паливо та зменшує викиди парникових газів у контексті цілей Паризької угоди. Біомаса – це джерело відновлюваної енергії на основі вуглецю, що утворюється при спалюванні рослинних матеріалів.

Хоча частка агробіомаси в загальному енергетичному потенціалі біомаси України становить до 80%, її практичне використання (крім лушпиння соняшнику) залишається вкрай недостатнім для досягнення національних цілей в сферах енергетики та клімату. При цьому доволі обмежений енергетичний потенціал деревної біомаси (у 2021 р. 2,7 млн т нафтового еквіваленту) реалізується майже повністю [6]. Отже, необхідно суттєво міняти структуру використання потенціалу біомаси в Україні, надаючи перевагу сільськогосподарським залишкам і енергетичним культурам. Це відповідає тенденціям, закладеним в Європейській зеленій курс і поглядам вітчизняних експертів на майбутнє біоенергетики [7; 8].

Також внесок агробіомаси суттєво необхідний для досягнення мети зазначеної у Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання [9], тобто збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії до 40% у 2035 році. Зростання агробіомаси

впливає на біорізноманіття, запаси вуглецю, якість ґрунтів та повітря. Використання енергії рослин, харчових відходів та промислових відходів є екологічно чистим рішенням.

Україна, формуючи значні запаси целюлозовмісної сировини у вигляді пшеничної соломи, стебла кукурудзи тощо, має перевагу перед іншими країнами-експортерами біопалива. На кінець грудня 2023 р. Україна збрала 58 млн тонн зерна [10], при цьому на 1 тону припадає 0,5 тонн соломи. Отже, із наявних 29 млн тонн потрібно 5,5 тонн соломи для виробництва 1 тонни біопалива 2G (біопаливо другого покоління). Цієї кількості сировини вистачає на постачання 5 млн тонн біопалива 2G.

В Україні щорічно утворюється близько 9,4 млн тонн відходів сільськогосподарських культур, з яких 37% (3,4 млн тонн) може бути використано в енергетичному секторі. За розрахунками Біоенергетичної асоціації України, щорічний потенціал заміщення природного газу з відходів сільського господарства становить 9,3 млрд м³ [11].

Одним із напрямків використання агробіомаси є виробництво паливних брикетів та гранул (твердого біопалива). З економічної точки зору виробництво брикетів з біомаси є більш привабливим, ніж виробництво гранул, оскільки інвестиції у лінію брикетування та експлуатаційні витрати є значно нижчими у порівнянні з лінією гранулювання аналогічної продуктивності.

В Україні є значний потенціал для вирощування енергетичних культур – швидко зростаючих багаторічних кущів і спеціальних однорічних рослин з високим вмістом сухої маси для використання її як палива (урожайність до 15–25 т/га за рік). Здебільшого енергетичні рослини забезпечують урожай не один рік, мінімальні терміни окупності інвестицій в типові проекти сягають 2-4 роки. Перевагою є те, що збирати урожай з однієї плантації можна мінімум 25 років, витрачаючись лише на сам цей збір, бо ці культури не потребують додаткових затрат на досушування, а склади для її зберігання не потребують особливих вимог. На сьогодні відомо близько 20 видів швидкокорослих рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси – евкаліпт, тополь, верба, світчграс, міскантус та інші [12].

За експертними оцінками, площа незадіяних сільськогосподарських земель в Україні становить до 4 млн га та ще понад 5 млн га є непридатними для аграрного виробництва через забруднення, мінування та інші причини, пов'язані з наслідками ведення бойових дій.

Вирощування енергетичних культур на деградованих землях є оптимальним рішенням, яке дозволить одночасно отримувати прибуток від малопродуктивних земель і поступово відновлювати їх родючість без

додаткових бюджетних витрат. Вирощування багаторічних енергетичних культур протягом 20 років на таких землях сприятиме захисту ґрунтів від різних видів ерозії; поліпшить біологічне різноманіття та мікроклімат; сприятиме накопиченню органічних речовин і гумусу, а також розвитку ґрунтової фауни; мінімізує використання гербіцидів, пестицидів і мінеральних добрив, а також може використовуватися для зменшення забруднення води під час обробки стічних вод і звалищ [2].

Вирощування багаторічних енергетичних культур є ще одним варіантом забезпечення споживачів твердого біопалива сировиною. Це шлях до швидшої декарбонізації виробництва енергії, скорочення викидів парникових газів і досягнення енергетичної незалежності України.

Внесок біоенергетики до валового кінцевого споживання енергії в ЄС-28 складає понад 10%, що становить майже 60% загального внеску всіх відновлюваних джерел енергії. Щодо структури споживання біомаси, майже 70% загального обсягу – це деревна біомаса, 20% припадає на агробіомасу (сільськогосподарські залишки і енергетичні рослини) [13]. Більше половини всього обсягу біомаси використовується для виробництва теплової енергії.

У Європі зберігається тенденція щодо збільшення обсягів виробництва енергії з агробіомаси. За оцінками європейських спеціалістів, до 2050 р. потенціал сільськогосподарських залишків становитиме 45-67 млн. т н.е./рік, що може забезпечити 31-46,5% поточного обсягу споживання біомаси для енергетичних потреб в ЄС-28, а перспективний потенціал енергетичних культур – 79-377 млн. т н.е./рік [14].

У ЄС набуває активного поширення виробництво біопалива фермерами, які частину врожаю олійних культур використовують на виготовлення біодизелю для власних потреб. Також набуло поширення використання відходів сільського господарства для виробництва твердого (пелети, брикети, гранули) та газоподібного (біогаз) палива.

Одним з важливих шляхів доповнення та часткової заміни традиційних видів палива, а також для запобігання викидів парникових газів в атмосферу, є отримання й використання біогазу. Основними характеристиками біогазу як енергетичного ресурсу є вміст метану та його теплотворна здатність. В Україні перелік сировини, що використовується для виробництва біогазу, обмежений 5 основними видами, а саме [15]: гній свиней, гній великої рогатої худоби (ВРХ), курячий послід, жом цукрових буряків і кукурудзяний силос. За даними Біоенергетичної асоціації України, загальне споживання цих видів сировини становить близько 97% у свіжій масі, а загальна частка виробленого з них

біогазу – близько 92%. Найбільший обсяг біогазу на сьогодні виробляється з жому цукрових буряків (39,8%) та кукурудзяного силосу (38,4%).

На кінець 2021 р. в аграрному секторі України функціонувало 40 біогазових установок, які загалом виробляють близько 180 млн м³ біогазу [16]. На переважній більшості цих станцій біогаз використовується для комбінованого виробництва тепла та електроенергії в когенераційних установках. Україна має найбільшу в Європі площу сільськогосподарських угідь, і відповідно, один з найкращих у світі потенціал аграрної сировини для виробництва біометану. Біометан – найдешевший із можливих відновлюваних газів. Сировиною для виробництва біометану може бути гній худоби (ВРХ/молочні ферми, свиноферми, птахофабрики); пожнивні залишки сільськогосподарських культур; енергетичні культури; покривні культури (зелені добрива); рослинність луків (природні луки, які не використовуються для ведення сільського господарства та не входять до природно-заповідного фонду).

Для виробництва 1 млн м³ біометану на рік необхідно гній від 3600 гол. ВРХ, або 13500 гол. свиней, або 250 тис. гол. птиці, або зібрати з 250 га силосу кукурудзи, або 1700 га соломи пшениці, або 1350 га стебел кукурудзи, або 400 га озимого жита (як покривна культура). Структура сільськогосподарських підприємств сприятлива для виробництва біометану (велика частка крупних і середніх підприємств з високою концентрацією біомаси в одному місці) [6]. Регіональний розподіл потенціалу виробництва біометану по Україні нерівномірний – найбільше центральні області – Вінницька Київська, Черкаська, Полтавська, Хмельницька, Дніпропетровська області.

Виробництво біометану створює для українських аграріїв новий вид бізнесу, який практично не залежить від логістики, проблеми з якою не дають можливості їм зараз ефективно експортувати зерно та інші види сільськогосподарської продукції.

Біометанові заводи, окрім біометану, генерують дигестат, який може стати основним органічним добривом для відродження українських ґрунтів. Під час процесу анаеробного зброджування виробляється біогаз разом із цінним залишковим продуктом – дигестатом. У той час як частина органічних сполук початкової сировини утворює біогаз, мінеральна частина майже повністю залишається в дигестаті, що потенційно робить його корисним органічно-мінеральним добривом. Дигестат може замінити синтетичні добрива, що дозволяє уникнути дорогого та енергоємного процесу їх виробництва.

Отже, аграрний сектор України має достатній потенціал для підвищення енергоефективності та переходу на відновлювані джерела енергії задля

забезпечення не лише енергетичної незалежності галузі, а й країни в цілому. Біоенергетика – галузь відновлюваної енергетики, що відіграє вагомую роль у заміщенні викопних палив та скороченні викидів парникових газів. Біомаса є одним з найперспективніших відновлюваних джерел енергії, що надходить з вуглецевмісних органічних матеріалів рослинного або тваринного походження (деревина, сільськогосподарські залишки, гній, енергетичні культури та органічна частина твердих відходів). Агропродовольчий комплекс може перейти на самозабезпечення енергетичними ресурсами власного виробництва, збільшивши при цьому виробництво біомаси, як сировини для виробництва альтернативних видів палива.

Важливою умовою сталого розвитку є широке використання відновлюваних джерел енергії, головною перевагою яких є їх невичерпність та екологічність. Розвиток біоенергетики у даному аспекті є перспективним – використання біомаси в енергетичних цілях зменшує негативний вплив виробничої діяльності на навколишнє середовище, сприяє економічному розвитку регіону, зберігає біорізноманіття та забезпечує доступні й недорогі джерела енергії. Біоенергетика і в майбутньому залишатиметься ключовим сектором відновлюваної енергетики України. Розвиток і впровадження біоенергетичних технологій робить значний внесок у декарбонізацію енергетики, допомагає виконанню міжнародних зобов'язань країни зі скорочення викидів парникових газів згідно з Паризькою кліматичною угодою 2015 р., сприяє реалізації «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р., забезпечує додатковий дохід для фермерів: біоенергетичні проекти передбачають постійне придбання біомаси у фермерів та сільськогосподарських виробників за привабливою ціною. Україна має значний потенціал сільськогосподарських відходів та енергетичних установок, реалізація якого може значно скоротити споживання викопного палива та підвищити енергетичну безпеку країни.

Виробництво теплової енергії з агробіомаси має значні перспективи розвитку в Україні, що пов'язано з великим потенціалом цього енергетичного ресурсу і поки низьким рівнем його практичного застосування. Для подальшого розвитку сектору біоенергетики потрібно суттєво міняти структуру використання вітчизняного потенціалу біомаси, надаючи перевагу сільськогосподарським залишкам і енергетичним рослинам, що відповідає вимогам Європейського Зеленого курсу.

Європейський досвід та приклад розвинених країн свідчать, що біоенергетика, заснована на використанні сільськогосподарської біомаси, є одним із пріоритетів розвитку енергетики та робить важливий внесок у підвищення надійності та безпеки енергопостачання та покращення навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. *Measuring War's Effect on a Global Breadbasket* (2022). URL: <https://earthobservatory.nasa.gov>.
2. UNECE (2023). *Designing a carbon-neutral energy system of Ukraine: increasing the use of biofuels and biomass in Ukraine*. URL: <https://unece.org/>.
3. Директива Європейського парламенту та ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС. URL: http://sae.gov.ua/documents/dyrektyva_2009_28.
4. Про альтернативні види рідкого та газоподібного палива: Закон України від 14 січня 2000 р. № 1391-14. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 12. С. 94.
5. *Exproconsulting* (2021). *NEURC predicts an increase in the cost of electricity produced from renewable energy sources in 2021 by 24% - up to UAH 51 billion*. URL: <http://surl.li/trpyl>
6. UABIO (2023). *Lecture materials of Block 4 "General issues of the development of the bioenergy sector"*. Project EBRD /GEF. URL: <https://uabio.org/>.
7. Geletukha, G., Zheliezna, T., Drahnev, S. & Bashtovyi, A. (2020). *Potential and prospects for using agribiomass for energy in Ukraine. Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 1. Vol. 42. 42-51. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.5>.
8. Zheliezna, T. (2021). *European Green Deal and new opportunities for the development of renewable energy. Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 1. Vol. 43. 75-81. (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.9>.
9. *Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання* (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
10. MINAGRO (2023). *Ukraine has harvested almost 78 million tonnes of new crops as of 8 December*. URL: <https://minagro.gov.ua/news/>.
11. *GrowHow* (2022). *Ukraine does not use its potential for growing bioenergy crops*. URL: <https://www.growhow.in.ua/>.
12. *Energy crops*. (2018). URL: <https://www.salix-energy.com>.
13. *Bioenergy in Europe. ETIP Bioenergy, 2020*. URL: <http://surl.li/trpys>
14. A.P.C. Faaij (2018). *Securing sustainable resource availability of biomass for energy applications in Europe; review of recent literature*. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/48c6/62527d3a7a7ea491d531472dc63a1ae76efb.pdf>; *Biomass supply. Statistical Report by Bioenergy Europe, 2019*. URL: https://bioenergyeurope.org/index.php?option=com_content&view=article&id=178.
15. UABIO (2022). *Analytical note on the prospects of biomethane production in Ukraine*. URL: <http://surl.li/swzlv>
16. *Statistical report of the European Business Association* (2022). URL: https://www.europeanbiogas.eu/__trashed-3/.