

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN THE CONTEXT OF THE “GREEN” ECONOMY DEVELOPMENT

Materials of the 4th International round-table session

Kamianets-Podilskyi, 2025

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Навчально-наукова лабораторія «DAK GPS»

Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

Краківський сільськогосподарський університет ім. Х. Колонтая

Варшавський університет природничих наук – SGGW

Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ

“ЗЕЛЕНОЇ” ЕКОНОМІКИ

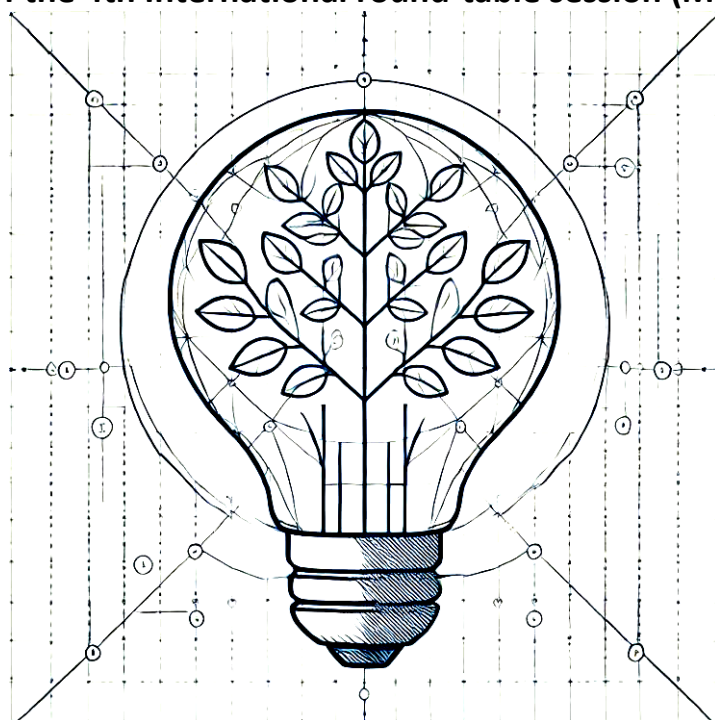
Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27 травня 2025)

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

IN THE CONTEXT OF THE

“GREEN” ECONOMY DEVELOPMENT

Materials of the 4th International round-table session (May 27, 2025)



Кам'янець-Подільський – 2025

УДК 620.91:330.34

Б 98

*Рекомендовано до опублікування вченою радою Закладу вищої освіти
«Подільський державний університет»
(протокол № 7 від 27 червня 2025 року)*

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Malak-Rawlikowska A., Doctor Habilitated, Professor. Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Warsaw, Poland.

Чикуркова А.Д., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування, заклад вищої освіти «Подільський державний університет».

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Івановська А.М., доктор юридичних наук, професор, в.о. ректора закладу вищої освіти «Подільський державний університет»;

Mudryk K., Doctor Habilitated, Professor. University of Agriculture in Krakow, Poland (Сільськогосподарський університет ім.Х.Колонтия в Кракові, Республіка Польща);

Głowacki S., Doctor Habilitated, Professor. Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Warsaw, Poland (Варшавський університет природничих наук – SGGW, Республіка Польща);

Hutsol T., *Dr. Sci. (Engin.), Professor. Ukrainian university in Europe, Krakow, Poland* (Український університет в Європі, Краків, Республіка Польща);

Гелетуха Г.Г., доктор технічних наук, Голова правління Громадської спілки «Біоенергетична асоціація України», член Правління Європейської біоенергетичної асоціації;

Бялковська О.А., доктор економічних наук, професор, ЗВО «Подільський державний університет»;

Мальченко О.В., директор Кам'янець-Подільського фахового коледжу будівництва архітектури та дизайну;

Кучер О.В., кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту ЗВО «Подільський державний університет»;

Єрмаков С.В., завідувач навчально-наукової лабораторії «DAK GPS», ЗВО «Подільський державний університет».

Б 98 Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки: матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27 травня 2025 р.). Кам’янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 116 с.

Збірник містить матеріали наукових досліджень у сфері альтернативної енергетики та «зеленої» економіки, які були підготовлені до проведення 4-го міжнародного круглого столу «Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки» (м. Кам’янець-Подільський, 27 травня 2025 р.). У публікаціях розглядаються питання виробництва та використання біогазу і біометану, потенціалу агробіомаси, торефікації та теплотехнічної обробки біосировини, прогнозування енерговиробництва, утилізації відходів, а також соціально-економічні аспекти впровадження відновлюваних джерел енергії в умовах сталого розвитку.

Відповідальність за зміст і достовірність публікації несуть автори. Точки зору авторів публікацій можуть не співпадати з точкою зору редколегії збірника.

УДК 620.91:330.34

© Колектив авторів, 2025

© Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2025

ЗМІСТ

	Стор.
<i>ROZKOSZ Anna, YERMAKOV Serhii</i> LABORATORIUM TORYFIKACJI W KAMIEŃCU PODOLSKIM JAKO KLUCZOWE MIEJSCE NA MAPIE DEKARBONIZACJI W EUROPIE	8
<i>HUTSOL Oleksandra, MUDRYK Krzysztof</i> POTENCJAŁ PALIW RDF/SRF W KONTEKŚCIE GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM	11
<i>CHAIKOVSKYI O.V.</i> RURAL TOURISM AS A PLATFORM FOR THE IMPLEMENTATION AND POPULARIZATION OF BIOENERGY AND BIOECONOMY	16
<i>HUTSOL Taras, KUKHARETS Savelii, GŁOWACKI Szymon</i> ГАЗИФІКАЦІЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕРОБКИ БІОМАСИ ГІБРИДНОЇ ВЕРБИ	19
<i>ЄРМАКОВ Сергій</i> ТОРЕФІКАЦІЯ ЯК ДІЄВИЙ АСПЕКТ ПІДГОТОВКИ БІОМАСИ СТРИЖНІВ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ ДО СПАЛЮВАННЯ	21
<i>КОРЖЕНІВСЬКИЙ О.А.</i> КАЛОРИМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ БІОПАЛИВА: ХІМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ	26
<i>БЯЛКОВСЬКА Оксана</i> СТАН, ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ	28
<i>КУЧЕР Олег</i> СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОГАЗУ В КРАЇНАХ ЄС	31
<i>ПУСТОВА З.В., ПУСТОВА Н.В.</i> МІЦЕЛІАЛЬНІ ГРИБИ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	34

ПЕЧЕНЮК Андрій

СУПЕРЕЧНОСТІ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В
КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 38

КОРЖЕНІВСЬКА Н.Л., ПОНОМАРЕНКО Є.О.

РЕГУЛЮВАННЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕМЕНТІВ
МЕХАНІЗМУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ 41

ВІЛЬЧИНСЬКА Дарія

ЕНЕРГІЯ БІОМАСИ ЯК СКЛАДОВА “ЗЕЛЕНОГО” ЕНЕРГЕТИЧНОГО
ПЕРЕХОДУ УКРАЇНИ 45

МАЛЬЧЕНКО Ольга, ЄРМАКОВ Сергій

РОЛЬ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ПРАКТИКИ В АРХІТЕКТУРІ І БУДІВНИЦТВІ 49

МАРЧУК Елла, СОЛОВЕЙ Оксана

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В
ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД 52

СВІНЦІЦЬКИЙ Юрій, ЄРМАКОВ Сергій

ІНТЕГРАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ У ПРОЄКТУВАННЯ
УРБАНІСТИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА 56

КРАЧАН Т.М., КОРЖЕНІВСЬКИЙ О.А.

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У ПРОЦЕСІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ
РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ 59

ОВЧАРУК О.В., ОВЧАРУК В.І., ЗАГОРОДНИЙ В.В., БАРДАР Д.А.

ПРИДАТНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БІОМАСИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО ПАЛИВА 62

КОБЕРНЮК Олена

БІОЕТАНОЛ ІЗ СОРГО ЦУКРОВОГО ЯК ЕЛЕМЕНТ
АГРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ УКРАЇНИ 65

ФУГЕЛО П. М., САВІЦЬКА С.І.

ЕНЕРГЕТИЧНІ КООПЕРАТИВИ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ МІСЦЕВИХ ГРОМАД 68

СТАВРУК Павло, ГОРБОВИЙ Олег

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР МЕТОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МОЛОЧНОГО ЦЕХУ 71

ЄРМАКОВ Сергій, ОЛЕКСІЙКО Сергій

ТЕХНІЧНИЙ РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНИХ САДЖАЛОК ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ 75

КРИЖАНІВСЬКИЙ В.В.

ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ З САНІТАРНОЇ РУБКИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА 78

ВІЛЬЧИНСЬКА Дарія

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ 82

ГРИНЬКО Олександр, СЕРГІЄНКО Владислав

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ У ПРОГРАМУ ЕКОНОМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ 87

ПОТАПСЬКИЙ Павло

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК КОМПОНЕНТ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ 91

САКАЛА Максим, ГОРБОВИЙ Олег

ВИВЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ 94

Юлія САМОЙЛИК, Роман ГОРОБЕЦЬ, Микола СВИСТУН

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ: ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ 98

ЄРМАКОВ Сергій

АМБІТНІ ІДЕЇ ТА ПРОФЕСІЙНІ ДІАЛОГИ ПІД ЧАС 4-ГО МІЖНАРОДНОГО КРУГЛОГО СТОЛУ «АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ» 102

Додаток А. Програма 4-го Міжнародного круглого столу

«АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ» 112

Anna ROZKOSZ

prezes Green Qualia (dawniej DAK GPS) (Warszawa, Polska)

Serhii YERMAKOV

*kierownik naukowo-dydaktycznego laboratorium „DAK GPS”,
Państwowy Uniwersytet Podolski (Kamieniec Podolski, Ukraina)*

LABORATORIUM TORYFIKACJI W KAMIEŃCU PODOLSKIM JAKO KLUCZOWE MIEJSCE NA MAPIE DEKARBONIZACJI W EUROPIE

Poszukiwanie stabilnych i neutralnych węglowo źródeł energii jest dziś jednym z kluczowych priorytetów Unii Europejskiej oraz jej sąsiadów, w tym Ukrainy. W tym kontekście biomasa jawi się jako istotny element transformacji energetycznej, szczególnie w krajach rolniczych, dysponujących znacznym potencjałem odpadów rolnych. Surowa biomasa napotyka jednak na wiele ograniczeń: wysoka wilgotność, niska gęstość energetyczna oraz trudności w magazynowaniu i transporcie. Przewyciężenie tych barier umożliwia toryfikacja – proces umiarkowanej obróbki termicznej, który nadaje biomasie cechy stabilnego paliwa stałego, porównywalnego do węgla brunatnego.

W krajach UE, w tym w Polsce, toryfikat zyskuje coraz większe znaczenie jako niskoemisyjna alternatywa dla paliw kopalnych w sektorze ciepłowniczym, przemyśle i energetyce. Dzięki swoim właściwościom fizykochemicznym spełnia rygorystyczne normy środowiskowe i jest dopuszczony do użytkowania jako czyste paliwo stałe. Podejście to pozwala nie tylko ograniczyć emisje, lecz także tworzyć lokalne rynki zbytu dla odpadów rolnych, które dotychczas nie były wykorzystywane w celach energetycznych.

Ukraina, podobnie jak UE, staje przed wyzwaniem redukcji emisji oraz uniezależnienia się od paliw kopalnych. Potencjał agrobiomasy w kraju przekracza 30 mln ton ekwiwalentu paliwa rocznie, jednak jego skuteczne wykorzystanie ograniczają niska jakość surowca, wysokie koszty logistyki oraz brak ugruntowanych rozwiązań technologicznych. Toryfikacja, jako metoda obróbki biomasy w temperaturze 200–300°C w warunkach beztlenowych, znacząco poprawia właściwości paliwowe biomasy, czyniąc ją stabilnym i łatwym w transporcie surowcem. Technologia ta zyskuje strategiczne znaczenie nie tylko dla procesu dekarbonizacji, lecz także dla dywersyfikacji źródeł energii w regionie.

W 2018 roku zainicjowano współpracę pomiędzy polską firmą inżynierską DAK GPS a Państwowym Uniwersytetem Podolskim, której efektem było przekazanie uczelni eksperymentalnej instalacji do toryfikacji biomasy. Działanie to stało się podstawą do utworzenia pełnoprawnego laboratorium oraz nowego kierunku badawczego ukierunkowanego na analizę procesu toryfikacji agrobiomasy w warunkach ukraińskich. Przekazanie instalacji symbolizowało nie tylko wsparcie techniczne, ale również kontynuację idei naukowej i jej rozwój w środowisku akademickim. Laboratorium stało się platformą nie tylko do prowadzenia badań, lecz także do realizacji programów dydaktycznych, kształcenia specjalistów i tworzenia projektów aplikacyjnych.



Rys. 1. Uroczyste otwarcie laboratorium „DAK GPS” – 2 września 2018 roku

W murach laboratorium przeprowadzono szereg badań dotyczących określenia parametrów jakościowych różnych rodzajów biomasy, z uwzględnieniem ich właściwości fizykochemicznych oraz reakcji na proces toryfikacji. Przetworzono ponad trzydzieści próbek biomasy, obejmujących zarówno odpady rolnicze, jak i rośliny energetyczne, dla których określono optymalne warunki procesu – w tym temperaturę, czas ekspozycji oraz poziom ubytku masy i uzyskaną wartość opałową. Wyniki tych prac zaowocowały serią publikacji naukowych, w tym kilkudziesięcioma artykułami opublikowanymi w czasopismach indeksowanych w międzynarodowych

bazach naukometrycznych. Laboratorium aktywnie uczestniczyło również w przygotowaniu i realizacji projektów badawczo-rozwojowych, zarówno w ramach inicjatyw krajowych, jak i międzynarodowych, co potwierdza jego rosnącą rolę w obszarze nauki stosowanej oraz transferu technologii.



Rys. 2. Instalacja do toryfikacji „DAK GPS”

Wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły zasadność stosowania toryfikacji jako sposobu zwiększenia wartości opałowej biomasy do poziomu porównywalnego z węglem kamiennym, przy jednoczesnym zmniejszeniu wilgotności i zwiększeniu hydrofobowości. To znacząco poprawia właściwości logistyczne i magazynowe paliwa. Właściwości te otwierają możliwość nie tylko lokalnego wykorzystania toryfikatu, ale także jego eksportu – szczególnie na rynek europejski, gdzie zapotrzebowanie na czyste paliwa stale stale rośnie.

Według danych na rok 2023, produkcja toryfikatu w Europie wynosi około 300–400 tys. ton rocznie, a według prognoz może przekroczyć 2 mln ton rocznie do 2030 roku. Najwięksi producenci to Holandia, Polska, Szwecja i Francja. Polska prowadzi spójną politykę państwową wspierającą technologie obróbki termicznej biomasy. W miastach o wysokim poziomie zanieczyszczenia powietrza, takich jak Kraków i inne rejony Małopolski, toryfikat jest dozwolonym paliwem dla indywidualnych systemów grzewczych. W warunkach, gdzie tradycyjne paliwa stale są zakazane, pełni on funkcję kompromisowego, lecz zgodnego z normami środowiskowymi nośnika energii. W

2022 roku całkowite zużycie biomasy w Polsce osiągnęło 364 tys. TJ, a biomasa odpowiadała za ok. 70% udziału w strukturze odnawialnych źródeł energii w kraju. Toryfikacja staje się więc naturalnym rozszerzeniem zrównoważonego systemu bioenergetycznego.

Dla Ukrainy technologia ta otwiera możliwości wdrożenia w regionach rolniczych, a także w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego i przemysłu drzewnego. Badania prowadzone w Kamieńcu Podolskim mogą stać się podstawą opracowania standardów technologicznych dla zastosowania odpadów rolnych w instalacjach toryfikacyjnych. Laboratorium już dziś dostarcza danych eksperymentalnych, dostosowanych do lokalnej bazy surowcowej, warunków klimatycznych i możliwości technicznych. Jednocześnie ma potencjał do integracji z europejskim środowiskiem badawczym i może pełnić funkcję instytucjonalnego ogniwa łączącego zasoby lokalne z europejskimi praktykami zrównoważonego rozwoju energetyki.

Laboratorium toryfikacji w Państwowym Uniwersytecie Podolskim stanowi nowy ośrodek badawczy łączący inżynieryjne dziedzictwo Unii Europejskiej z lokalnym potencjałem biomasy Ukrainy. To przykład efektywnego transferu technologii, który zapoczątkował rozwój interdyscyplinarnego kierunku naukowego. W kontekście rosnącej presji na ekologizację energetyki i ograniczenia emisji z paliw kopalnych, badania nad toryfikacją nabierają nie tylko znaczenia naukowego, ale również strategicznego. Ukraińskie inicjatywy oparte na działalności takich laboratoriów, jak w Kamieńcu Podolskim, mają potencjał, by wnieść istotny wkład w budowę paneuropejskiego systemu zrównoważonej energetyki. Już dziś laboratorium jest w stanie konkurować z czołowymi jednostkami badawczymi UE w zakresie zastosowań toryfikacji, a w przyszłości może stać się platformą współpracy międzynarodowej i kształcenia specjalistów nowego ładu energetycznego.

References

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. 136 p.
2. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019.С.21–23.
3. Ivanyshyn, V., Bialkovska, O., Yermakov, S., Sikora, O., & Oleksiyko, S.

- Influence of miscanthus biomass torrefaction parameters torrefied product quality characteristics. Engineering for Rural Development, Vol. 23. 2024, pp. 79-84.
<https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF016>
4. Yermakov S., Hutsol T., Rozkosz A., Glowacki S., Slobodian S. Evaluation Of Effective Parameters Of Biomass Heat Treatment In Processing For Solid Fuel. Engineering For Rural Development. 2021.
<https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF241>
 5. Kucher O. V., Yermakov S. V. Methodology of marketing research of bioeconomic processes. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics Economic sciences Issue 1 (38) 2023 P.132-139 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>
 6. Yermakov, S., Hutsol, T., Mudryk, K., & Niemiec, M. (2023). Assessment of biomass torrefaction by mass loss during heat treatment at different modes. Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice, 2023. Pp. 33-36
 7. Єрмаков С. Особливості спалювання торефікованої біомаси. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки: матеріали 2- го Міжнародного круглого столу (18 травня 2023 р.). Кам’янець-Подільський, ЗВО «ПДУ», 2023. С.37-39

*Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
30-149 Krakow, Poland*

POTENCJAŁ PALIW RDF/SRF W KONTEKŚCIE GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Wstęp: globalne wyzwania i konieczność zmian. Współczesny rozwój cywilizacji wiąże się z gwałtownym wzrostem ilości odpadów komunalnych i przemysłowych. Ich nagromadzenie osiągnęło katastrofalne rozmiary w wielu krajach świata, co stanowi zagrożenie zarówno dla środowiska, jak i zdrowia ludzi. Każdego dnia ludzkość staje przed wyzwaniem efektywnej i bezpiecznej utylizacji tych odpadów. Jest to złożone zadanie wielokryterialne, które wymaga uwzględnienia zarówno aspektów ekonomicznych, jak i ekologicznych.

W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera wdrażanie modelu gospodarki o obiegu zamkniętym, który zakłada maksymalne ponowne wykorzystanie zasobów i minimalizację powstawania odpadów. Podejście to jest aktywnie wdrażane w krajach Unii Europejskiej, w tym również w Polsce, jako jeden z kluczowych kierunków „zielonej transformacji”.

Wyniki badań. Jednym z perspektywicznych rozwiązań w zakresie przetwarzania odpadów jest produkcja paliw alternatywnych RDF (Refuse Derived Fuel) i SRF (Solid Recovered Fuel). Wytwarza się je z wysokokalorycznych frakcji odpadów stałych, które nie podlegają dalszemu recyklingowi lub sortowaniu.

Większość ludzi postrzega spalanie odpadów jako szkodliwe. Jednak przy zachowaniu odpowiednich warunków technologicznych możliwe jest uzyskanie paliwa, które pod względem właściwości energetycznych może z powodzeniem zastępować tradycyjne paliwa kopalne. Rozwiązania takie są już stosowane w krajach o wysokim poziomie świadomości ekologicznej, takich jak Niemcy, Niderlandy czy Austria.

Do głównych zalet paliw RDF/SRF należy zaliczyć:

- **Możliwość lokalnej produkcji** – paliwa te mogą być wytwarzane w obrębie lokalnych społeczności, co sprzyja niezależności energetycznej oraz tworzeniu miejsc pracy.
- **Stabilne parametry jakościowe** – dzięki procesowi aglomeracji pod ciśnieniem uzyskuje się jednorodność cząstek, co zapewnia stałość parametrów, takich jak kaloryczność, wilgotność czy gęstość.
- **Zwiększona gęstość energetyczna** – paliwa aglomerowane są wygodne w transporcie, magazynowaniu oraz automatycznym dozowaniu w instalacjach przemysłowych.
- **Redukcja emisji substancji szkodliwych** – poprzez dodanie określonej ilości biomasy do RDF można już na etapie przygotowania paliwa stabilizować zawartość takich niebezpiecznych zanieczyszczeń jak chlor czy rtęć.

Zgodnie z europejskimi normami, paliwa alternatywne klasyfikowane są według trzech kluczowych parametrów: niższej wartości opałowej (kaloryczności), zawartości chloru i zawartości rtęci. Parametry te mają decydujące znaczenie nie tylko z punktu widzenia technologii, lecz także bezpieczeństwa środowiskowego. Uwzględnia się je przy wyborze paliwa do spalania w cementowniach, elektrociepłowniach i innych instalacjach.

W ten sposób paliwa RDF/SRF stanowią narzędzie łączące innowacyjne technologie, efektywność energetyczną i odpowiedzialność ekologiczną.

Obecnie Polska znajduje się w fazie aktywnej transformacji w zakresie gospodarki odpadami – od tradycyjnego składowania i podstawowego recyklingu do pełnego wykorzystania frakcji stałych do produkcji i spalania paliwa alternatywnego RDF/SRF w elektrociepłowniach oraz innych obiektach energetycznych. Pierwszą w kraju dużą instalacją, specjalnie zaprojektowaną do spalania RDF w mieszance z biomasą i węglem, była elektrociepłownia Fortum w Zabrze. Uruchomiona w 2018 roku, posiada moc 225 MW energii cieplnej oraz 75 MW energii elektrycznej i znacząco ogranicza emisję CO₂ w porównaniu do tradycyjnych źródeł. RDF stanowi kluczowy składnik mieszanki paliwowej, co potwierdza dążenie Polski do ekologicznej efektywności energetycznej. Wśród innych przykładów udanego wdrożenia wykorzystania paliwa alternatywnego RDF/SRF znajdują się elektrociepłownie i zakłady energetyczne w Białymstoku, Częstochowie, Wrocławiu, Poznaniu i innych miastach. Świadczy to o systemowym podejściu do stosowania RDF/SRF w Polsce na poziomie krajowym.



Rys. 1. Elektrociepłownia Fortum w Zabrzu (Polska). Źródło: <https://portalkomunalny.pl/w-zabrzu-ruszyla-nowa-elektrociepownia-bedzie-zasilana-m-in-przez-rdf-381366/>

Jedną z kluczowych branż, która wykazuje skuteczne zastosowanie takich rozwiązań, jest przemysł cementowy, będący jednym z największych odbiorców paliw RDF i SRF w Europie. Wypalanie klinkieru, będącego podstawą cementu, wymaga bardzo wysokich temperatur – ponad 1400°C. Warunki te idealnie nadają się do wykorzystania paliw alternatywnych.

Podczas spalania RDF w piecach cementowych popiół nie pozostaje odpadem, lecz staje się częścią gotowego produktu – cementu. Dzięki temu proces ten jest nie tylko energooszczędny, ale również bardziej przyjazny dla środowiska.

Wnioski. Przejście do gospodarki ekologicznej nie jest możliwe bez innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie energetyki i gospodarowania odpadami. Produkcja paliw alternatywnych RDF i SRF przyczynia się nie tylko do zmniejszenia zależności od paliw kopalnych, ale także stwarza warunki dla zrównoważonego rozwoju na poziomie lokalnym i krajowym.

Efektywne wykorzystanie odpadów jako źródła energii to nie tylko sposób na zmniejszenie presji na środowisko, ale także konkretny krok w stronę transformacji energetycznej i realizacji zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.

CHAIKOVSKYI O.V.

PhD student, speciality “Economics”

Podillia State University

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

RURAL TOURISM AS A PLATFORM FOR THE IMPLEMENTATION AND POPULARIZATION OF BIOENERGY AND BIOECONOMY

The article considers the possibilities of integrating scientific experience in the field of bioenergy and bioeconomy into the practice of rural tourism. The potential of agrotourism facilities as educational platforms for demonstrating environmentally sustainable technologies is analysed, contributing to developing a green economy, energy efficiency and eco-education among the population.

In the current global climate change and energy challenges, bioenergy and bioeconomy are priority scientific and technological development areas. At the same time, rural tourism as a form of alternative tourism is gaining popularity as a means of recreation and as an educational and cultural platform. Integrating the results of scientific research in the bioenergy field into rural tourism opens up new horizons for the sustainable development of rural areas.

Bioenergy includes the production of energy from biomass, agricultural waste, manure, crop residues, etc. Bioeconomy encompasses a broader approach based on the sustainable use of biological resources. Partner scientific institutions, in cooperation with agricultural enterprises, develop technologies that are not only efficient but also environmentally friendly. Rural estates, farms and agro-tourism complexes can be sites for:

- implementation of mini-biohydropower plants;
- demonstration of energy-saving technologies;
- demonstration of the principles of the circular economy in action;
- Eco-education excursions for tourists and schoolchildren.

Such activities contribute to the environmental education of citizens and raise awareness of renewable energy.

Universities, research institutes, and international projects can act as consultants and developers of methodological materials and training programs for farm owners. With the support of grant programs, it is possible to finance pilot facilities that combine the functions of tourism, education and demonstration of the latest technologies.

Universities, research institutes and international projects play an important role

in introducing innovations in rural tourism, in particular in the direction of bioenergy and bioeconomy. The first step in this process is to form an intersectoral partnership between scientific institutions, agro-estate farms and local governments. This can be implemented through the signing of memoranda of understanding and the creation of working groups, which include bioenergy specialists, ecologists, educators and tourism managers.

One of the key areas of such interaction is the development of methodological materials and educational programs for agro-estate owners. They can include manuals, video tutorials and interactive instructions on the installation of bioenergy systems (such as biogas plants or biomass boilers), as well as recommendations for energy-efficient arrangement of rural estates in accordance with the principles of the bioeconomy. Universities can organize face-to-face or distance learning courses for farmers and owners of agro-tourism facilities.

Special attention deserves the attraction of grant funds to finance pilot projects. Scientific institutions, together with communities, can prepare applications for support from international programs, such as Erasmus+, Horizon Europe, and USAID, as well as participate in national and regional competitions. This will allow the implementation of demonstration facilities based on agro-estate farms, where solar panels, biogas systems or ecological treatment plants will be installed.

Such facilities can be used not only as economic units, but also as educational and tourist locations. They can be used to conduct green tours, internships, master classes, summer schools for students, schoolchildren and tourists. Visitors will be able to get acquainted with eco-technologies, participate in practical classes, study elements of bioeconomy and the history of traditional agriculture.

In order to popularize such initiatives, it is advisable to create a digital platform or mobile application, which will present a map of agricultural estates with bioenergy components, educational materials, virtual tours and a function for booking ecological routes. Such a platform will contribute to the dissemination of positive experiences, the involvement of new participants and the raising of awareness of the benefits of bioenergy and bioeconomy in the context of sustainable rural development.

There are already successful cases in the European Union where rural communities create eco-farms with bioenergy installations and organise thematic tours. Ukrainian initiatives are still limited, but have significant potential, especially in cooperation with universities with scientific experience in this area.

In the European Union, rural communities are actively implementing bioenergy

technologies in agritourism activities. In particular, in Italy, the ComER project is being implemented, aimed at creating renewable energy communities (Renewable Energy Communities). These communities unite citizens, enterprises and local authorities for the joint production and consumption of energy from renewable sources, such as biomass and solar energy.

In Poland, rural tourism is supported at the state level, with an emphasis on preserving the natural environment and ethnocultural traditions. Polish agritourism farms often combine the provision of tourist services with the implementation of environmentally friendly technologies, including the use of bioenergy installations for heating and energy supply.

In Ukraine, examples of combining rural tourism with bioenergy are also emerging. Thus, in the Khmelnytskyi region, communities received funding for growing energy crops, which can become the basis for the development of agritourism facilities with a demonstration of bioenergy technologies.

In the Kyiv region, near Obukhiv, a conference was held on the possibilities of bioenergy for Ukraine's energy independence. Participants had the opportunity to visit an energy willow plantation and a biofuel boiler house that heats a local hospital. Such facilities can become part of ecotourism routes, combining an introduction to bioenergy technologies and recreation in the countryside.

In addition, green tourism is actively developing in Ukraine, particularly in the Carpathian region. The Izki eco-resort offers tourists an introduction to environmentally friendly farms that use energy-efficient technologies and renewable energy sources. Tourists have the opportunity to participate in agricultural work, taste local products, and get acquainted with traditional crafts.

These examples demonstrate the potential for integrating bioenergy and bioeconomy into rural tourism in both Europe and Ukraine. Collaboration between scientific institutions, local communities and tourism operators can contribute to the sustainable development of rural areas, increasing energy efficiency and preserving cultural heritage.

Rural tourism is a promising platform for the implementation of scientific achievements in the field of bioenergy and bioeconomy. Such synergy contributes to the ecological modernisation of rural areas, activates regions' scientific and educational potential, and forms a conscious attitude towards using natural resources.

ГАЗИФІКАЦІЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПЕРЕРОБКИ БІОМАСИ ГІБРИДНОЇ ВЕРБИ

Одним із перспективних способів енергетичного використання швидкозростаючої біомаси є термічне перетворення, зокрема газифікація. Гібридна верба завдяки своїй високій продуктивності та хорошим енергетичним властивостям розглядається як ефективна сировина для отримання генераторного газу.

Важливу роль у досягненні якісного газу відіграють конструктивні параметри газифікаційної установки та фізичні характеристики палива. Зокрема, значний вплив має співвідношення висоти до діаметра зони відновлення (H/D), а також фракційний склад подрібненої сировини. Оптимальні результати щодо вмісту монооксиду вуглецю (CO) досягаються за умов H/D на рівні 0,5–0,6 та використання дрібної фракції палива зі значенням питомої поверхні (SVR) у межах 0,7–0,72 мм⁻¹.

У порівнянні з традиційними видами палива, використання генераторного газу з біомаси гібридної верби забезпечує нижчу електричну потужність – до 2,4 кВт для бензогенераторів з номіналом 4 кВт. Це становить на 37,5% менше, ніж при роботі на бензині, та на 7% нижче за показники при використанні газу з

деревини листяних порід.

Водночас суттєво знижуються обсяги шкідливих викидів: вміст CO у відпрацьованих газах становить 0,12–0,14%, а вуглеводнів (C_xH_y) – 24–27 млн⁻¹, що відповідно у 64,8 та 8,5 разів менше, ніж при роботі на бензині.

Таблиця 1. Розвиток технологій газифікації біомаси у вибраних європейських країнах (станом на 2023 рік)

Країна	Кількість установок	Сумарна потужність, МВт	Основна сировина
Німеччина	45	160	Деревна тріска, відходи деревини
Фінляндія	18	220	Торф, тріска, кора
Швеція	12	95	Лісова біомаса
Австрія	20	75	Сільськогосподарські відходи
Франція	8	40	Енергетичні культури, біовідходи
Польща	10	32	Суміш біомаси

Джерело: European Commission. JRC Biomass database, Bioenergy Assessment Report, 2023. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu>

Узагальнюючи, можна зазначити, що газифікація біомаси гібридної верби є технологічно доцільним та екологічно безпечним способом отримання енергії для децентралізованих систем. За належних умов переробки вона забезпечує достатній рівень теплотворної здатності, помірне зниження продуктивності обладнання у порівнянні з викопними паливами та суттєве скорочення шкідливих викидів в атмосферу. Європейський досвід демонструє високий потенціал масштабування цієї технології в умовах локального доступу до відновлюваної сировини.

Список використаних джерел

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
2. Yermakov S.V., Hutsol T.D., Mykhailova L.M. Calculation formulas for

- determining the speed of unloading energy willow cuttings from the point of view of hydrodynamic multiphase systems. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics No. 34. 2021. Pp. 77-91 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-10>
3. Yermakov, S. V., Hutsol, T. D., Potapskyj, P. V., & Garasymchuk, I. D. (2021). Structuring the process of automation of planting plants of energy willow. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes*, (3 (45), 10-17. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.3.2>
 4. Yermakov S.V., Hutsol T.D. Investigation of the process of gravitational unloading of energy willow cuttings in conditions of static and dynamic arch formations Engineering of nature management. V.3. 2021. PP. 97-109. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/1143>
 5. Yermakov S., Hutsol T., Mudryk K., & Niemiec M. Assessment of biomass torrefaction by mass loss during heat treatment at different modes. Trends and Challenges of Modern Agricultural Science in the Conditions of War: Theory and Practice. Issue 33. 2023.
 6. Кучер О., Єрмаков.С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: матеріали VII Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти. Кам'янець-Подільський. 2022. с.205-208
 7. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019.С.21–23.
 8. Єрмаков, С. В., Кучер, О. В., & Пустова, З. В. Покращення енергетичних властивостей біомаси шляхом торефікації (на прикладі *miscanthus x giganteus*). Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України, 2023. С.118.

ТОРЕФІКАЦІЯ ЯК ДІЄВИЙ АСПЕКТ ПІДГОТОВКИ БІОМАСИ СТРИЖНІВ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ ДО СПАЛЮВАННЯ

На сьогодні в Україні зберігається високий інтерес до розвитку відновлюваної енергетики, зокрема до використання рослинної біомаси як палива. Поширеною сировиною в сільськогосподарських регіонах є відходи кукурудзи, зокрема качани, які мають певний енергетичний потенціал. Проте практика показує, що їхнє безпосереднє спалювання супроводжується низкою технічних труднощів — нестабільне горіння, важке займання, утворення смолистих сполук, що осідають на теплообмінних поверхнях. Ці фактори обмежують широке впровадження такого палива у котельнях малої та середньої потужності.

Серед аграрних відходів, що утворюються в результаті вирощування зернових та технічних культур, особливу нішу займають стрижні качанів кукурудзи, які залишаються після механічного відокремлення зерна. На відміну від соломи чи лушпиння, ці залишки мають щільну структуру, високу зольність і нестабільну поведінку при горінні. Водночас їх обсяги щороку є значними — за оцінками, з кожного гектара посівів кукурудзи утворюється від 1 до 1,5 тонни стрижнів.

Україна, як один з лідерів із вирощування кукурудзи у Європі, виробляє щорічно понад 25–30 млн тон зерна, що потенційно генерує до 5–6 млн тон сухої біомаси качанів (без зерна). У більшості випадків така біомаса залишається на полі, частково спалюється стихійно або неорганізовано використовується як тверде паливо у господарствах. Проте стрижні качанів — складна сировина: вони мають низьку теплотворну здатність у сирому вигляді, високу вологість при збиранні та тенденцію до утворення смол і відкладень при спалюванні.

У зв'язку з цим актуальним є пошук рішень для покращення паливних властивостей качанів кукурудзи. Одним з перспективних напрямів є попередня термічна обробка біомаси, зокрема торефікація — процес нагрівання біомаси у

безкисневому середовищі при помірних температурах (200–300°C), що дозволяє зменшити вологість, підвищити енергетичну щільність та покращити стабільність горіння.

Метою проведених досліджень було встановлення технологічних параметрів торефікації качанів кукурудзи, оцінка її впливу на горючі властивості сировини, а також виявлення супутніх проблем, що виникають під час спалювання обробленої біомаси.

Дослідження розпочались у грудні 2024 р. у навчально-науковій лабораторії «DAK GPS» Подільського державного університету в межах співпраці з КП «Міськтепловоденергія». Було здійснено серію лабораторних випробувань сировини (визначення вологості, торефікація при різних температурних режимах) та спостережень за горінням у змодельованих і реальних котельних умовах.



Рис.1. Сирі (зліва) і торефіковані при різних режимах стрижні кукурудзи

Результати досліджень засвідчили, що сира біомаса має вологість у межах 15–18%, що ускладнює її пряме спалювання. Після природного висушування вміст води знижується до 5%, однак навіть у такому стані качани зберігають слабку займистість і нестабільне горіння. Проведення торефікації у температурному діапазоні 225–255°C дозволило суттєво покращити ці характеристики. Торефікована біомаса займалася швидко, горіння було стабільним, без тривалого тління.

Однак виявлено й деякі побічні ефекти. Зокрема, при температурі близько 240–245°C спостерігалось інтенсивне димоутворення та виділення темної скловидної смолистої речовини. У виробничих умовах, попри хорошу поведінку пального в топці, були зафіксовані ознаки утворення залишкових продуктів

згоряння у вигляді рудиментів у полум'ї. Це може свідчити про часткове збереження проблеми виділення летких смол, які потенційно забруднюють теплообмінні поверхні.



А

Б

Рис. 2. Спалювання зразків стрижнів кукурудзи в потоці повітря (а) і в полевій пічці (б)

Загалом, результати підтверджують доцільність попередньої термічної обробки качанів кукурудзи з метою поліпшення їхніх паливних характеристик. Торефікація дозволяє забезпечити ефективніше й чистіше горіння, знижує ризик незапалення чи нестабільного процесу. Разом з тим, відкритим залишається питання поведінки з вторинними продуктами термічного розкладу, зокрема смолистими речовинами, які утворюються у певному температурному діапазоні. Подальші дослідження будуть спрямовані на хімічну ідентифікацію цих сполук та пошук способів їх усунення або нейтралізації в процесі підготовки біопалива.

Отримані висновки можуть бути корисними для проєктантів та операторів котелень, які розглядають можливість використання агровідходів як джерела енергії. Практичне впровадження подібних рішень дозволить зменшити залежність від викопного палива, сприятиме розвитку локальної енергетики та раціональному використанню аграрних залишків.

Список використаних джерел

1. Кучер О., Єрмаков.С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: матеріали VII Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти. Кам'янець-Подільський. 2022. с.205-208

2. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019.С.21–23.
3. Єрмаков, С. В., Кучер, О. В., & Пустова, З. В. Покращення енергетичних властивостей біомаси шляхом торефікації (на прикладі *miscanthus x giganteus*). Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України, 2023. С.118.
4. Єрмаков С. Особливості спалювання торефікованої біомаси. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки: матеріали 2- го Міжнародного круглого столу. Кам’янець-Подільський, ЗВО «ПДУ», 2023. С.37-39
5. Єрмаков С.В. Кучер О.В., Пустова З.В. Огляд найкращих доступних технологій спалювання твердих палив. ХІХ-й Міжнародний форум молоді "Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті". Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ. 2023. С.165
6. Єрмаков С. В. Прийоми зменшення викидів у технологіях спалювання вугілля. Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: наукові пошуки молоді. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С. 13
7. Kucher O. V., Yermakov S. V. Methodology of marketing research of bioeconomic processes. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics Economic sciences Issue 1 (38) 2023 P.132-139 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець – Подільський, Україна

КАЛОРИМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ БІОПАЛИВА: ХІМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

У контексті глобальної енергетичної трансформації та зростаючої уваги до екологічно безпечних джерел енергії, біопаливо набуває особливої актуальності як відновлюване джерело енергії. Його використання дає змогу зменшити залежність від викопного палива та скоротити викиди парникових газів. Одним із ключових напрямів дослідження біопалива є визначення його теплотворної здатності, яка характеризує енергетичну ефективність палива [1].

У цьому контексті калориметричні методи, зокрема бомбовий калориметр, відіграють важливу роль у хімічному аналізі біопаливних зразків. Калориметричні дослідження дають змогу визначити вищу та нижчу теплоту згоряння біопалива, що є критично важливим для оцінки його практичної придатності. Для точного вимірювання енергетичної цінності зразків застосовуються сучасні автоматизовані калориметри, які забезпечують високу точність за рахунок контролю температури, тиску та повного згоряння речовини в кисневому середовищі. На енергетичні характеристики біопалива значною мірою впливають його хімічний склад, вологість, зольність, наявність летких речовин, а також походження сировини. Наприклад, пелети з деревини мають вищу теплоту згоряння (до 18–20 МДж/кг), ніж біопаливо з агровідходів (наприклад, соломи), що обумовлено різницею у вмісті целюлози, лігніну та інших органічних компонентів [2].

Саме тому доцільним є поєднання калориметричних вимірювань з елементним хімічним аналізом (визначення вмісту С, Н, О, N, S), що дозволяє не лише оцінити теплоту згоряння, але й виявити екологічні ризики, пов'язані з викидами оксидів азоту та сірки під час спалювання. Дослідження показують, що біопаливо з оптимізованим хімічним складом та низьким вмістом золи може стати конкурентоспроможною альтернативою традиційним видам палива в

малих та середніх енергетичних установках [3].

Водночас важливо враховувати й стабільність характеристик біопалива в процесі зберігання, транспортування та підготовки до згоряння, що також потребує регулярного контролю за допомогою калориметричних методів. Таким чином, калориметричні дослідження виступають ключовим інструментом не лише в оцінці енергетичного потенціалу біопалива, але й у формуванні стандартів якості для його виробництва. Подальші наукові розвідки у цьому напрямі сприятимуть розвитку більш ефективних та екологічно чистих енергетичних технологій на основі біопалива.

Список використаних джерел

1. Білецький В. С. Біопаливо: ресурси, технології, використання. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2012. – 268 с.
2. Дуброва Н. М., Руденко І. М. Калориметричні дослідження якості біопалива з агровідходів // Хімічна промисловість України. – 2021. – №3(137). – С. 45–50.
3. Demirbas A. Biomass and Biofuels for a Green Economy: Energy, Environment, and Sustainability. – Springer, 2016. – 336 p.

СТАН, ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Актуальність розвитку альтернативної енергетики в Україні зростає на тлі як глобальних кліматичних викликів, так і внутрішніх кризових явищ у сфері енергетичної безпеки. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ), які включають сонячну, вітрову, біоенергетику, малу гідроенергетику тощо, є не лише важливою частиною екологічного переходу, а й одним із ключових чинників формування енергетичної незалежності держави. Альтернативна енергетика дозволяє поступово зменшувати залежність від викопного палива, сприяє декарбонізації економіки та відкриває широкі інвестиційні перспективи як для державного, так і приватного сектору.

Протягом останнього десятиліття Україна сформувала законодавчу та інституційну базу для підтримки проєктів у сфері ВДЕ. Впровадження «зеленого» тарифу, створення ринку двосторонніх договорів та системи аукціонів сприяло зростанню кількості виробників екологічної енергії. Активізувалося будівництво промислових сонячних і вітрових електростанцій, запускались перші проєкти з виробництва біогазу та біометану, а також з'явилися локальні ініціативи створення енергокооперативів і сонячних дахів для домогосподарств. Усе це сприяло не лише диверсифікації джерел енергії, але й створенню робочих місць у регіонах.

У той же час російська агресія суттєво змінила контекст розвитку енергетики загалом та альтернативної енергетики зокрема. Об'єкти ВДЕ, значна частина яких розташована в південних регіонах, стали мішенями для бойових дій. За різними оцінками, понад 30 % потужностей ВЕС і до 50 % СЕС було або зруйновано, або окуповано. Разом з тим, війна показала важливість децентралізованої енергетики та її стійкості в кризових умовах. Саме альтернативна генерація дозволила покривати дефіцит енергії в регіонах, що залишилися відрізаними від центрального постачання.

На тлі загроз енергетичній інфраструктурі та зростаючого попиту на гнучкі рішення, ключову роль починає відігравати розподілена генерація, зокрема

встановлення автономних систем на базі сонячних панелей, малих вітротурбін та накопичувачів енергії. Домашні сонячні електростанції, мікромережі для громад, аграрні біогазові установки можуть забезпечити базове електропостачання в умовах криз. Цей напрям отримує нову актуальність у післявоєнному відновленні, адже дає змогу мінімізувати залежність від централізованої генерації та підвищити енергетичну стійкість громад.

Національні документи стратегічного планування, такі як Енергетична стратегія України до 2050 року, Національна економічна стратегія до 2030 року, концепція екологічного енергетичного переходу та План відновлення України до 2032 року, окреслюють чіткі цілі: довести частку ВДЕ в енергетичному балансі до 25 % у 2030 році та до 70 % у 2050 році. У перспективі значна роль відводиться розвитку розподіленої генерації, дахових СЕС, біоенергетичних комплексів та виробництву відновлюваного водню.

На сьогодні, попри значні втрати, сектор альтернативної енергетики України зберігає потенціал для відновлення і розширення. Ключовими умовами цього є: оновлення інфраструктури, стабільні механізми підтримки інвесторів, створення прогнозованої регуляторної бази, підтримка локального виробництва обладнання та інтеграція до енергоринку ЄС. Необхідним також є прийняття єдиного базового стратегічного документа з чітким планом дій, контрольними точками та відповідальністю виконавців.

Підсумовуючи, можна зазначити, що альтернативна енергетика вже стала невід’ємною складовою енергетичної безпеки України. Її подальший розвиток — це не лише крок у напрямку кліматичної нейтральності, а й основа енергетичної незалежності, післявоєнного відновлення та стійкого економічного зростання. Інтеграція європейських практик, послідовна державна політика та адаптація до воєнних викликів створюють передумови для формування сучасної, децентралізованої, «зеленої» енергетики в Україні.

Список використаних джерел

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
2. Дудзяк О. А., Прокопов Д. В. Сучасний стан альтернативних джерел енергії в Україні. Topical issues of practice and science. Т. 26. 2021. – С. 25-32.
3. Гук Я. В., Єрмаков С.В., Бялковська О.А Використання побічної продукції кукурудзи в енергетичних цілях. Перспективи розвитку територій: теорія і практика: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції

здобувачів вищої освіти і молодих учених. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. с.363-367.

4. Бялковська О. А., Гук Я. В., Єрмаков С. В. Економічні механізми стимулювання використання альтернативних джерел енергії. Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2024. Pp. 309-315.
5. Гук Я. В., Бялковська О. А., Єрмаков С. В. Можливості та виклики для зеленої енергетики в Україні на прикладі енергії біомаси. Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6 листопада 2024 р. Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С.70-71.
6. Кучер О., Єрмаков С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування. Кам'янець-Подільський, 2022 С.205-208

*Завідувач кафедри енергозберігаючих технологій
та енергетичного менеджменту,
кандидат економічних наук, доцент*

*Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"
м. Кам'янець – Подільський, Україна*

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОГАЗУ В КРАЇНАХ ЄС

У сучасних умовах зростаючої залежності від викопного палива, кліматичних змін та пошуку шляхів сталого розвитку дедалі більшої уваги набуває використання відновлюваних джерел енергії. Особливе місце серед них посідає біогаз — універсальне паливо, що утворюється в результаті анаеробного розкладу органічних речовин, зокрема сільськогосподарських, побутових, промислових відходів і біомаси. Завдяки своїй багатофункціональності, біогаз може застосовуватись для виробництва електроенергії, тепла або бути очищеним до стану біометану — палива, придатного для подачі в газотранспортну мережу або використання у транспортному секторі. Крім того, його виробництво сприяє скороченню обсягів відходів, зменшенню викидів парникових газів та створенню замкнених технологічних циклів.

Біогазова енергетика в країнах Європейського Союзу за останнє десятиліття демонструє динамічне зростання. Збільшується не лише кількість біогазових і біометанових установок, а й обсяги виробництва енергії з цих джерел. Основними видами сировини виступають гній, силос, покривні культури, залишки харчової промисловості та органічні відходи домогосподарств. Активне впровадження сучасних технологій очищення дозволяє перетворювати біогаз у біометан, який є аналогом природного газу за складом і теплотворною здатністю.

На сьогодні країнами-лідерами з виробництва біогазу є Німеччина, Франція, Італія, Данія та Нідерланди. Розвиток галузі відбувається на основі чіткої нормативної політики, зокрема відповідно до Директиви RED II, яка регламентує екологічні критерії виробництва біопалива. У межах плану REPowerEU передбачено досягнення обсягів виробництва біометану на рівні 35 млрд м³ до 2030 року.

Показником активного розвитку галузі є стрімке зростання кількості біометанових установок. Як видно з динаміки (рис. 1), у період з 2011 по 2022

рік кількість таких об’єктів в країнах ЄС зростає з 182 до понад 1200 одиниць, що підтверджує позитивну динаміку розвитку та масштабність переходу до чистої енергетики.

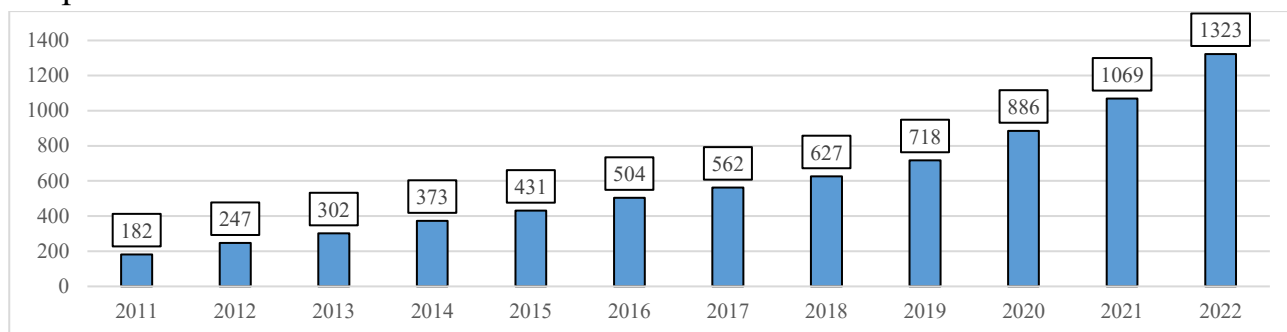


Рис. 1. Динаміка зростання кількості біометанових установок у країнах ЄС у 2011–2022 рр.

Важливим напрямом розвитку є декарбонізація транспорту за рахунок використання біометану як моторного пального. Також біогазові проєкти відіграють роль у підвищенні енергетичної незалежності, особливо в сільських регіонах, де існує достатня кількість сировини для їх реалізації. Виробництво дигестату — побічного продукту після ферментації — дозволяє зменшити потребу в мінеральних добривах, зберігаючи родючість ґрунтів.

Таким чином, біогаз є універсальним і екологічно безпечним джерелом енергії, що поєднує вирішення енергетичних, екологічних та економічних завдань. Його виробництво дозволяє ефективно переробляти органічні відходи, зменшувати викиди парникових газів, знижувати залежність від імпортованого палива та сприяти розвитку місцевої економіки. Досвід країн Європейського Союзу демонструє високу ефективність системної підтримки біогазового сектору через комплексну політику, законодавчі ініціативи та інфраструктурну інтеграцію. Очікується, що в найближчі роки біогаз і біометан відіграватимуть ключову роль у досягненні цілей ЄС щодо сталого енергетичного майбутнього, енергетичної незалежності та кліматичної нейтральності. Цей досвід може стати корисним орієнтиром і для інших країн, зокрема України, у формуванні ефективної моделі розвитку біоенергетики.

Список використаних джерел

1. Kucher O., Zelenskyi A., Hofmann M., Yermakov S., & Plotnichenko S. Biogas market research in EU countries. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Vol. 1, 2025. pp. 313-317 <https://doi.org/10.17770/etr2025vol1.8623>
2. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics).

Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.

3. Кучер О., Єрмаков С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування. Кам'янець-Подільський, 2022 С.205-208
4. Єрмаков С. В., Гуцол Т. Д., Кучер О. В. Перспективи розвитку енергії біомаси з швидкоростучих деревних культур в Україні. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика. Тернопіль: ЗУНУ. 2020. С.64...66
5. Гук Я.В. Перешкоди для енергетичного використання агробіомаси на ринку України. Матеріали І Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Ефективне використання енергії. Стан і перспективи». Кам'янець-Подільський. 2021. С.60-62
6. Kucher O. V., Yermakov S. V. Methodology of marketing research of bioeconomic processes. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics. Economic sciences Issue 1 (38) 2023 P.132-139 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>
7. Кучер О., Єрмаков С. Управління розвитком біоекономіки в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: зб. матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти, 17 травня 2024 р. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2024. С.19-23

ПУСТОВА З.В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

ПУСТОВА Н.В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець-Подільський, Україна

МІЦЕЛІАЛЬНІ ГРИБИ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Світова економіка тісно пов'язана з енергетичними ресурсами, де паливо відіграє центральну роль у забезпеченні промислового розвитку, транспорту та щоденного життя мільярдів людей.

Однак ця залежність від обмежених і вичерпних ресурсів призвела до значних екологічних проблем і геополітичних конфліктів, викликаючи потребу в пошуку сталих альтернативних джерел енергії, які можуть забезпечити майбутні покоління [1, 3, 4].

Пошуку екологічно чистих та економічно ефективних альтернатив викопним паливам, що сприятиме зниженню викидів парникових газів і підвищенню енергетичної незалежності. Одним із перспективних напрямів є виробництво біодизеля з ліпідів міцеліальних грибів, яке має потенціал зменшити витрати на сировину та забезпечити стабільність постачання біопалива.

Міцеліальні гриби, чия роль у біоконверсії та розкладанні органічних матеріалів досліджується все активніше, є перспективним напрямком для виробництва біодизельного палива. Вони здатні розкладати лігнін, складний полімерний компонент рослин, і перетворювати його на корисні продукти, включаючи жирні кислоти, які використовуються для біодизеля. Використання міцеліальних грибів для цієї мети може знизити витрати на виробництво та підвищити екологічну стійкість процесу [5 - 10].

З точки зору екології, біопаливо є вуглецево-нейтральним і сприяє зменшенню викидів парникових газів, що робить його привабливим у контексті боротьби зі зміною клімату. Розробка ефективних технологій виробництва біодизеля, включаючи використання міцеліальних грибів, стає ключовим завданням сучасної біотехнології, спрямованої на сталий розвиток енергетики.

Багато видів пліснявих грибів, дріжджів та водоростей здатні накопичувати внутрішньоклітинні ліпіди, що становлять понад 70% їхньої біомаси під час періодів метаболічного стресу.

Продуцентом є унікальний мікроміцет – муковий гриб *Cunninghamella* японіса, здатний утворювати до 50% триацилгліцеринів.

Вирощування біомаси гриба триває протягом 4-5 діб. Вихід біомаси становить 112 г/л середовища (маса сирого міцелію) і 16 г/л середовища (вага сухого міцелію). Вміст ліпідів у біомасі становить 46- 50%, а в 1 літрі середовища міститься 7 г ліпідів

Починаючи з вибору відповідних олеагінозних штамів грибів, важливо обирати ті, які відомі своєю високою здатністю накопичувати ліпіди в своїй біомасі. Це можуть бути штами з родини *Mucorales* або інших родин, що відповідають вимогам для інтенсивного виробництва біодизеля [11, 12].

Після вибору штамів грибів наступним кроком є оптимізація складу середовища культивування. Це включає в себе підбір оптимальних джерел вуглецю (наприклад, глюкоза, відходи виробництва олії або інші вуглеводні сполуки) та джерел азоту (таких як амінокислоти, амонійні солі або інші мінеральні речовини). Цей етап критично важливий для забезпечення належного росту грибів і накопичення ліпідів.

Після культивування грибів і накопичення відповідної кількості біомаси, проводиться екстракція ліпідів. Цей процес може включати застосування різних методів, таких як використання органічних розчинників або суперкритичний вуглецевий діоксид, для вилучення ліпідів з міцелію грибів. Після екстракції ліпідів проводиться їх перетворення в біодизель за допомогою трансестерифікації. Цей процес включає реакцію ліпідів з метанолом чи етанолом у присутності каталізатора (зазвичай луги, такі як NaOH або KOH), що призводить до утворення метилових (або етилових) естерів жирних кислот, які є основними компонентами біодизеля.

Один зі способів отримання мікроорганізмів із ідеальним жирнокислотним складом для виробництва біодизеля може бути за допомогою генетичної маніпуляції ключових генів. Гриб *Mucor circinelloides*, який був використаний для першої комерційної виробництва мікробних ліпідів [5, 7, 11].

Накопичення ліпідів у міцеліальних грибів відбувається, коли поживна речовина в середовищі (наприклад, джерело азоту або фосфору) стає обмеженою, а джерело вуглецю присутнє в надлишку. Обмеження азоту є

найбільш ефективною умовою для індукції ліпогенезу. Під час фази росту азот необхідний для синтезу білків і нуклеїнових кислот, тоді як потік вуглецю розподіляється між енергетичними та анаболічними процесами, утворюючи вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти та білки. Коли азот стає обмеженим, швидкість росту сповільнюється, а синтез білків і нуклеїнових кислот припиняється. У неолійних видів надлишок вуглецю залишається невикористаним або перетворюється на запасні полісахариди, тоді як у олійних видів він переважно спрямовується на синтез ліпідів, що призводить до накопичення тригліцеридів у внутрішньоклітинних ліпідних тілах.

Висновки

- більшість грибів можна культивувати на недорогій сировині, такій як патока, стічна вода, відходи харчової промисловості тощо.
- для використання у виробництві підходять як дріжджові гриби так і міцеліальні.
- метаболізм даних досліджуваних видів добре вивчений, а вчені продовжують відбирати та модифікувати різні штами для збільшення виробництва ліпідів.
- їм властиві такі переваги як: висока швидкість росту, легкість культивування, використання різноманітних субстратів для росту, можливі генетичні або метаболічні модифікації.

Недоліки:

- висока вартість виробництва є основною перешкодою для великомасштабного виробництва. Однак можливість зниження ціни існує за рахунок використання дешевшої сировини. Адже вартість субстрату складає близько 70% вартості біодизеля.

Список використаних джерел

1. Yermakov S., Hutsol T., Slobodian S., Komarnitskyi S., Tysh M. Possibility of Using Automation Tools for Planting of the Energy Willow Cuttings. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. 2018. pp. 419–429. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-13888-2_42
2. Kucher O., Hutsol T., Zavalniuk K., Pantsyr Y., Harasymchuk I., Mudryk K., Jewiarz M. Marketing strategies and prognoses of development of the Renewable Energy market in Ukraine. Scientific Achievements In Agricultural Engineering Agronomy And Veterinary Medicine. Traicon SC, Vol. II, No. 1, 2017. pp. 100–

121. <http://188.190.33.56:7980/jspui/bitstream/123456789/905/4/SAAEAVM-100-121.pdf>
3. Kucher O., Prokopchuk L. The Development of the Market of Renewable Energy in Ukraine. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. Springer International Publishing AG, 2018. pp. 71–82.
4. Misiuk M., Kucher O., Zakhodym M., Ievstafieva Y. Marketing Concepts in the Formation of the Biomass Market in Ukraine. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. ICORES, 2018. pp. 209–216.
5. Pustova Z., Pustova N., Komarnitskyi S., Tkach O., Zamoiskyi S., Olenyuk A. Influence of biopreparations on biomass yield and grain efficiency of energy corn. *E3S Web of Conferences*, vol. 154, EDP Sciences. p. 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401008>
6. Al Nadzhar F., Pustova Z., Pustova N., Horetska I., Hutsol T., Slobodian S. The straw of millet as a source of energy. *Transition to Knowledge Economy. Challenges, Smart Opportunities and Innovation*, 2020. p. 39. <http://188.190.33.55:7980/jspui/handle/123456789/7722>
7. Bulski K., Ostafin M., Czuszkiewicz J., Kurek T., Falkiewicz-Dulik M., Suprovych T., Pustova Z. The microbiological air quality in the St. Benedict church in Cracow. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 9–13.
8. Kucher O., Pustova Z., Pustova N., Tkach O. The role of biomass in the bioeconomic policy of Ukraine and its legal regulation. <https://doi.org/10.22630/ESARE.2020.4.11>
9. Pustova Z. Current Trends of Biohydrogen Production from Biomass – Green Hydrogen. <http://dglb.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8103>
10. Khomina V., Lapchynskyi V., Pustova Z., Nebaba K., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. 2024.
11. Nowak C., Pustova Z., Nedilska U., Yermakov S. Agrobiomass as the energy potential of Ukraine. *Варшава: Форсайт розбудови України: економіко-правовий та управлінський виміри*. 2024.
12. Kucher O., Mykhailova L., Pustova Z., Yermakov S., Mazur V. Management of the solar power development in households of Ukraine. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Vol. 1, 2024. pp. 222–226.

Андрій ПЕЧЕНЮК

*кандидат економічних наук, доцент,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

СУПЕРЕЧНОСТІ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

З початку 2025 року Німеччина змінила свою позицію щодо ядерної енергетики, погодившись більше не блокувати ініціативи Франції з визнання атомної енергетики «зеленою» на рівні законодавства ЄС. Це свідчить про новий курс уряду канцлера Фрідріха Мерца та прагнення до енергетичного компромісу з Францією. Раніше категорично проти, Берлін тепер погоджується, що ядерна енергетика має отримати рівні умови з відновлюваними джерелами, особливо в умовах енергетичної кризи після повномасштабної війни Росії проти України.

Мерц критикує попереднє рішення про повну відмову від атомної енергетики та виступає за розвиток новітніх технологій — малих модульних реакторів і ядерного синтезу. Хоча відновлення роботи традиційних АЕС не планується, Німеччина готова інвестувати в перспективні напрямки галузі.

Це відкриває нові можливості для атомної енергетики: зокрема, водень, вироблений з ядерної енергії, зможе офіційно вважатися "зеленим", як і водень з відновлюваних джерел. Головна перевага цього рішення — можливість залучення пільгового фінансування від міжнародних фінансових організацій, що може суттєво стимулювати розвиток ядерних проєктів у Європі.

Попри очевидні переваги, зокрема зменшення викидів парникових газів, зниження залежності від викопного палива та підтримку сталого розвитку, «зелена» енергетика має й низку негативних аспектів, які важливо враховувати при плануванні її широкомасштабного впровадження.

Однією з головних проблем є нестабільність генерування електроенергії. Сонячні та вітрові електростанції залежать від погодних умов, що робить виробництво енергії варіабельним і непередбачуваним. Це ускладнює балансування енергосистеми, особливо у випадках пікових навантажень або тривалих періодів несприятливої погоди. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні резервних джерел енергії, часто на базі традиційної генерації, або у використанні накопичувачів, які є дорогими та технологічно складними.

Важливим викликом також є проблема зберігання електроенергії. Технології акумулювання, зокрема літій-іонні батареї або водневі системи, потребують значних фінансових вкладень і мають обмежену ефективність. Крім того, масове застосування таких технологій потребує вирішення питань безпеки та впливу на довкілля.

Ще один негативний аспект – висока вартість початкових інвестицій. Хоча експлуатаційні витрати для відновлюваних джерел енергії є порівняно низькими, будівництво вітрових і сонячних електростанцій потребує значних капіталовкладень, що може бути непосильним для країн або регіонів з обмеженими ресурсами.

Окрему загрозу становлять екологічні наслідки на етапах виробництва, транспортування та утилізації обладнання. Виготовлення сонячних панелей, акумуляторів і турбін вимагає використання рідкоземельних металів, які видобуваються та обробляються із значним негативним впливом на навколишнє середовище. Крім того, після закінчення терміну експлуатації виникає проблема утилізації, особливо токсичних матеріалів, що містяться в акумуляторах або фотоелементах.

Не менш важливим є просторовий аспект. Для розміщення великих вітропарків або сонячних електростанцій потрібні значні площі землі. Це може призводити до конкуренції з сільським господарством, зміни ландшафту, втрати природних середовищ існування тварин і рослин, а також викликати спротив з боку місцевих громад.

Вплив на екосистеми проявляється також через загрозу для птахів і кажанів, які можуть гинути внаслідок обертання лопатей віротурбін. Гідроелектростанції, які теж входять до складу "зеленої" енергетики, змінюють гідрологічний режим річок, впливаючи на біорізноманіття водних екосистем.

Окрім екологічних і технічних аспектів, варто враховувати й соціальні наслідки переходу до нової енергетичної моделі. Згорання традиційної енергетики, зокрема вугільної промисловості, може призвести до втрати робочих місць та соціальної напруги в регіонах, де економіка тривалий час залежала від видобутку та переробки викопного палива.

Нарешті, слід згадати про технологічну залежність. У багатьох випадках країни, що розвиваються, змушені імпортувати обладнання для "зеленої" енергетики (наприклад, сонячні панелі або батареї) з економічно потужніших

країн, що формує нову форму залежності — від зовнішніх постачальників технологій і комплектуючих.

Список використаних джерел

1. Водяний А. Німеччина вирішила не блокувати зрівняння атомної енергії із «зеленою» в ЄС. Liga.net. URL: <https://biz.liga.net/ua/all/tek/novosti/ft-nimechchyna-vyrishyla-ne-blokuvaty-zrivniannia-atomnoi-enerhii-z-zelenoiu-v-yes>
2. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Разумков-Центр. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
3. Кудря С.О. Відновлювані джерела енергії. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2024. 492 с. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/monograph2024.pdf>

КОРЖЕНІВСЬКА Н.Л.*Доктор економічних наук, професор***ПОНОМАРЕНКО Є.О.***аспірант спеціальності 051 «Економіка»**Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**м. Кам'янець-Подільський, Україна*

РЕГУЛЮВАННЯ ЦІНОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗМУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Україна, як держава з високою енергетичною інтенсивністю, стикається з викликами неефективного використання енергії, залежності від імпорту енергоносіїв та необхідністю адаптації до європейських стандартів енергоефективності. У цьому контексті формування ефективної системи регулювання цін на енергоресурси є ключовим елементом механізму реалізації державної політики у сфері енергоефективності. Ціни на енергоносії визначають не лише економічну ефективність виробництва, транспортування та постачання енергії, а й безпосередньо впливають на рішення кінцевих споживачів щодо обсягів споживання, інвестицій в енергоефективні технології, модернізацію обладнання та впровадження заходів з енергозбереження. Водночас недосконалість механізмів ціноутворення може нівелювати стимули до зменшення енергоспоживання, поглиблювати соціальну нерівність та провокувати макроекономічні ризики.

Значимість досліджень також зумовлена необхідністю адаптації української енергетичної політики до вимог Європейського Союзу в рамках Угоди про асоціацію, зокрема в частині імплементації Третього енергетичного пакету та Директив щодо енергоефективності [1, 2, 3]. Регулювання тарифної політики, прозоре формування ринкових цін з урахуванням інтересів держави, бізнесу та населення, а також створення ефективної системи економічних стимулів для зниження енергоспоживання – це критично важливі елементи, які забезпечують цілі сталого розвитку та зміцнення енергетичної незалежності України.

Одними із ключових елементів сучасної децентралізованої енергетики є локальні енергосистеми, здатні працювати як у складі централізованих енергомереж, так і автономно. Вони відіграють важливу роль у підвищенні

енергоефективності, енергетичної безпеки й сталості енергопостачання. Перевагами таких енергосистем (які включають усі види відновлюваних джерел енергії) є надійність у забезпеченні електроенергією, економічність, стійкість до енергетичних та кліматичних небезпек, можливість для розвитку енергетичної незалежності регіонів та громад, можливість оптимізувати споживання й витрати енергії. Для досягнення сталого балансу між підтримкою відновлюваної енергетики та економічною ефективністю функціонування ринку доцільно, зокрема, підвищити роль споживача як активного учасника ринку через мікрогенерацію, енергосервісні контракти та смарт-технології.

Прикладом мікроенергетичних мереж є Microgrid-системи, що суттєво зменшують навантаження на загальнонаціональну енергосистему і дозволяють оптимізувати споживання енергії завдяки локалізації джерел і споживачів (менше втрат), інтелектуальним системам керування, гнучкому попиту, можливостям інтегрувати "розумні будинки" й Інтернет речей (IoT).

Сучасні виклики полягають у необхідності розвитку відновлюваних джерел енергії, децентралізації генерації, цифровізації та енергетичного переходу. Такі підходи вимагають перетворення споживачів на «прос’юмерів», тобто тих, хто не лише споживає, але й виробляє, зберігає та управляє енергією. Для цього важливо впроваджувати механізми нет-матерінгу (зарахування надлишків енергії в рахунок майбутнього споживання), енергосервісних контрактів, інтелектуальних пристроїв обліку тощо.

Складністю використання таких систем виступає організація ціноутворення та виставлення рахунків у режимі реального часу. Для їх реалізації необхідно впроваджувати Smart-системи моніторингу, які забезпечують двосторонній обмін інформацією між відповідними учасниками процесу [4]. Ризикові економічні кейси енергетичного переходу насичені ціновими коливаннями, впливом кон’юнктури світових ринків енергоресурсів та заходами тарифної політики держав і міжнародних економічних об’єднань, що впливають на конкурентоспроможність та економічну безпеку інвесторів альтернативної енергетики. У процесі прийняття інвестиційних рішень важливо враховувати не лише рівень витрат на розвиток відновлюваних джерел енергії, а й динаміку цін на викопне паливо, яке становить конкуренцію альтернативним енергетичним технологіям. Формування цін на енергоресурси визначається співвідношенням попиту та пропозиції. Збільшення попиту на електроенергію за умов стабільного

обсягу її виробництва зазвичай призводить до підвищення цін. Упровадження інноваційних енергетичних технологій може сприяти поступовому зниженню їх собівартості. Водночас суттєвим економічним бар'єром для розширення альтернативної енергетики залишається зниження світових цін на нафту, ініційоване країнами-експортерами викопного палива, що підсилює конкуренцію на енергетичних ринках [5].

Стимулювання розвитку відновлюваної енергетики здійснюється переважно завдяки державній підтримці. Водночас спостерігаються труднощі, зумовлені економічними факторами, зокрема фінансовими навантаженнями, пов'язаними із застосуванням "зеленого тарифу". Існує ризик зниження закупівельної ціни на екологічно чисту енергетику через можливе зростання обсягів генерації відновлюваної енергії та, відповідно, збільшення фінансового навантаження на державний бюджет. У результаті інвестори втрачають гарантії стабільності, що поступово спричинило уповільнення темпів розвитку галузі. Потенційно можливий ризик для України: якщо держава гарантувала сприятливі умови дії "зеленого тарифу" для всіх учасників ринку, а в кінцевому випадку не зможе виконувати свої зобов'язання, це призведе до втрати інвестиційної привабливості сектора. Зниження тарифу на закупівлю 1 кВт "зеленої" електроенергії спричинить падіння економічної доцільності реалізації проєктів у сфері альтернативної енергетики, що в перспективі може загальмувати або навіть зупинити її подальший розвиток.

На відміну від України та країн Європейського Союзу, у США не застосовується механізм стимулювання розвитку відновлюваної енергетики через підвищені закупівельні тарифи («зелені» тарифи). Натомість підтримка інвесторів здійснюється шляхом надання податкових пільг у формі інвестиційних податкових кредитів (Investment Tax Credits, ITC), розмір яких може становити до 30% від суми нарахованих податків. Такий підхід має суттєву перевагу - він не призводить до перехресного субсидування споживачів і не викривлює ринкову конкуренцію. Однак, незважаючи на це, закон щодо покращення засобів зберігання енергії (Better Energy Storage Technology - BEST Act) передбачає виділення упродовж п'яти років 1 млрд. дол. США на дослідження у сфері Energy Storage, що свідчить про інноваційний погляд державних діячів на розвиток американської енергетики [6].

Таким чином, регулювання ціноутворення в системі енергоефективності є важливим важелем формування стійкої енергетичної політики. Воно повинно

забезпечити не лише фінансову збалансованість енергетичних компаній, але й створити економічні стимули для скорочення споживання, модернізації інфраструктури та зменшення екологічного навантаження. Удосконалення регуляторної політики має базуватися на принципах прозорості, економічної обґрунтованості та соціальної відповідальності.

Список використаних джерел

1. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#top.
2. Директива з енергоефективності (ЄС) 2023/1791. URL: https://energy.ec.europa.eu/news/new-energy-efficiency-directive-published-2023-09-20_en.
3. Васильківський Д.М., Сисюк В.І. Європейські механізми підвищення енергоефективності економіки та перспективи їх впровадження в Україні. Економіка та суспільство. Вип. 66. 2024. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-44>.
4. Дерев'янюк Д.Г. Особливості побудови системи SMART-моніторингу Microgrid систем. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024. № 1. С. 57-64.
5. Шпонтан Ю.М. Ризики та виклики розвитку альтернативної енергетики та нової енергетичної економіки. Ефективна економіка. 2024. № 4. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.4.85>.
6. Миколайчук М.М., Дроздова Т.І., Бурдига Д.М. Фінансування зеленої енергетики: світові тенденції та завдання для України. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2023. № 9. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2156.2023.9.9>.

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець-Подільський, Україна

ЕНЕРГІЯ БІОМАСИ ЯК СКЛАДОВА “ЗЕЛЕНОГО” ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ УКРАЇНИ

Сучасна енергетика переживає глобальну трансформацію, спричинену екологічними викликами, зростаючим попитом на енергію та потребою у зменшенні викидів парникових газів. Україна, як держава з високою залежністю від імпорتنих енергоносіїв і значною часткою традиційної генерації, стикається з необхідністю реалізації «зеленого» енергетичного переходу. Одним із ключових напрямків цього процесу є розвиток біоенергетики — використання біомаси як відновлюваного, доступного й екологічно чистого джерела енергії.

Незважаючи на великий природний потенціал біомаси в Україні, її частка в енергетичному балансі залишається порівняно невеликою. Це обумовлено низкою бар'єрів: відсутністю чіткої державної політики у сфері біоенергетики, обмеженим фінансуванням проєктів, недостатньо розвиненою інфраструктурою та низкою обізнаністю суспільства.

У контексті глобальних викликів зміни клімату та необхідності скорочення викидів парникових газів, Україна стикається з потребою у трансформації енергетичного сектору. Одним із перспективних напрямків є розвиток біоенергетики — використання біомаси для виробництва теплової та електричної енергії. Біоенергетика не лише сприяє зменшенню залежності від імпорتنих енергоносіїв, а й відіграє важливу роль у досягненні кліматичних цілей, зокрема у виконанні зобов'язань за Паризькою кліматичною угодою.

Україна володіє значними ресурсами біомаси, що можуть бути використані для енергетичних потреб. Щорічно в країні утворюється близько 2 млн тонн умовного палива біомаси, зокрема відходів сільського господарства, лісового господарства та органічної частини побутових відходів. Згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, на деревину припадає 80% використання економічно доцільного потенціалу біомаси, тоді як для інших видів біомаси цей показник значно нижчий [3].

Біоенергетика є невід’ємною складовою «зеленого» енергетичного переходу України. Вона сприяє декарбонізації енергетики, оскільки біомаса є вуглецево нейтральним джерелом енергії. Під час спалювання біомаси вивільняється стільки ж вуглецю, скільки поглинається під час росту рослин, що робить цей процес екологічно збалансованим [1].

Згідно з прогнозами, до 2050 року біоенергетика може забезпечити 25-40% кінцевого споживання енергії в Україні, зокрема в секторі теплопостачання та транспорту. Для досягнення цих цілей необхідно впроваджувати сучасні технології, такі як когенераційні установки, біогазові комплекси та системи виробництва біометану [4].

Одним із основних напрямків використання біомаси є виробництво тепла. В Україні вже функціонують котельні, що працюють на біомасі, зокрема на пелетах та трісці. Такі котельні забезпечують теплом та гарячою водою житлові будинки, соціальні заклади та промислові підприємства. Прикладом є котельня в Обухові, яка працює на біомасі та щорічно економить понад 600 тис. гривень на витратах на енергоносії. До 2030 року планується, що в структурі споживання відновлюваної енергії в секторі теплопостачання та холодопостачання внесок біомаси становитиме 5749 тис. т н.е./рік, а біогазу – 235 тис. т н.е./рік за загального валового кінцевого споживання енергії з ВДЕ 7400 тис. т н.е./рік. Таким чином, частка біомаси разом із біогазом становитиме у 2030 році майже 81% у цьому секторі від усіх ВДЕ [2].

Використання біомаси для виробництва електричної енергії також має перспективи розвитку. Зокрема, у Харківській області проведено дослідження енергетичного потенціалу біомаси, яке показало, що сумарний електроенергетичний потенціал біомаси області дорівнює 2,4 ГВт·год, що відповідає потужності Зміївської ТЕС [5].

Використання біопалива в транспортному секторі є ще одним напрямком розвитку біоенергетики. В Україні вже розпочато виробництво біодизелю та біоетанолу, що можуть бути використані як альтернативні види палива для автомобілів та іншого транспорту. Це сприяє зменшенню викидів CO₂ та зниженню залежності від імпорتنих нафтопродуктів. До 2030 року планується, що частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії в транспортному секторі становитиме не менше 17%, що в перерахунку на натуральні величини складає 830 тис. т н.е.

Незважаючи на значний потенціал, розвиток біоенергетики в Україні стикається з рядом проблем. Серед основних перешкод можна виділити:

Недостатнє фінансування: Брак інвестицій у розвиток біоенергетичних проєктів, зокрема у сільських регіонах.

Регуляторні бар'єри: Відсутність чіткої нормативно-правової бази, що регулює використання біомаси, зокрема щодо вирощування енергетичних культур.

Технічні обмеження: Недостатній рівень технологічного оснащення підприємств, що займаються переробкою біомаси.

Інформаційна недостатність: Брак обізнаності серед населення та місцевих органів влади щодо переваг використання біомаси.

Для подолання зазначених перешкод та стимулювання розвитку біоенергетики в Україні необхідно: розробити та впровадити стратегію розвитку біоенергетики до 2030 та 2050 років, що включатиме чіткі цілі, заходи та механізми реалізації, забезпечити фінансування біоенергетичних проєктів через державні програми, міжнародні гранти та приватні інвестиції, розвивати інфраструктуру для збору, зберігання та переробки біомаси, зокрема в сільських регіонах, проводити інформаційну кампанію серед населення та місцевих органів влади щодо переваг використання біомаси.

Розвиток біоенергетики в Україні є важливою передумовою для досягнення енергетичної незалежності, підвищення рівня екологічної безпеки та реалізації принципів сталого розвитку. Біомаса — це доступне, відновлюване та кліматично нейтральне джерело енергії, потенціал якого в Україні ще далеко не вичерпано. Сучасні технології дозволяють ефективно використовувати відходи сільського господарства, деревину, біогаз і навіть побутові органічні відходи для генерації тепла й електроенергії.

Незважаючи на наявні виклики — регуляторні, технічні та фінансові — поступовий розвиток біоенергетичного сектору відкриває нові можливості для регіонального розвитку, зменшення залежності від імпортного палива та створення нових робочих місць. Комплексна державна політика, підтримка інновацій і підвищення рівня обізнаності населення стануть ключовими чинниками, які дозволять розкрити повний потенціал біомаси в межах «зеленого» енергетичного переходу України.

Список використаної літератури

1. Біоенергетика в Україні: стан, потенціал, перспективи / UABIO [Електронний

- ресурс]. – Режим доступу: <https://uabio.org/bioenergy-in-ukraine>
2. Біоенергетика України здатна повністю замінити імпортований газ – експерти / Екополітика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/bioenergetika-ukraini-zdatna-povnistju-zamistiti-importnij-gaz-eksperti>
 3. Відроджується енергетика: Біоенергетика / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/diialnist/vidnovliuvalna-enerhetyka/alternatyvna-enerhetyka/bioenerhetyka>
 4. Дудар Т. Як змінюється “зелена” енергетика в Україні // Економічна правда, 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2021/09/1/677373>
 5. Мельник С. Як змінюється зелена енергетика в Україні: що з нею буде в майбутньому // НВ Бізнес [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://biz.nv.ua/ukr/experts/jak-zminjujetsja-zelena-energetika-v-ukrajini-613993.html>

*Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва архітектури та дизайну
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

РОЛЬ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ У ФОРМУВАННІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ПРАКТИКИ В АРХІТЕКТУРІ І БУДІВНИЦТВІ

Сучасні українські міста стикаються зі зростанням енергоспоживання, нестабільністю постачання енергоносіїв і з необхідністю глибокої модернізації будівельного фонду. У цьому контексті ключове значення має підготовка фахівців, які здатні працювати за принципами енергоефективності, раціонального ресурсокористування та інженерної інтеграції. Завданням закладів фахової передвищої освіти є формування нової генерації практично орієнтованих спеціалістів, які мислять системно та володіють сучасними проєктними інструментами.

Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну є прикладом навчального закладу, що послідовно впроваджує принципи енергозбереження та енергоощадності в освітній процес. Уже з перших курсів студенти знайомляться з теоретичними основами енергоефективного проєктування, сучасних інженерних рішень, будівельної фізики, властивостей матеріалів і методів теплоізоляції. Важливо, що ці знання не залишаються суто теоретичними: вони послідовно реалізуються у курсових проєктах, у яких студенти апробують принципи оптимального енергоспоживання, просторової ергономіки, природного освітлення, мікроклімату та функціонального зонування.

Також інтегруються знання про сучасні будівельні технології, застосування відновлюваних джерел енергії, принципи сталого розвитку, циркулярної економіки та ресурсної автономності споруд. Студенти отримують навички роботи з нормативними документами, енергоаудиту, теплотехнічного моделювання, що дозволяє формувати повноцінне уявлення про життєвий цикл будівлі.



**Під час захисту курсових проєктів на відділенні архітектури та дизайну
Кам'янець-Подільського фахового коледжу будівництва архітектури та
дизайну**

На завершальному етапі навчання в межах дипломного проєктування студенти застосовують отримані знання на практиці. Проєктні рішення супроводжуються обґрунтуваннями щодо теплоізоляції, енерговтрат, вибору ефективних інженерних систем, зонування приміщень за енергоспоживанням. Враховуються можливості застосування фотоелектричних панелей, теплових насосів, систем природного освітлення, а також аналізується вплив архітектурної форми на мікроклімат будівлі.

Завдяки такій наскрізній підготовці, студенти отримують не лише фахові знання, а й компетенції, які відповідають сучасним вимогам будівельної галузі. Вони готові до розв'язання практичних задач — як у сфері нового будівництва, так і в реконструкції та енергомодернізації житлового фонду.

Контекстуально, світова тенденція рухається в бік створення міст з енергонеутральним балансом, мікрорайонів із замкненим енергетичним циклом, широкого впровадження BIM-технологій та smart-grid систем. Саме тому заклади фахової передвищої освіти, зокрема Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва архітектури та дизайну, відіграють стратегічну роль у підготовці фахівців, які зможуть працювати у цих нових умовах — не лише виконувати креслення, а й проєктувати відповідно до принципів енергоефективності, довговічності та адаптивності.

Фахова освіта має випереджати потреби ринку, формуючи фахівців, які не лише володіють інструментами, а й розуміють, як будівлі впливають на енергетичний баланс міст і які рішення будуть ефективними у довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Закон України № 2118-VIII від 22.06.2017 «Про енергетичну ефективність будівель». Відомості Верховної Ради України, 2017, № 33, ст. 371.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
2. ДСТУ А.2.2-8:2010. Склад та зміст розділу «Енергоефективність» у проектній документації на будівництво. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 18 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56993
3. Закон України № 1818-IX від 21.10.2021 «Про енергоефективність». Відомості Верховної Ради України, 2021, № 48, ст. 373.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
4. Марчук Е., Єрмаков С. Мотивація ощадливого енерговикористання у закладах фахової передвищої освіти. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” . економіки Матеріали 3-го Міжнародного круглого столу. ЗВО «ПДУ», Кам'янець-Подільський, 2024. С.49-51.
5. Єрмаков С. Досвід дистанційного викладання «креслення» в середовищі месенджерів соцмереж у Кам'янець-Подільському коледжі будівництва, архітектури та дизайну. Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації. 2020. с. 232-236.
<http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/9386>
6. Єрмаков С., Семенишена Р., Дубік В., Потапський П., Дуганець В. Систематизація прийомів і методів підвищення ефективності викладання лекцій. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Вип. 2.2024 С.11-18
https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2024_2_11.pdf

Елла МАРЧУК

Завідувач відділенням архітектури та дизайну.

Оксана СОЛОВЕЙ

Завідувач практикою

Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Кам'янець – Подільський, Україна

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД

Підвищення енергоефективності будівель закладів фахової передвищої та вищої освіти є важливою умовою для стабільного функціонування освітнього процесу в умовах енергетичних викликів. З огляду на зростання вартості енергоресурсів, загрози аварійного вимкнення, а також потребу у сталому розвитку, освітні установи вимушені впроваджувати комплексну політику енергозбереження.

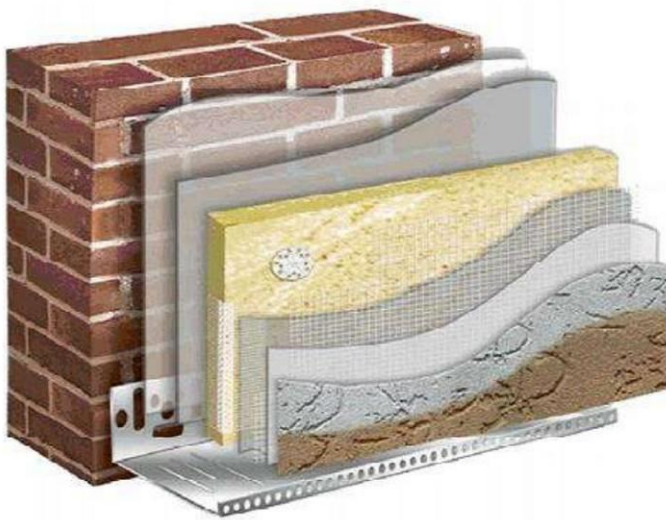
Основою ефективного підходу до енергомодернізації є послідовна реалізація ряду взаємопов'язаних етапів. Першочерговим кроком виступає проведення енергоаудиту, який дозволяє оцінити поточний стан систем опалення, теплоізоляції, освітлення, водопостачання та вентиляції. На основі результатів аудиту формується технічне завдання для розробки проєктних рішень, які повинні забезпечити зменшення споживання енергії при збереженні комфортних умов для навчання та праці.

Подальші етапи передбачають розроблення проєктної документації, проведення закупівельних процедур та реалізацію технічних заходів. Завершальним, але не менш важливим елементом є організація системного моніторингу, який дозволяє контролювати ефективність рішень і вчасно вносити корективи. Такий підхід дозволяє уникнути фрагментарних рішень і досягти сталого зниження витрат.

Реновація освітніх будівель охоплює цілу низку технічних рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності. Серед них: утеплення фасадів і перекриттів, встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з автоматичним погодозалежним регулюванням, модернізація систем опалення та вентиляції, впровадження енергоощадного освітлення, теплової ізоляції

трубопроводів та оновлення водогінних систем. Також, хоча й меншою мірою, доцільною є заміна вікон та дверей на конструкції з підвищеним опором теплопередачі. У сукупності ці заходи можуть забезпечити скорочення тепловтрат на 30–40%.

Під час виконання робіт необхідно суворо дотримуватись чинних будівельних норм. Вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій регламентує ДБН В.2.6-31:2021. Зокрема, йдеться про мінімальні значення опору теплопередачі, теплостійкість у зимовий і літній періоди, а також нормативи теплосасвоєння для підлоги. Відповідність цим нормам гарантує не лише енергоощадність, а й комфорт у приміщеннях протягом усього року.



Оцінити якість реалізованих робіт дозволяє тепловізійна діагностика. Цей інструмент дає змогу наочно виявити місця неефективного утеплення або тепловтрат, а також проаналізувати ефективність термомодернізаційних заходів.

Важливим напрямом є також підвищення обізнаності користувачів. Енергоспоживання напряму залежить не лише від технічного стану будівлі, а й від поведінки тих, хто у ній перебуває. Тому значна увага приділяється мотивації ощадливого використання ресурсів серед викладачів, співробітників і студентів. У цьому контексті ефективними є інформаційні кампанії, лекції, тренінги, енергетичні інструктажі, інтеграція теми енергоефективності у дисципліни. Особливої ролі набуває залучення студентів технічних спеціальностей до проведення енергоаудитів та розробки рішень на базі власного закладу, що створює прикладну модель навчання через реальну діяльність.

Успішне функціонування енергозберігаючої системи в закладах освіти базується на поєднанні технічних рішень, цифрових інструментів, грамотного управління та свідомої участі споживачів. Це дозволяє досягти значного

зниження експлуатаційних витрат і водночас посилити енергетичну стійкість у періоди критичних навантажень на систему.

У середньостроковій перспективі велику роль можуть відігравати додаткові джерела енергії. Серед них — автономні твердопаливні котельні, когенераційні установки та сонячні електростанції. Також все ширше застосовується механізм енергосервісних договорів (ЕСКО), який дозволяє залучити інвестиції на енергоефективні заходи без стартових витрат з боку закладу.

Таким чином, енергоефективність освітніх будівель — це не лише технічне завдання, а комплексна система управління, яка охоплює інженерну модернізацію, моніторинг, організаційну взаємодію та освітню складову. Реалізація таких заходів дозволяє освітнім закладам ефективно реагувати на енергетичні виклики, підвищувати власну автономність і сприяти сталому розвитку країни загалом.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ: Мінрегіон України, 2021. 47 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=97963
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Мінрегіон України, 2021. 65 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=102278
3. Марчук Е., Єрмаков С. Мотивація ощадливого енерговикористання у закладах фахової передвищої освіти. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” . економіки Матеріали 3-го Міжнародного круглого столу. ЗВО «ПДУ», Кам'янець-Подільський, 2024. С.49-51.
4. Єрмаков, С. В., Олексійко, С. Л., Пукас, В. Л., & Волинкін, М. Мотивація як психолого-педагогічний аспект підвищення рівня пізнавальної активності. Професійно-прикладні дидактики, (1), 2023. 17–22. <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2023-1-3>
5. Єрмаков С.В., Семенишена Р.В., Потапський П.В. Навчання графічної грамотності у закладах фахової передвищої освіти архітектурно-будівельного спрямування. Future of Work: Technological, Generational and Social Shifts: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, Dnipro, Ukraine, 2024. с. 49-51

6. Єрмаков С., Девін В., Ткачук В, Вільчинська Д. Залучення пізнавальної інформації при викладанні технічної механіки у закладах вищої освіти агротехнічного спрямування. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Вип.1 2022 (132). с. 33-39. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.1.4>
7. Єрмаков С., Семенишена Р., Дубік В., Потапський П., Дуганець В. Систематизація прийомів і методів підвищення ефективності викладання лекцій. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Вип. 2.2024 С.11-18 https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2024_2_11.pdf

Олег СВІНЦІЦЬКИЙ

Завідувач відділенням архітектури та дизайну.

Сергій ЄРМАКОВ

Викладач фахових дисциплін.

*Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Кам'янець – Подільський, Україна*

ІНТЕГРАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ У ПРОЄКТУВАННЯ УРБАНІСТИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

Сучасні виклики зміни клімату, зростання вартості енергоресурсів та орієнтація на сталий розвиток вимагають переосмислення підходів до архітектурного й міського проєктування. Будівля вже не сприймається як окремий об'єкт, а розглядається як елемент складної енергетичної й екологічної системи міста. Її вплив на навколишнє середовище, споживання ресурсів, взаємодія з інфраструктурою — усе це має враховуватись на етапі проєктування.

На рівні ЄС активно впроваджується концепція будівель з майже нульовим енергоспоживанням (nZEB), які не тільки споживають менше енергії, а й забезпечують комфорт, гнучкість та сталість. В Україні поступово запроваджуються енергоефективні норми, однак вони поки що слабо інтегровані у загальне планування міського середовища. Стає актуальним питання комплексної інтеграції енергоефективних та екологічних рішень у міську тканину — з урахуванням технічних, соціальних і просторових факторів.

Будівля як система — це підхід, за якого всі її компоненти (фасади, інженерні мережі, джерела енергії, конструкції, розташування в межах міста) розглядаються як частини цілісної енергетичної моделі. У такій системі фасад може не лише забезпечувати теплоізоляцію, а й генерувати енергію (через BIPV), забезпечувати вентиляцію, захист від перегріву, а також бути естетичним маркером стилю району. Інженерні рішення (теплові насоси, рекуперація, локальні системи зберігання енергії) повинні бути адаптовані до архітектурної структури й мікрокліматичних умов міста.

Інтеграція будівель у міське енергетичне середовище передбачає створення кластерів — мікрорайонів з балансом споживання й генерації енергії, а також розвиток принципів енергетичної кооперації (спільне використання

ресурсів, балансування навантаження). У містах, що впроваджують такі підходи (наприклад, Гренобль, Лунд, Утрехт), архітектурна політика спрямована на створення адаптивних, взаємопов'язаних і технологічно розумних об'єктів. Це змінює вигляд міст — з'являються нові типи дахів, фасадів, інфраструктури.

Для українських міст перспективним є поєднання термомодернізації з перебудовою мікрорайонів – з переходом від хаотичної забудови до системної, енергоефективної архітектурної структури. Пропонується впроваджувати принципи BIM-технологій, енергетичного моделювання ще на етапі концепції проєкту, що дозволяє об'єднувати проєктування, інженерію та планування у єдиний процес.

Прикладом впровадження такого підходу на локальному рівні є студентський проєкт "Екобудинок — це так просто!", розроблений у Кам'янець-Подільському фаховому коледжі будівництва, архітектури та дизайну. У рамках цього проєкту запропоновано концепцію компактного житлового будинку, зосередженого не лише на зниженні енергоспоживання, а й на мінімізації екологічного сліду. Проєкт передбачає використання екологічно безпечних матеріалів (деревини, глини, вапна), застосування утеплювачів із вторинної сировини, пасивних стратегій освітлення й вентиляції, можливість збору дощової води та використання сонячної енергії. Такий екобудинок не лише відповідає базовим критеріям nZEB, а й формує нову культуру побутової екологічної відповідальності.



Рис. 1. Візуалізація проєкту екобудинку

Проєкт свідчить, що екологічна архітектура може бути простою, доступною для реалізації, естетичною та повністю інтегрованою в локальне

середовище. Він також демонструє, що навчальні заклади можуть бути осередками інновацій не лише в теорії, а й у практиці створення сталих рішень для українських громад.

Розгляд будівлі як елементу системи дозволяє не лише оптимізувати її енерговитрати, а й формувати більш цілісне, комфортне та сталий урбаністичне середовище. Такий підхід має стати базовим принципом архітектурної практики у XXI столітті. Інтеграція енергоефективних та екологічних рішень у містобудівне планування потребує оновлення законодавства, міждисциплінарної співпраці та активної участі муніципалітетів. Українські міста мають шанс не просто адаптувати сучасні технології, а й стати прикладами системного переходу до зеленої урбаністики на європейському рівні.

Список використаних джерел

1. Єрмаков, С. В., Олексійко, С. Л., Пукас, В. Л., & Волинкін, М. (2023). Мотивація як психолого-педагогічний аспект підвищення рівня пізнавальної активності. Професійно-прикладні дидактики, (1), 17–22. <https://doi.org/10.37406/2521-6449/2023-1-3>
2. Єрмаков С.В., Семенишена Р.В., Потапський П.В. Навчання графічної грамотності у закладах фахової передвищої освіти архітектурно-будівельного спрямування. Future of Work: Technological, Generational and Social Shifts: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, Dnipro, Ukraine, 2024. с. 49-51
3. Єрмаков С., Семенишена Р., Дубік В., Потапський П., Дуганець В. Систематизація прийомів і методів підвищення ефективності викладання лекцій. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Вип. 2.2024 С.11-18 https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2024_2_11.pdf
4. Єрмаков С., Девін В., Ткачук В, Вільчинська Д. Залучення пізнавальної інформації при викладанні технічної механіки у закладах вищої освіти агротехнічного спрямування. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1 / 2022 (132). с. 33-39. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.1.4>

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець – Подільський, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У ПРОЦЕСІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Постановка проблеми. Сьогодні особливо гостро постає питання використання твердопаливних джерел енергії, оскільки продукти згоряння деяких видів палива є часто непередбачуваними і за певних обставин надзвичайно шкідливими. Під час переробки енергетичної сировини можуть додаватися різні речовини або проходити процеси, які можуть призводити до утворення шкідливих сполук.

Атмосферні забруднення органічними речовинами можуть мати серйозні наслідки для здоров'я людей, тварин і рослин, а також для екосистем в цілому. Вони здатні викликати захворювання дихальних шляхів, серцево-судинні, ракові захворювання, астму та інші серйозні проблеми зі здоров'ям. У випадку переробки рослинної сировини на паливний матеріал одразу вирішується низка проблем, пов'язаних з утилізацією відходів, та одержанням біопалива з меншим вмістом шкідливих речовин, процес виробництва якого може бути керованим [1]. Якість повітря під час торефікації – це важливий показник екологічності технології. Впровадження сучасних методів очищення і постійний моніторинг дозволяють зробити цей процес безпечнішим і більш сталим.

Виклад основного матеріалу.

Загальний енергетичний потенціал земної біомаси є досить значним навіть у порівнянні із нафтовим паливом. У світі виробляються мільйони тон біологічного палива на рік, хоча у процентному співвідношенні до утворюваної відновлювальної біомаси цифра є невеликою і становить декілька процентів. Світова електроенергетика протягом тривалого періоду часу існує у тому числі й на потужностях, що працюють на біомасі, причому більша частина припадає на відходи сільського господарства.

У процесі торефікації, метою якої є поліпшити паливні властивості біомаси, зробити її більш однорідною, гідрофобною та енергетичноємною, в інертній атмосфері (наприклад, азот або вуглекислий газ), або без доступу кисню виділяються наступні продукти: твердий залишок (торефікат) – використовується як біовугілля або замітник вугілля; газоподібні продукти – CO_2 , CO , легкі вуглеводні, які можуть бути використані для забезпечення енергії процесу; конденсовані леткі речовини (формальдегід, феноли, а також дрібнодисперсний пил).

Контроль цих викидів є вкрай важливим як для безпеки працівників, так і для захисту довкілля. Моніторинг якості повітря здійснюється за допомогою сучасних газоаналізаторів, хроматографічних методів, а також автоматизованих станцій безперервного контролю. Такі системи дозволяють виявляти перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин.

Феноли можуть утворюватися як продукти перетворення органічних речовин під час процесу піролізу, торефікації або газифікації твердого палива. Згоряння твердого палива, особливо в умовах недостатньої вентиляції чи неконтрольованого згорання, може призводити до великих викидів фенолів та інших шкідливих речовин у повітря.

Згідно даних про класифікацію небезпечних хімічних речовин, фенол за ступенем токсичності відноситься до сильно токсичних.

Тому визначення показників якості повітря під час опалювального сезону і особливо при використанні твердопаливних джерел енергії та пошук методів знешкодження негативного впливу продуктів згоряння на навколишнє середовище є актуальним і важливим.

Високий рівень фенолу у повітрі може свідчити про проблеми з якістю довкілля та потенційні ризики для здоров'я мешканців міста. Важливо вживати заходи для моніторингу та зменшення викидів цієї речовини, щоб забезпечити безпеку та комфорт мешканців

Нами проведено визначення якості повітря на вміст фенолу.

Було відібрано зразки для аналізу в одному з районів міста, де мешканці неодноразово скаржились на присутність сторонніх речовин, які забруднюють повітря настільки, що неможливо тривалий час перебувати в цьому середовищі, особливо у вечірню пору доби.

Для проведення аналізу нами обрано методику, що базується на утворенні забарвлених сполук фенолу, його похідних та гомологів із 4-аміноантипірином у

присутності гексаціаноферату (Ш) калію або амоній пересульфату при $\text{pH} = 10,0 \pm 0,2$.

Досліджування проводили методом фотоколориметричного аналізу. Вміст фенолу в зразках знайшли за калібрувальним графіком (табл.1). Для перерахунку вмісту фенолу у повітрі користувались спеціальними формулами.

Таблиця 1

Вміст фенолів у досліджуваних зразках повітря

Зразок	ГДК, мг/м^3	Вміст фенолу, мг/м^3
1	максимально разова 0,01 середньодобова 0,003	0,0000605
2		0,0001598
3		0,0001100

Висновки. Дослідження підтвердило присутність фенолу у повітрі розглянутого району. Це підтверджує скарги мешканців щодо неприємного запаху та інших негативних впливів на середовище. Вміст фенолу в повітрі не перевищує встановлені ГДК, що свідчить про те, що рівень забруднення не є критичним для здоров'я мешканців. Незважаючи на відносно низький рівень фенолу у повітрі зараз, варто продовжувати моніторинг якості повітря у даному районі. Потенційні джерела забруднення можуть змінюватися з часом, і моніторинг дозволить вчасно виявляти будь-які зміни в рівнях забруднення та вживати відповідних заходів.

Список використаних джерел

1. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019. С. 21–23.
2. Ямборак Р.С., Крачан Т.М. Особливості комплексного узагальненого оцінювання екологічної якості атмосферного повітря. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 129. 346 с.

ОВЧАРУК О.В.

доктор сільськогосподарських наук, доцент

ОВЧАРУК В.І.

доктор сільськогосподарських наук, доцент

ЗАГОРОДНИЙ В.В.

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

БАРДАР Д.А.

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець-Подільський, Україна

ПРИДАТНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БІОМАСИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО ПАЛИВА

Енергія біомаси – це важливий напрямок відновлювальної енергетики. Виробництво харчових продуктів є одним із найвагомих джерел викидів парникових газів, як у первинному виробництві, так і в переробці та логістиці. Серед зернових культур кукурудза займає вагоме місце, як в Україні, так і у всьому світі. Її універсальність полягає у напрямках використання, а саме: продовольчий, кормовий, технічний та особливо останнім часом, – енергетичний. Є багато інформації про вплив обробки рослинних решток, але контекст для оцінки впливу обробки рослинних решток у виробництві кукурудзи на вуглецевий слід досі невстановлено. Ефективне використання біомаси в енергетичних цілях не завжди дає необхідний ефект, тому є потреба в переробці біомаси.

В альтернативній енергетиці України з біомаси рослин кукурудзи на зерно поширені виробництва твердих палив: прямокутні і круглі тюки, гранули та брикети. Також біомаса кукурудзи використовується для субстрату біогазових установок.



Рис. 1. Поживні рештки рослин кукурудзи, способи їх збирання та переробки.

Стебла і листя кукурудзи після збирання основної продукції за характеристиками плавкості золи наближається до деревини (температура плавлення золи складає близько 1200°C), що забезпечує кращі умови для спалювання в порівнянні з біомасою інших зернових колосових культур.

Важливим питанням з точки зору викидів парникових газів є управління культурами таких рослин, як ріпак, кукурудза та пшениця, які виробляють велику кількість відходів із значним вмістом органічного вуглецю та високим енергетичним потенціалом. З точки зору виробництва енергії соломі раціонально використовувати, наприклад, як паливо для спалювання. Однак належне управління рослинними залишками має стратегічне значення, коли йдеться про оцінку викидів від сільськогосподарського виробництва та підтримання родючості ґрунту.

Список використаних джерел

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K., Yermakov S., Kucher O., Knapczyk A., Muliarchuk O., Koberniuk O., Kovalenko N., Kovalenko V., Ovcharuk O., Prokopchuk L. 2021. Agrobiomass of Ukraine – energy potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw, 136.
2. Овчарук О.В., Рахметов Д.Б. Єременко О.А. Федорчук М.І. Вплив абіотичних

- і біотичних факторів на сільськогосподарські рослини // Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції [Київ], 20-22 жовтня 2021 р. – Київ/НУБІП України, 2021. С. 215-217.
3. Ovcharuk, O.; Hutsol, T.; Ovcharuk, O.; Rudskyi, V.; Mudryk, K.; Jewiarz, M.; Wróbel, M.; Styks, J. (2020) Prospects of use of nutrient remains of corn plants on biofuels and production technology of pellets. In Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 293-300.
 4. Ovcharuk, O.V., & Ovcharuk, V.I. (2019). Metody analizu v ahronomii ta ahroekolohii: navchalnyi posibnyk. Kam'ianets-Podilskyi: TNEU, PDATU, TsNTU [In Ukrainian].
 5. Ovcharuk, O., Hutsol, T., Ovcharuk, O. (2018) Ekolohichni tendentsii ta perspektyvy vykorystannia biomasy roslyn dlia vyrobnytstva alternatyvnoho palyva v Ukraini / Zbirnyk naukovykh prats mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii «Ahrarna nauka i osvita v umovakh yevrointehratsii», Vol. 1, Kamianets-Podilskyi, P. 29-32

*Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"**м. Кам'янець-Подільський, Україна*

БІОЕТАНОЛ ІЗ СОРГО ЦУКРОВОГО ЯК ЕЛЕМЕНТ АГРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ УКРАЇНИ

Пошук ефективних та екологічно безпечних джерел енергії є стратегічним завданням для енергетичного сектору України. На тлі необхідності скорочення споживання викопного палива, підвищення енергетичної безпеки та виконання кліматичних зобов'язань, зростає роль біоенергетики — передусім у сільськогосподарських регіонах. Одним із напрямів її розвитку є побудова агроенергетичної моделі, що базується на поєднанні традиційного землеробства з виробництвом відновлюваних видів палива. Ця модель передбачає ефективне використання енергетичних культур, агровідходів і побічної продукції, включаючи можливість виробництва біоетанолу як рідкого моторного палива з локально доступної сировини.

На тлі зростання глобального попиту на енергію та необхідності скорочення викидів парникових газів дедалі більшого значення набуває виробництво біоетанолу з недорогих, невибагливих та високопродуктивних культур. Серед них особливу увагу привертає сорго цукрове — теплолюбна однорічна рослина, що накопичує значну кількість розчинних цукрів у стеблах і має високий потенціал як сировина для біоетанольного виробництва.

Сорго вирізняється пластичністю до ґрунтово-кліматичних умов, здатністю ефективно використовувати вологу та швидко формувати вегетативну масу. Завдяки цим властивостям культура добре адаптована до умов України, зокрема її Лісостепової та Степової зон. Вирощування сорго цукрового не конкурує з традиційними продовольчими культурами, а тому відповідає принципам сталого сільського господарства та біоекономіки.

Світовий досвід засвідчує широке використання сорго цукрового як сировини для виробництва біоетанолу, особливо в країнах із тропічним і субтропічним кліматом. У Китаї, Індії, США, Бразилії та Австралії ця культура активно використовується для створення другорядного або сезонного джерела біоетанолу поряд із цукровою тростиною. Її переваги включають короткий вегетаційний період, високу енерговіддачу та можливість повної механізації

виращування і збирання. У промислових масштабах вдається отримувати понад 4000 л біоетанолу з гектара при цукристості соку понад 16 %.

В українських умовах сорго цукрове демонструє стабільні врожаї зеленої маси в межах 40–60 т/га, залежно від сорту та технології виращування. Потенційний вихід біоетанолу за оптимальних умов досягає 2–2,3 т/га, що є високим показником серед однорічних культур. При цьому, крім етанолу, переробка сорго дозволяє отримувати побічні продукти — стислі залишки, придатні для використання як тверде паливо або корм.

Водночас ефективність біоетанольного виробництва з сорго суттєво залежить від технологічних рішень у виращуванні. Такі фактори, як мінеральне живлення, захист від бур'янів та сортові особливості, здатні змінювати як урожайність, так і концентрацію цукрів у соку. За сприятливих агротехнічних умов вихід біоетанолу може збільшуватись на 25–35 % порівняно з базовим рівнем, що підтверджує тісний зв'язок між агрономією та енергетичними результатами.

Виробництво біоетанолу із сорго також дає побічні продукти — пресовані залишки стебел, придатні як тверде біопаливо або корм, що підвищує загальну ефективність використання біомаси. Таким чином, сорго цукрове не лише дозволяє одержувати рідке біопаливо, але й створює основу для комплексного біоенергетичного циклу в межах господарства чи територіальної громади.

Попри значний потенціал, впровадження сорго цукрового в енергетичну модель України наразі стримується низкою чинників. Насамперед ідеться про недостатню інфраструктуру для переробки соку на біоетанол: більшість спиртових заводів не пристосовані до сезонної роботи з нестандартизованою сировиною, а логістика транспортування соку та зберігання соковмісної біомаси залишається нерозвиненою. Бракує також технологій консервування зеленої маси без втрат цукру, що обмежує масштабування виробництва. Додатковими бар'єрами є відсутність сформованого внутрішнього попиту на біоетанол та недосконалість державної політики у сфері підтримки біопалива другого покоління. Розв'язання цих проблем потребує комплексного підходу — від створення локальних переробних потужностей до нормативного визнання біоетанолу повноцінним енергетичним ресурсом у структурі національного ринку пального.

Сорго цукрове має високий потенціал як сировина для виробництва біоетанолу в умовах України, що підтверджується як світовим досвідом, так і результатами вітчизняного виращування. Ефективність використання культури значною мірою залежить від технології її виращування, зокрема рівня живлення, захисту від бур'янів і правильного підбору гібридів. При оптимальних

агротехнічних умовах вихід біоетанолу може перевищувати 2,3 т/га. Подолання інфраструктурних і нормативних бар'єрів дозволить інтегрувати сорго цукрове в систему біоенергетичного виробництва, сприяти енергетичній незалежності держави та розвитку циркулярної аграрної економіки.

Список використаних джерел

1. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
2. Кобернюк О.Т., Мулярчук О.І. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу з сорго цукрового [Текст] // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2017. – Вип.26.-Ч. 1. – С. 94-101.
3. Кобернюк О.Т., Кух М.В. Вплив позакореневого підживлення на урожайність сортів сорго зернового. Міжнародна науково-практична конференція присвячена 90 - річчю від дня народження О.С. Алексєєвої "Селекція, насінництво, технології вирощування с/г культур: досягнення і перспективи" м. Кам'янець-Подільський, 25-26 квітня 2016 р.
4. Khomina V., Trach I., Semenyshyna I., Koberniuk O., Mudryk K. et al. Potential of Soybean Straw in Ukraine and Solid Biofuel Production. In: Wróbel M., Jewiarz M., Szlęk A. (eds) Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. Springer Proceedings in Energy. Springer, Cham. 2019. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-13888-2_15
5. Кучер О., Єрмаков С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування. Кам'янець-Подільський, 2022 С.205-208

ФУГЕЛО П. М.

Кандидат економічних наук, доцент

САВІЦЬКА С.І.

Кандидат економічних наук, доцент

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м.Кам'янець-Подільський, Україна

ЕНЕРГЕТИЧНІ КООПЕРАТИВИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ МІСЦЕВИХ ГРОМАД

В сучасних умовах, особливо на тлі повномасштабної війни, коли централізована енергосистема стала вразливою до атак, зростає значення децентралізованих форм енергозабезпечення.

Створення нових об'єктів генерації електроенергії вимагає значних капіталовкладень. Одним з ефективних способів залучення інвестицій є організація енергетичного кооперативу. Такі кооперативи об'єднують громадян, підприємства та організації навколо спільної мети — впровадження локальних проєктів у сфері відновлюваної енергетики. Їхня діяльність спрямована на виробництво екологічно чистої енергії, незалежної від великих енергетичних компаній. Члени кооперативу інвестують у його розвиток, і, відповідно до розміру внеску, мають частку в управлінні та доступі до електроенергії.[1]

Енергетичний кооператив представляє собою об'єднання фізичних та юридичних осіб – акціонерів, які створили кооператив коштом власних пайових внесків. Вони управляють кооперативом та отримують прибутки від його діяльності.

Енергетичні кооперативи функціонують як юридичні особи на принципах самоуправління та самофінансування. Їхня внутрішня структура базується на демократичних засадах: кожен член має один голос незалежно від суми внеску, хоча прибуток розподіляється пропорційно до розміру пайової участі. Усі ключові питання – від прийому нових учасників до розподілу прибутку – вирішуються спільно. [2]

Беручи до уваги успішний європейський досвід, можна визначити важливі кроки зі створення енергетичних спільнот: встановлення партнерських відносин із місцевими зацікавленими сторонами, аналіз енергетичних потреб громади,

вибір найефективніших технологій ВДЕ, розробка фінансових моделей та залучення громади до реалізації проєкту.[3]

Основні переваги енергетичних кооперативів:

- зниження власних витрат. Учасники кооперативу мають змогу отримувати е/е за нижчою ціною або ж навіть повністю покривати потреби в електриці. Додатково вдається отримувати заробіток на продажу за зеленим тарифом;
- енергетична незалежність. При теперішній нестабільності енергосистеми – це дуже важливий нюанс, адже вдається уникнути ризиків, пов'язаних з відсутністю е/е тривалий час;
- підтримка місцевої економіки та громад. Енергетичні кооперативи можуть створювати робочі місця, адже потрібно здійснювати обслуговування систем. Додатково, отримані доходи можуть спрямовуватись на різноманітні проєкти в громаді;
- екологічна відповідальність. Використання сонячної енергії виключає викиди вуглекислого газу, що позитивно впливає на екосистему. [4]

Наразі найбільш успішний досвід діяльності енергоспільнот в ЄС демонструє Німеччина. На 2022 рік в Німеччині діяли 914 енергетичних кооперативів, що загалом виробляють 3,5% відновлюваної енергії країни. Вони мають понад 220 тисяч членів, які близько 3,3 млрд євро інвестицій вклали у зелену енергетику”. [2]

Наразі єдиним прикладом функціонування муніципального енергетичного кооперативу в Україні є проєкт, реалізований у місті Славутич, Київської області. Мова йде про кооператив під назвою “Сонячне місто”, який був заснований у 2018 році. На сьогодні виробництво електроенергії забезпечується трьома сонячними електростанціями, сукупна потужність яких становить 200кВт. Сонячні панелі встановлено на дахах муніципальних будівель, що належать громаді. Для розміщення обладнання кооператив отримав ці об’єкти в оренду на пільгових умовах. Договори оренди укладено до 2049 року з комунальним підприємством “Агенція регіонального розвитку” міста Славутич, що дало змогу забезпечити стабільність та довгостроковість функціонування енергетичного кооперативу.

Отже, одним із ключових напрямів впровадження відновлюваних джерел енергії є ініціативи на рівні місцевих громад. Органи місцевого самоврядування

можуть відігравати важливу роль у цьому процесі, інформуючи населення, організовуючи навчальні заходи та запроваджуючи програми підтримки. Важливо, щоб як жителі, так і влада усвідомлювали переваги ВДЕ — зниження витрат на енергопостачання, зміцнення енергетичної та екологічної безпеки, а також створення нових робочих місць. [5]

Список використаних джерел

1. «Зелені» енергетичні кооперативи в Україні. URL: <https://citizenenergy.com.ua/uk/our-resouces/stattya-zeleni-enerhetychni-kooperatyvy-v-ukrayini>
2. Як за допомогою власної генерації забезпечити громаду зеленою енергією. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/yak-za-dopomohoju-vlasnoi-generatsii-zabezpechyty-hromadu-zelenoiu-enerhiieiu>
3. Кооперативний рух: чого бракує для розвитку енергоспільнот в Україні. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/enerhetychni-spilnoty-maiut-staty-vahomymy-hravtsiamy-zelenoho-enerhorynku>
4. Що таке енергетичний кооператив і які його перспективи в Україні URL: <https://agrologistyka.in.ua/sho-take-energetichnii-kooperativ-i-yaki-iogo-perspektivi-v-ukrayini/>
5. Фугело П. М. Фінансування проєктів відновлювальної енергетики в сільських громадах: проблеми та можливі рішення. Бізнес Інформ. 2025. №2. С. 319-326

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець – Подільський, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИБІР МЕТОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МОЛОЧНОГО ЦЕХУ

Одним із ключових завдань, яке вирішується як на етапі проектування, так і під час експлуатації систем промислового електропостачання, є компенсація реактивної потужності. Це включає визначення доцільних джерел компенсації, розрахунок їхньої потужності, оптимальне розташування в системі електропостачання підприємства та регулювання їх роботи.

Суттєві кількісні та якісні зміни, що відбулися в галузі промислового енергопостачання за останні роки, роблять це питання особливо актуальним. Передача реактивної потужності на великі відстані — від місця її генерації до місця споживання — суттєво погіршує техніко-економічні показники електропостачання.

Для стабілізації параметрів електроенергії, зокрема при нестабільних навантаженнях, асиметрії та спотворенні форми струму й напруги, застосовуються фільтрокомпенсуючі та фільтросиметруючі пристрої. Проте в реальних умовах вони часто призводять до значних капітальних витрат та додаткових втрат електроенергії.

Більша частина активної потужності споживається безпосередньо споживачами, тоді як у мережі та обладнанні втрачається лише її незначна частина. Активну потужність генерують електростанції, тоді як джерелами реактивної можуть виступати не лише генератори станцій (хоча це не їх основна функція), а й синхронні двигуни, компенсатори, батареї конденсаторів, тиристорні пристрої компенсації та самі лінії електропередач.

Використання конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах сьогодні обумовлено низкою чинників:

- зростанням вартості електроенергії та її зростаючою часткою в собівартості продукції;
- необхідністю зниження втрат електроенергії в електричних мережах;
- погіршенням якості електроенергії через зростаюче використання нелінійних та спотворюючих навантажень;
- появою нових державних будівельних норм України, що стимулюють або зобов’язують впроваджувати компенсаційні заходи як для нових, так і для діючих підприємств.

Компенсація реактивної потужності — це доступний і надзвичайно ефективний метод підвищення ефективності електропостачання, що дозволяє скоротити всі види втрат електроенергії. Однак слід зазначити, що сама по собі компенсація є поняттям відносним: вона стосується переважно мережі, з якої зменшується споживання реактивної енергії. Реактивна ж потужність, необхідна для роботи обладнання, може забезпечуватись локальними джерелами — такими як конденсатори, синхронні двигуни або компенсатори.

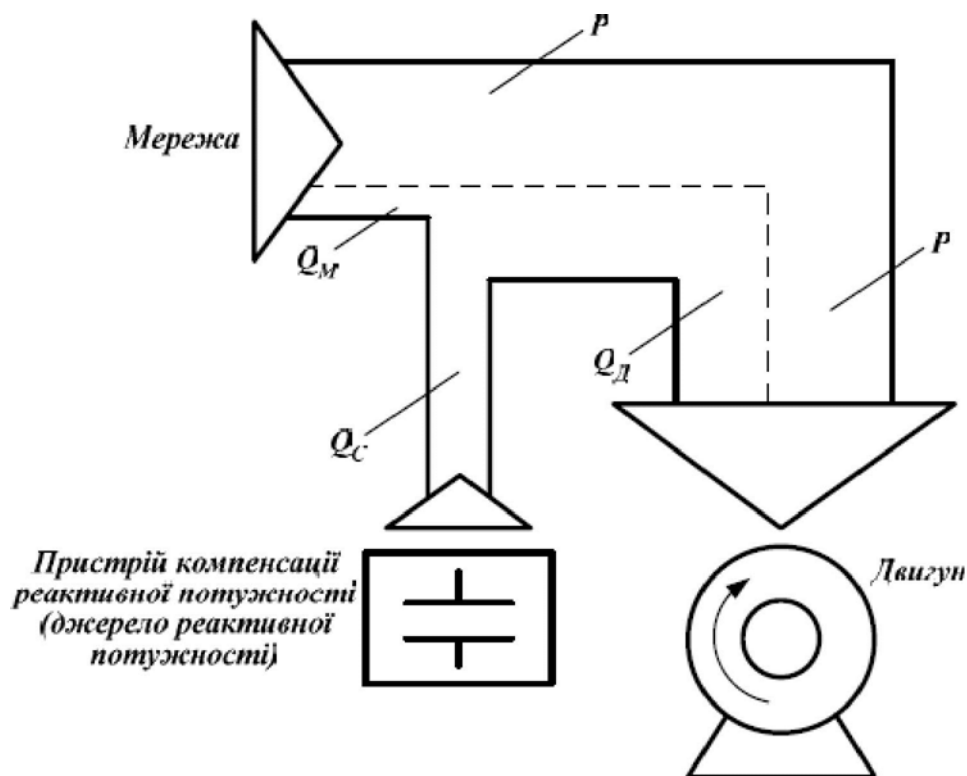


Рис.1.1 – Діагр.ама компенсації реакти.вної потужності:

P - активна потужність;

Q_M - реактивна потужність мережі;

Q_c - реактивна потужність пристрою компенсації;

Q_d - реактивна потужність двигуна

При роботі з перезбудженням синхронний двигун поводить себе в мережі як ємнісний елемент — його реактивна складова струму випереджає напругу на кут $\varphi = \pi/2$. Синхронний компенсатор — це той самий синхронний двигун, який працює без навантаження або з мінімальним навантаженням, виконуючи функцію регулювання реактивної потужності.

Оцінка економічної доцільності технічних рішень передбачає виконання комплексу заходів:

- вибір об'єкта для порівняння;
- визначення системи показників, що відображають особливості запропонованого і базового варіантів;
- збір необхідних вихідних даних;
- розрахунок та аналіз показників економічної ефективності.

Вимоги до базових показників для порівняння залежать від стадії виконання аналізу. Так, на етапі планування науково-дослідних та конструкторських робіт за основу беруться показники найкращих сучасних зразків техніки.

Економічна вигода від впровадження автоматичних конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності складається з кількох складових:

- зниження витрат на оплату реактивної енергії, яка у деяких регіонах України становить від 12% до 40% вартості активної електроенергії;
- для існуючих об'єктів — скорочення втрат електроенергії в кабельних мережах завдяки зменшенню фазних струмів;
- для нових об'єктів — економія на прокладанні кабельних ліній за рахунок зменшення перерізу кабелів.

Список використаних джерел

1. Tryhuba A., Bashynsky O., Garasymchuk I., Gorbovy O., Vilchinska D., Dubik V. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the Ukrainian Carpathians. E3S Web of Conferences, 2020, vol. 154, art. no. 06002.

2. Горбовий О.В., Михайлова Л.М., Дубік В.М. Дослідження процесу залучення комах до штучних джерел оптичного випромінювання. Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (3–4 грудня 2020 р., Україна, Дніпро), 2020, т.1, с. 307–310.
3. Михайлова Л.М., Камишлов В.Г., Дубік В.М., Горбовий О.В. Дослідження перехідних процесів в системах підпорядкованого регулювання швидкості (е.р.с.) двигуна постійного струму із задатчиками інтенсивності. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2019, вип. 30.
4. Дубік В.М., Горбовий О.В., Овчарук О.В. Особливості генерації біогазу з твердих побутових відходів. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. міжнар. наук. інтернет-конф. (20 листопада 2019 р., м. Тернопіль) / редкол.: А. Samborski, M. Niemiec, В.І. Овчарук [та ін.] – Тернопіль: ТНЕУ, 2019. – С. 97–100.

ТЕХНІЧНИЙ РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНИХ САДЖАЛОК ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Сучасні вимоги до енергетичної безпеки та екологічної стабільності визначають біоенергетику як один із ключових напрямів розвитку аграрної і технічної науки. Однією з найперспективніших культур для виробництва біомаси є енергетична верба, що вирізняється здатністю швидко нарощувати надземну масу та ефективно відновлюватися після зрізання. Поширення плантаційних методів вирощування таких культур потребує високої продуктивності технологічних операцій, зокрема, садіння. На практиці цей процес досі залишається трудомістким і недостатньо механізованим, особливо в частині обробки садивного матеріалу та його поштучної подачі.

Аналізуючи сучасний стан технічного забезпечення садіння енергетичних культур, можна констатувати, що повністю автоматизовані саджалки на ринку представлені обмеженою кількістю моделей, здебільшого іноземного виробництва. Найвідоміші з них — це агрегати, які працюють із довгими прутами (наприклад, Energy Planter виробництва Dan Egedal), розрізаючи їх на живці безпосередньо в процесі садіння. Такі машини частково виключають участь людини, забезпечують високу якість посадки, але водночас вимагають попередньо підготовленого рівномірного матеріалу і залишають за саджальником функцію подачі сировини. Крім того, вартість подібних машин є занадто високою для більшості українських виробників.

Більш поширеною є практика використання саджалок, у яких висаджування живців довжиною 20–25 см здійснюється вручну. У таких системах саджальники поштучно закладають живці в апарати, що суттєво обмежує продуктивність (до 40–60 шт/хв) і залежить від людського фактора.

Саме ця ділянка технологічного процесу — від накопичення живців до їх подачі в сошник — і є найменш автоматизованою.

У світовій і вітчизняній практиці запропоновано низку підходів до автоматизації садіння, більшість з яких базуються на гравітаційній або механічній подачі живців із буферного бункера. Відомі рішення з лісівництва та овочівництва демонструють доцільність використання систем поштучного дозування садивного матеріалу через обертові барабани, касетні механізми, шнекові живильники або карусельні апарати. Проте більшість із них потребують або ідеально рівномірного матеріалу, або складної системи орієнтування. Для енергетичної верби характерна значна варіативність форми та маси живців, що створює додаткові труднощі для автоматизації.

Одним із конструктивних рішень, яке враховує ці особливості, є використання щільного бункера з певною геометрією, яка забезпечує вільне переміщення масиву живців під дією сили тяжіння. Експериментальні дослідження показали, що параметри таких бункерів — зокрема кути нахилу стінок (не менше 40°) та ширина вивантажувального вікна — критично впливають на надійність і рівномірність подачі. Для поштучного відбору доцільним виявився барабан із комірками, які за розмірами й формою здатні утримувати один живець і відсікати надлишкові. Комбінування такого барабана з прямою системою дозволяє здійснювати орієнтацію живця в задане положення без активного втручання оператора.

У ряді досліджень запропоновано інтеграцію механізму подачі живців з рухом агрегату, з використанням ланцюгової передачі. Такий підхід дозволяє синхронізувати подачу живця з рухом саджалки, автоматизуючи крок посадки залежно від передавального відношення. Дослідні зразки таких механізмів були апробовані в польових умовах, показавши стабільність роботи, зменшення ручної праці та рівномірне розміщення живців у ґрунті.

Незважаючи на позитивні результати, подальше вдосконалення подібних систем потребує врахування динамічних ефектів (вібрацій, трясіння під час руху машини), а також адаптації механізмів до нерівномірних партій садивного матеріалу. Також актуальним залишається питання попереднього орієнтування живців у бункері, що поки що виконується вручну.

Сьогодні очевидним є те, що підвищення продуктивності машин для висаджування живців енергетичних культур можливе лише за умови впровадження надійної автоматизованої подачі, яка здатна працювати з масовим

матеріалом, не потребуючи складних візуальних або сенсорних систем. Синтез сучасних механічних рішень і результатів експериментального моделювання руху живців створює основу для подальшого розвитку цього напрямку. Такі рішення вже сьогодні знаходять практичне застосування в експериментальних агрегатах, захищені патентами та відкривають шлях до створення повністю автоматизованих саджалок вітчизняного виробництва.

Список використаних джерел

1. Mudryk K. Hutsol T. Ovcharuk O. Yermakov S. Określenie rozłożenia pędów wierzby energetycznej. Trends and challenges of modern agricultural science: Theory and practice. НУБіП. 2021. с.19-21
2. Єрмаков С.В., Кучер О.В., Думанський О.В., Овчарук О.В. Стан та розвиток біоенергетики на основі енергетичної верби і тополі. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: Теорія і практика. НУБіП. 2021. С.114-115
3. Гук Я.В. Перешкоди для енергетичного використання агробіомаси на ринку України. «Ефективне використання енергії. Стан і перспективи». Кам'янець-Подільський. 2021. С.60-62.
4. Єрмаков С., Потапський П., Олексійко С. Деякі аспекти розподілу витрат на етапах створення плантацій енергетичної верби. Форсайт розбудови України: економіко-правовий та управлінський виміри.. Запоріжжя, Україна. 2024. с.230-236
5. Кучер О. Управління розвитком біоекономіки в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: зб. матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2024. С.19-23
6. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
7. Єрмаков С.В., Гуцол Т.Д., Потапський П. В., Гарасимчук І.Д. Структурування процесу автоматизації садіння живців енергетичної верби. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes. Вип. 3 (45) С.10-17

ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ З САНІТАРНОЇ РУБКИ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

В умовах зростання вартості природного газу та електроенергії для тепличного господарства в Україні постає необхідність пошуку альтернативних джерел енергії. Одним із перспективних напрямів є використання деревини з санітарної рубки — як місцевого, доступного та відновлюваного ресурсу. Це дозволяє не лише забезпечити тепло, а й раціонально утилізувати деревні відходи.

Мета дослідження: Обґрунтування економічної та екологічної ефективності використання деревини з санітарної рубки як джерела тепла для обігріву теплиць.

Санітарна рубка — це лісогосподарський захід, під час якого видаляються хворі, сухостійні або пошкоджені дерева. Завдяки правильно організованому процесу санітарної рубки можливо створити здоровий мікроклімат в лісі, що зменшить кількість комах, які останнім часом все частіше стають причиною спалаху різних захворювань. Ліси – це не тільки сировинне, а й рекреаційне середовище. Збалансованість площ ріллі, пасовищ і лісів створює екосистему сталого розвитку, яка здатна забезпечити громаді, що проживає на цій території базові потреби.

На Хмельниччині впродовж останніх 5 років, незважаючи на складну ситуацію, пов'язану з військовою агресією росії, активно розвивається тепличний бізнес. [1] Теплиці дають змогу в умовах мінливої погоди отримувати гарантовані врожаї, створюючи більшу додану вартість. Також це один з елементів розвитку для громади. Створення додаткових робочих місць тягне за собою покращення соціальної інфраструктури і підвищує привабливість для проживання в громаді. Доглянутість лісових масивів сприяє розвитку рекреаційного сектора і дає змогу ефективніше розвивати зелений туризм, такий характерний для західних територій нашої країни. В сукупності ці фактори

впливають на економічну привабливість для залучення зовнішніх інвестицій в розвиток як регіону, загалом, так і окремих громад.

Пошуки ефективного джерела опалення тепличного господарства нашоухують на використання побічних продуктів рослинництва. Лісове господарство може і повинно стати постачальником енергоресурсів для вирішення цього завдання. Використання викопних вуглеводнів зіштовхується з деякими перешкодами. Зокрема, теплиці будуються на сприятливих ґрунтах, і не завжди в кроковій доступності до енерготранспортної мережі. Натомість переваги використання відходів лісового господарства наведені нижче.

Переваги використання деревини для опалення:

безкоштовне або недороге джерело сировини;
зниження ризику лісових пожеж внаслідок прорідження насаджень і прибирання сухостою;
екологічно безпечна утилізація відходів;
зменшення залежності від викопного палива.

Для обігріву теплиць використовується наступна технологія:

Тип палива: дрова, тріска, брикети.

Котельне обладнання: твердопаливні котли з автоматичною або ручною подачею.

Системи акумуляції тепла (теплобаки) для рівномірного опалення теплиці.

Автоматизація: сучасні твердопаливні котли мають ККД до 85–90%.

Табл 1. Порівняння співставних характеристик енергоресурсів

Показник	Газ (м³)	Дрова (м³)
Вартість 1 Гкал	3056–3725 грн	1 200–1 800 грн
Вартість 1 м³	24,45-29,80 грн	1600-2100 грн
Енергетична цінність 1 м³	0,0082 Гкал	1,5 Гкал
Експлуатаційні витрати	Високі	Низькі
Доступність ресурсу	Обмежена	Висока (місцева)
Складність зберігання	Висока	Низька

Примітка. Вага 1 м³ дров від 500 до 800 кг (залежно від вологості), а 1 кг в середньому дає 0,0022-0,0025 Гкал

При використанні місцевої деревини економія витрат на опалення може становити 50–70%.

Поруч з соціально-економічним ефектом використання даного енергоносія має місце і екологічний аспект, такий важливий в умовах зміни клімату і досягнення цілей сталого розвитку [4,5] Сюди можна віднести: зменшення викидів CO₂ у порівнянні з газом чи мазутом, вторинне використання лісових відходів без шкоди для екосистеми, підвищення стійкості тепличного виробництва до енергетичних криз.

Як один з кейсів ефективного використання пропонованого способу обігріву господарство в Івано-Франківській області, яке перевело теплиці площею 600 м² на опалення дровами із санітарної рубки. [2]

Результати:

- економія понад 100 тис. грн/рік на паливі;
- повна енергонезалежність;
- стабільна температура в теплицях навіть у пікові морози.

З усього наведеного можна зробити наступні висновки:

1. Використання деревини з санітарної рубки — економічно вигідне рішення для тепличного бізнесу.
2. Місцеві ресурси дозволяють створити замкнутий енергетичний цикл без додаткових витрат на транспортування.
3. Перехід на біопаливо сприяє екологізації агровиробництва та розвитку альтернативної енергетики.
4. Необхідна підтримка на рівні держави та органів місцевого самоврядування: гранти, пільгові кредити, консультації.

Для більш ефективного реалізації даного проєкту рекомендується:

- Створити кооперативи з використання біомаси в межах громади.
- Поширити успішні кейси серед аграріїв.
- Розробити механізми субсидування закупівлі твердопаливного обладнання.

Список використаних джерел

1. У Хмельницькій області побудували розсадну теплицю та заснували овочевий хаб. URL: <https://agroreview.com/content/u-hmelnyczkij-oblasti-pobuduvaly-rozsadnu-teplyczyu-ta-zasnuvaly-ovochevyj-hab/> (дата звернення: 30.04.2025)

2. В Івано-Франківській громаді створюють комунальне тепличне господарство. URL: <https://suspilne.media/ivano-frankivsk/562937-v-ivano-frankivskij-gromadi-stvoruut-komunalne-teplicne-gospodarstvo-so-vidomo/> (дата звернення: 30.04.2025)
3. Доктрина «Україна 2030» URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE> (дата звернення: 30.04.2025)
4. У столиці презентували Доктрину збалансованого розвитку України. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=VgE2z18NjBs> (дата звернення: 30.04.2025)
5. 17 цілей сталого розвитку. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (дата звернення: 01.05.2025)
6. Адміністративно-правовий механізм охорони лісового фонду в Україні: монографія/А. В. Боровик, В. О. Барчук. Одеса: Вид. дім «Гельветика», 2022. 260 с.

Дарія ВІЛЬЧИНСЬКА

кандидат сільськогосподарських наук

*Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Вітрова енергетика є однією з найбільш перспективних галузей відновлюваної енергетики, здатною забезпечити сталий розвиток енергетичних систем, зменшити залежність від викопних джерел енергії та сприяти зниженню викидів парникових газів. В Україні, з її значним потенціалом вітрової енергії, розвиток цієї галузі має стратегічне значення для енергетичної безпеки та економічного відновлення країни після війни.

Глобальні кліматичні зміни, зростання вартості викопного палива та загрози енергетичній безпеці зумовлюють необхідність активного переходу до відновлюваних джерел енергії. Вітрова енергетика, як одна з найрозвиненіших галузей «зеленої» енергетики, відіграє ключову роль у цьому процесі. Для України, яка потерпає від збройного конфлікту та енергетичної залежності від імпорتنих ресурсів, розвиток вітрової енергетики є не лише шляхом до сталого енергозабезпечення, а й важливим елементом післявоєнного відновлення економіки.

Однак, попри наявний природний потенціал та зацікавленість інвесторів, галузь стикається з низкою викликів: пошкодженням інфраструктури внаслідок воєнних дій, обмеженим доступом до деяких територій, нестачею фінансування, а також необхідністю модернізації та впровадження новітніх технологій. Саме тому дослідження перспективних технологій вітрової енергетики, їхнього впливу на енергоефективність, надійність системи та економічну доцільність є актуальним і стратегічно важливим завданням.

Вітрова енергетика — це технологія перетворення кінетичної енергії вітру на електричну енергію за допомогою вітрових турбін [5].

На початку 2025 року в Україні нараховується приблизно 700 вітрових турбін, які функціонують у складі понад 30 вітрових електростанцій. Частина з них розташована на тимчасово окупованих територіях. Загальна встановлена

потужність українських ВЕС становить близько 1,921 ГВт, з яких приблизно 1,3 ГВт припадає на об'єкти, що знаходяться в Донецькій, Луганській, Херсонській та Запорізькій областях, тимчасово непідконтрольних Україні. Тому, наразі ефективно постачають електроенергію в об'єднану енергосистему України лише ті ВЕС, що розташовані на заході країни і це становить 583,8 МВт [3].

У 2024 році в експлуатацію було введено лише 20 МВт нових потужностей, що значно менше порівняно з попереднім роком, коли було підключено 238 МВт. Така динаміка пов'язана з ускладненням безпекової ситуації, логістичними труднощами та обмеженим фінансуванням у період війни. Внаслідок війни значна частина вітрових електростанцій зазнала пошкоджень. Зокрема, російські дрони пошкодили 11 вітротурбін, включаючи 4-МВт турбіну на 40-МВт Дністровській ВЕС у січні 2024 року.

Незважаючи на це, деякі проекти продовжують розвиватися. Наприклад, компанія DTEK планує розширити Тилігульську ВЕС з 114 МВт до 500 МВт, інвестуючи 450 млн євро в закупівлю 64 вітротурбін від данського виробника Vestas. Завершення проекту планується на кінець 2026 року. Цей проект стане найбільшим вітровим парком у Східній Європі. На сьогодні тривають перемовини з потенційними інвесторами та виробниками нового обладнання. Окрім Тилігульської ВЕС планується будівництво ще шести вітроелектростанцій. Компанія DTEK розглядають перспективу реалізації ще двох великих проектів з будівництва вітрових електростанцій у Полтавській та Вінницькій областях. Сумарна потужність цих об'єктів може перевищити 1 ГВт. На поточному етапі один із проектів перебуває на стадії технічного аналізу [6].

В період з 2022 по 2024 рік було лише частково побудовано 4 ВЕС. Через нестабільну ситуацію в країні будівництво рухається досить повільно, але розвиток вітроенергетики зіштовхується і з іншими проблемами, зокрема, на законодавчому рівні. Серед них борги на ринку електроенергії та відсутність покупців, що готові контрактувати електрику на довгі періоди [4].

Одночасно вітрові проекти в Україні продовжує реалізовувати компанія Elementum Energy, яка є найбільшим виробником "зеленої" енергії в Україні. Попри війну та борги перед виробниками з боку держави, компанії вдалось добудувати та ввести в експлуатацію Дністровську ВЕС потужністю 100 МВт, з яких 60 МВт було введено у 2023 році. Компанія має плани розвитку 200 МВт нових потужностей на півдні України, зокрема Лиманську ВЕС та "Дунай", які команда розробляє в різних частинах Одеської області. Проекти будуть готові до

будівництва в наступному році, а один з них – вже в кінці першого кварталу. 11 грудня 2024 року компанія Elementum Energy придбала проєкт будівництва ще 200 МВт потужностей вітрогенерації на перетині трьох областей: Тернопільської, Рівненської і Львівської [6].

Не зважаючи на серйозні труднощі з логістикою, будівництвом ВЕС та в загальному можливістю безперервно та справно працювати, вітрова енергетика намагається щосили активно розвиватись та впроваджувати новітні технології спрямовані на підвищення ефективності, зниження витрат та інтеграцію з іншими відновлювальними джерелами енергії. Ось основні перспективні технології, які активно розвиваються вітроенергетичним сектором України:

1. Вітротурбіни великої потужності та високої ефективності

Українські компанії активно впроваджують сучасні вітрові турбіни потужністю від 4 до 6 МВт, що дозволяє зменшити кількість необхідних установок та знизити витрати на інфраструктуру. Наведемо у приклад вище згадану Тилігульську ВЕС, у яку DTEK інвестує 450 млн євро для закупівлі 64 вітротурбіни. Це дозволить значно збільшити виробництво електроенергії та знизити витрати на одиницю виробленої енергії.

2. Інтеграція вітрової енергетики з іншими відновлювальними джерелами енергії

В Україні активно розвивається концепція гібридних енергетичних систем, які поєднують вітрові електростанції з сонячними панелями та системами зберігання енергії. Такі системи дозволяють забезпечити стабільне постачання електроенергії навіть при змінних погодних умовах, підвищуючи надійність та ефективність енергетичної інфраструктури.

3. Розвиток технологій зберігання енергії

З метою забезпечення стабільного постачання електроенергії з відновлювальних джерел в Україні активно впроваджуються технології зберігання енергії, зокрема акумуляторні батареї та гідроакумулювальні станції. Ці технології дозволяють накопичувати надлишкову енергію, вироблену вітровими та сонячними станціями, та використовувати її в періоди пікового споживання, знижуючи навантаження на енергетичну мережу та підвищуючи її стабільність [1].

4. Цифровізація та автоматизація управління вітровими електростанціями

В Україні активно впроваджуються системи моніторингу та управління вітровими електростанціями на основі передових інформаційних технологій. Це дозволяє здійснювати реальний моніторинг стану обладнання, прогнозувати

технічні несправності та оптимізувати роботу станцій для досягнення максимальної ефективності.

5. Розвиток інфраструктури для підтримки вітрової енергетики

З метою забезпечення ефективного функціонування вітрових електростанцій в Україні активно розвивається інфраструктура, зокрема будуються нові підстанції, лінії електропередач та дороги для транспортування обладнання. Це дозволяє зменшити витрати на будівництво та обслуговування вітрових станцій, а також підвищити їх доступність для інвесторів.

6. Залучення інвестицій та міжнародне співробітництво
Україна активно співпрацює з міжнародними фінансовими установами та інвесторами для залучення коштів у розвиток вітрової енергетики. Зокрема, уряд України затвердив інвестиційний план на 20 млрд доларів для збільшення частки відновлюваних джерел енергії до 27% до 2030 року. Це включає введення нових генераційних потужностей від 5 до 80 МВт до кінця 2027 року [2].

Вітрова енергетика в Україні має значний потенціал для розвитку, незважаючи на труднощі, пов'язані з війною. Завдяки державній підтримці та інвестиціям з боку приватного сектору, галузь може стати важливим елементом енергетичної безпеки та економічного відновлення країни. Однак для реалізації цього потенціалу необхідно забезпечити стабільність енергетичної інфраструктури, залучення інвестицій та розвиток інноваційних технологій.

Список використаної літератури

1. Chernyavska N., Kutsenko N. Trends in Wind Energy Technologies in Ukraine // Visnyk Energetyky. – 2024. – №1(13). – Режим доступу: <https://ve.org.ua/index.php/journal/article/view/307>
2. Pichkurenko A., Sokolovskyi D. Renewable Energy Development in Ukraine: Strategic Prospects and Challenges // Public Administration and Regional Development. – 2024. – №20. – Режим доступу: <https://pa.journal.in.ua/index.php/pa/article/view/176>
3. Стан та перспективи вітрової енергетики в Україні / GreenPost [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://greenpost.ua/news/stan-ta-perspektyvy-vitrovoyi-energetyky-v-ukrayini-i89589>
4. В Україні цьогоріч будують сім вітрових електростанцій / Укрінформ [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3995750-v-ukraini-cogoric-buduut->

sim-vitrovih-elektrostancij.html

5. Вітроенергетика / Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітроенергетика>
6. Вітроенергетика: підсумки року від провідних гравців ринку / UA-Energy [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/vitroenerhetyka-pidsumky-roku-vid-providnykh-hravtsiv-rynka>

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ПРИНЦИПІВ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕКОНОМІКИ У ПРОГРАМУ ЕКОНОМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

У контексті післявоєнної трансформації економіки України надзвичайно актуальним є перехід від ресурсозалежної моделі розвитку до стратегії, заснованої на принципах «зеленої» економіки. Такий підхід дозволяє поєднати економічне зростання з екологічною безпекою, соціальною справедливістю та сталим використанням природного капіталу.

«Зелена» економіка визначається як модель господарювання, що спрямована на підвищення добробуту населення при одночасному зниженні екологічних ризиків і дефіциту ресурсів. Ключові елементи: енергоефективність, низьковуглецеве виробництво, циркулярна економіка, відновлювана енергетика, стає землекористування (рис. 1).

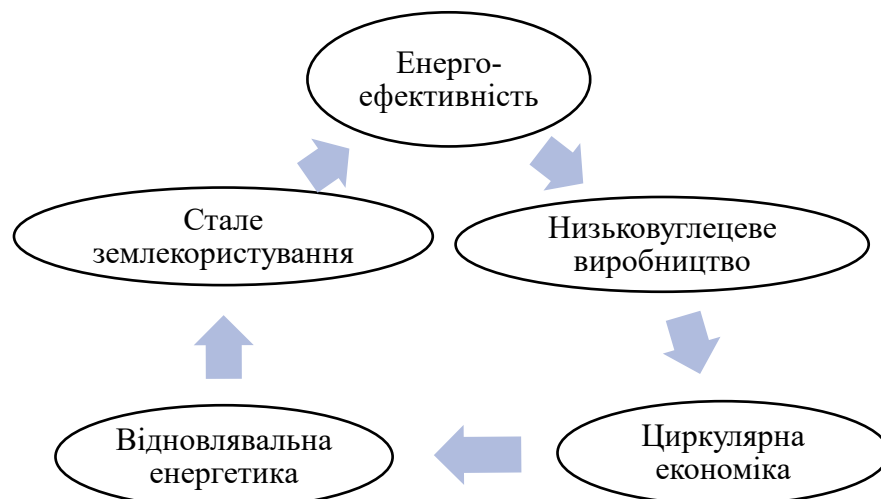


Рис. 1. Ключові елементи моделі «зеленої» економіки

Джерело: узагальнено автором на основі [1-3]

Енергоефективність передбачає зменшення споживання енергії при збереженні або підвищенні рівня продуктивності. Для України це означає зниження енергозалежності, зменшення витрат у бюджетній та приватній сферах, а також зменшення викидів парникових газів. Прикладами є модернізація систем опалення в освітніх і медичних закладах, утеплення житлових будинків та впровадження енергоощадних технологій на підприємствах.

Низьковуглецеве виробництво полягає у мінімізації викидів вуглекислого газу та інших парникових газів у процесах виробництва товарів і послуг, що можливо через перехід на чисті джерела енергії, впровадження технологій енергоощадності, оптимізацію логістики. Для України така стратегія є шляхом до інтеграції з європейськими ринками, підвищення екологічної відповідальності бізнесу та доступу до фінансування через кліматичні фонди. Прикладами є впровадження електротранспорту в містах, перехід підприємств на відновлювані джерела енергії, заміна вугільних ТЕС на сучасні біоенергетичні установки.

Циркулярна економіка передбачає замкнений цикл ресурсів, де відходи одного процесу стають сировиною для іншого, що дозволяє скорочувати кількість сміття, зменшувати витрати на ресурси, створювати нові види продукції з доданою вартістю. У сільському господарстві це може бути повторне використання агровідходів для біоенергетики, виготовлення добрив або упаковки. У промисловості – переробка вторинної сировини, у містах – розвиток інфраструктури сортування та утилізації відходів.

Відновлювана енергетика є ключовою складовою «зеленої» трансформації. Вона охоплює використання джерел енергії, які постійно відновлюються: сонячна, вітрова, гідроенергія, біомаса. Для України це шлях до енергетичної незалежності, особливо в умовах воєнних загроз і руйнування енергетичної інфраструктури. Енергія з поновлюваних джерел має менший вплив на довкілля та сприяє децентралізації енергосистем. Прикладами є сонячні електростанції на дахах громадських будівель, біогазові установки на фермах, вітрові турбіни у вітряних регіонах.

Останнім, але не менш важливим елементом є стале землекористування. Воно базується на раціональному використанні земельних ресурсів без виснаження ґрунтів, забруднення вод або втрати біорізноманіття, що означає впровадження агроекологічних практик, таких як органічне землеробство,

сівозміни, безплужна обробка ґрунту, збереження лісосмуг і заліснення деградованих земель. Такі підходи не лише підтримують природну родючість ґрунтів, а й забезпечують продовольчу безпеку та сталість сільського господарства в умовах кліматичних змін.

У сукупності ці п'ять елементів формують стратегічну основу для переходу України до нової економічної моделі, де економічна ефективність, екологічна відповідальність і соціальна стійкість поєднані в єдину систему відновлення й розвитку. Їх імплементація має стати невід'ємною частиною національної політики відбудови та довгострокового економічного зростання.

Отже, «зелена» економіка розглядається як сучасна модель господарювання, що поєднує економічне зростання з екологічною безпекою та соціальною відповідальністю. Її мета – підвищення добробуту населення за умов скорочення екологічних ризиків і зменшення споживання обмежених природних ресурсів.

Україна має значний природно-ресурсний потенціал, проте історично спиралася на енерго- та матеріаломісткі виробництва. В умовах руйнування інфраструктури, необхідності реконструкції та зменшення залежності від викопного палива імплементація «зелених» підходів може стати драйвером відновлення та модернізації. Основними інструментами впровадження принципів «зеленої» економіки є такі:

- розвиток відновлюваних джерел енергії (сонячна, біо-, вітрова);
- стимулювання ресурсоефективного виробництва через податкові та інвестиційні преференції;
- запровадження «зелених» стандартів у державні закупівлі та інфраструктурні проєкти;
- підтримка зеленої модернізації в агросекторі (біоенергетика, органічне виробництво, агроекологічні практики);
- розвиток «зеленого» фінансування: кліматичні фонди, зелені облігації, ESG-інвестування.

Серед основних викликів імплементації принципів «зеленої економіки» в Україні є такі: фрагментарність нормативної бази, недостатній доступ до інвестицій, брак інституційної координації, низький рівень екологічної обізнаності на регіональному рівні. Для вирішення цих проблем доцільно: включення принципів зеленої економіки до офіційної стратегії економічного відновлення; створення міжвідомчого координаційного органу з питань

«зеленої» трансформації; формування регіональних «зелених кластерів»; розширення освітніх програм з екологічного підприємництва та сталого розвитку.

Таким чином, імплементація принципів «зеленої» економіки є не лише вимогою сучасності, а й ключовою умовою конкурентоспроможного, інклюзивного та екологічно безпечного відновлення України. Формування «зеленого» курсу розвитку дозволить не просто відновити зруйновану економіку, а модернізувати її за європейськими стандартами сталості.

Список використаних джерел

1. Самойлик Ю., Вернигора М. Стратегічні перспективи розвитку агропродовольчого сектору в умовах глобальної циркулярної економіки. Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки. 2023. № 3. С. 378-385.
2. Циркулярна економіка: як новий спосіб господарювання в умовах цифрової трансформації: колективна монографія; за наук. ред. Татомир І.Л., Квасній Л.Г. Трускавець: ПОСВІТ, 2021, 124 с.
3. Shpak N., Kulyniak I., Gvozd M., Vveinhardt J. and Horbal N. Formulation of Development Strategies for Regional Agricultural Resource Potential: The Ukrainian Case. Resources. 2021. Vol. 10(6). 57 s. URL: <https://doi.org/10.3390/resources 10060057>.

*Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
м. Кам'янець – Подільський, Україна*

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК КОМПОНЕНТ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

У світі спостерігається впевнене зростання інтересу до відновлюваних джерел енергії, що зумовлює трансформацію структури енергетичного сектора. Однією з найбільш динамічних галузей є сонячна енергетика, яка демонструє стабільне збільшення встановлених потужностей у різних країнах світу. Сучасні сонячні електростанції (СЕС) представлені як автономними системами, так і комплексами, що інтегруються до загальнодержавної або локальної промислової мережі. Їхня потужність варіюється від кількох кіловат до сотень мегават, що дає змогу реалізовувати як побутові, так і великомасштабні проекти генерації електроенергії.

Основною перевагою сонячної енергетики є її екологічність: процес генерації не супроводжується викидами шкідливих речовин, шумом чи використанням води. Додатковими перевагами є модульність, низькі витрати на експлуатацію та можливість використання в регіонах із різними кліматичними умовами. Швидкому поширенню СЕС сприяє також зниження вартості обладнання, зокрема сонячних модулів, інверторів і систем зберігання енергії. Поступово зменшується собівартість виробництва електроенергії з фотоелектричних джерел, що наближає їх до економічно конкурентного рівня порівняно з традиційними ТЕС.

Попри очевидні переваги, розвиток сонячної енергетики супроводжується низкою викликів. Серед них — низький середній коефіцієнт корисної дії промислових фотоелементів, що наразі в більшості випадків не перевищує 16–20 %, а також висока вартість вихідної сировини — монокристалічного кремнію, виробництво якого вимагає енергоємних технологій. Дефіцит кремнієвих матеріалів є глобальною проблемою, адже обсяги виробництва поки що не здатні повністю забезпечити зростаючий попит на сонячні панелі. Разом із цим спостерігається активна модернізація фотоелектричних матеріалів, перехід до

тонкоплівкових і перовськітних структур, що потенційно можуть подолати технологічні обмеження.

Окремим напрямом розвитку сонячної енергетики є термальні сонячні електростанції, зокрема установки з параболоциліндричними концентраторами або геліостатними баштами. Подібні об'єкти реалізовано в Іспанії, США, Китаї, Марокко, Алжирі та ряді інших країн. Вони демонструють ефективну роботу в умовах інтенсивного сонячного випромінювання та мають потенціал для нічної генерації завдяки використанню накопичувачів теплової енергії, зокрема розплавлених солей. Розвиток таких технологій є перспективним для посушливих регіонів з високим рівнем сонячної інсоляції.

На новому етапі розвитку енергетики особливої актуальності набуває інтеграція відновлюваних джерел, у тому числі СЕС, в інтелектуальні системи електропостачання — SmartGrid. Це дозволяє поєднувати децентралізовану генерацію з адаптивним розподілом електроенергії, враховуючи змінне навантаження, погодно-кліматичні умови та параметри мережі в реальному часі. У рамках таких систем важливу роль відіграють акумуляторні накопичувачі, а також силові активні фільтри, які забезпечують корекцію параметрів якості електроенергії.

Моделювання роботи SmartGrid з підключеними сонячними електростанціями малої потужності (у діапазоні 3–10 кВт) засвідчує, що впровадження активних фільтрів та оптимізація розподілу енергетичних потоків дозволяють суттєво знизити втрати та підвищити загальний ККД системи. У перспективі це забезпечує скорочення середньодобового споживання енергії з централізованої мережі до 70 % у літній період, зменшення втрат у шість разів та підвищення ефективності всієї системи електропостачання на понад 16 %. Таким чином, поєднання локальних сонячних електростанцій із накопичувачами та елементами інтелектуального управління відкриває нові можливості для оптимального використання енергії та розвитку низьковуглецевих технологій.

Розвиток сонячної енергетики в найближчі роки залежатиме не лише від технічного вдосконалення фотоелементів та зниження їх собівартості, а й від здатності інтегрувати генерацію в нову архітектуру енергосистем. Поєднання фотоелектричних технологій з термальними СЕС, зберіганням енергії та цифровими рішеннями в межах SmartGrid є ключем до стабільного й масштабованого переходу до відновлюваної енергетики.

Список використаної літератури

4. Kucher O., Mykhailova L., Pustova Z., Yermakov S., Mazur V. Management of the solar power development in households of Ukraine. *Environment. Technology, Resources*, vol. 1, "Vasil Levski" National Military University, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2024, pp. 222–226 <https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7964>
5. Єрмаков С., Потапський П., Олексійко С. Перспективи біоводню як екологічного біопалива другого покоління. Матеріали XXIII міжнародного науково-практичного форуму «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій». 4–6 жовтня 2022 р. Львів 2022. С.489-492
6. Nowak Cz., Pustova Z., Nedilska U., Yermakov S. Agrobiomas as the energy potential of Ukraine. *Сучасні проблеми ґрунтознавства в Україні і світі* С.106-111
7. Єрмаков С., Потапський П., Олексійко С. Деякі аспекти розподілу витрат на етапах створення плантацій енергетичної верби Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя, 2024 - с.230-236
8. Єрмаков С., Семенишена Р., Дубік В., Потапський П., Дуганець В. Систематизація прийомів і методів підвищення ефективності викладання лекцій. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Вип. 2. 2024 С.11-18 https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2024_2_11.pdf
9. Бялковська О. А., Гук Я. В., Єрмаков С. В. Економічні механізми стимулювання використання альтернативних джерел енергії. *Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference*. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2024. Pp. 309-315
10. Кучер О., Єрмаков С. Управління розвитком біоекономіки в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: зб. матеріалів IX Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти, Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2024. С.19-23
11. Єрмаков С.. Особливості спалювання торефікованої біомаси. Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки Матеріали 2-го Міжнародного круглого столу. Кам'янець-Подільський, 2023.

Максим САКАЛА

бакалавр, студент 2стнМС курсу

Науковий керівник

Олег ГОРБОВИЙ

магістр, асистент

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець – Подільський, Україна

Вивчення автоматизованої системи керування сонячної електростанції малої потужності

Однією з найперспективніших галузей у промисловості та господарстві сьогодні є геліоенергетика. Стрімко розвиваються технології, що дозволяють ефективно використовувати сонячне світло та тепло. До таких технологій належать виробництво фотоелектрики та застосування сонячної теплової енергії. Геліоенергетика є важливим джерелом відновлюваної енергії, отриманої від Сонця, і для її використання створюються спеціальні станції, які перетворюють сонячне випромінювання в електроенергію.

Сонячна енергія належить до невичерпних ресурсів. На відміну від вичерпних запасів нафти, газу та вугілля, Сонце буде світити ще мільярди років, надаючи людству безмежні можливості для виробництва екологічно чистої електроенергії. За належної організації сонячна енергетика може повністю задовольнити потреби суспільства в електриці, не завдаючи шкоди довкіллю та не загрожуючи дефіцитом ресурсів.

Сучасні технології отримання сонячної енергії (передусім — сонячні панелі) не чинять суттєвого негативного впливу на навколишнє середовище. Навіть незначне забруднення, що виникає під час виробництва компонентів сонячних систем, значно менше за екологічні збитки, спричинені видобутком традиційних видів палива.

Сонячна енергія є, мабуть, найчистішим і найнадійнішим видом відновлюваної енергії, доступним сьогодні. Її головна перевага — загальнодоступність для кожного мешканця планети. Особливо актуально це для України, де держава не має прямого впливу на вартість сонячної енергії. За її

допомогою можна забезпечити електропостачання як приватних домогосподарств, так і промислових об'єктів.

Домашні сонячні електростанції не потребують значного обслуговування — достатньо кілька разів на рік очищати модулі від забруднень. Середній термін їхньої стабільної роботи перевищує 25 років. З огляду на перспективу довготривалої економії в Україні впроваджено програму «зеленого тарифу», яка стимулює громадян інвестувати в альтернативну енергетику. В її межах держава викуповує надлишок виробленої сонячної електроенергії за підвищеним тарифом.

Електроенергія, отримана із сонця, є чистою альтернативою традиційним джерелам. Її виробництво не супроводжується забрудненням довкілля та не створює загроз для здоров'я людей. Наприклад, усього 18 сонячних днів здатні забезпечити планету такою ж кількістю енергії, що міститься у всіх запасах нафти, вугілля та газу разом узятих. Позаяк за межами атмосфери потужність сонячного випромінювання сягає 1300 Вт/м^2 , а на поверхню Землі в середньому доходить близько 1000 кВт/м^2 на рік (на широті України).

Серед різноманітних методів отримання електроенергії найперспективнішим залишається пряме перетворення сонячного випромінювання на електрику за допомогою сонячних батарей (СБ) [2]. Типова сонячна електростанція — як для приватного будинку, так і для промислових об'єктів — складається з низки основних компонентів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Принцип роботи сонячної установки

Структурна схема визначає ключові функціональні вузли установки, їх взаємодію та призначення.

Станції малої потужності слугують для часткового забезпечення електроенергією, дозволяючи зменшити витрати. Хоча така система не здатна повністю покрити всі потреби споживача, у разі аварійних відключень електроенергії вона забезпечить автономне живлення будинку протягом тривалого часу.

Окремої уваги потребують акумуляторні батареї — найдорожчий елемент станції. Їхня стабільна робота залежить від правильного температурного режиму, що унеможливорює перегрів і вихід з ладу. Важливим є також коректний заряд АКБ, що забезпечується балансиrom заряду.

Іншим важливим процесом є орієнтація сонячних панелей. Максимальна генерація досягається, коли поверхня модулів перпендикулярна сонячному випромінюванню. Для цього застосовуються трекінгові системи, які автоматично змінюють положення панелей упродовж дня, слідкуючи за рухом Сонця. Управління такими системами потребує складних алгоритмів та багаторівневих схем керування, зазвичай дворівневих або трирівневих, залежно від обраної платформи.

У процесі аналізу різних типів сонячних станцій було розроблено кілька схем автоматизації. Основною задачею було вдосконалення систем позиціонування панелей. Завдяки впровадженню трекінгової системи вдалося досягти максимальної ефективності генерації електрики за рахунок оптимального розташування модулів відносно сонячних променів.

Для забезпечення температурної стабільності акумуляторів було розроблено вентиляційну шафу з міцним корпусом, робочою камерою, двома вентиляторами для обдуву та повітропроводом для виведення гарячого повітря. Спеціальна програма дозволяє задавати порогові значення температур, при перевищенні яких система автоматично активує охолодження.

Окрім того, у четвертому розділі кваліфікаційної роботи розроблено математичну модель балансування заряду акумуляторів у середовищі Matlab Simulink. Модель активує процес вирівнювання напруги, коли її різниця між акумуляторами перевищує 100 мВ. Це досягається за рахунок зниження струму заряду на акумулятор з вищою напругою та перенаправлення його на батарею з нижчою напругою. Такий підхід стабілізує вихідну потужність системи, підвищує її ефективність та подовжує термін експлуатації акумуляторів.

Список використаних джерел

1. Tryhuba A., Bashynsky O., Garasymchuk I., Gorbovy O., Vilchinska D., Dubik V. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the Ukrainian Carpathians. E3S Web of Conferences, 2020, vol. 154, art. no. 06002.
2. Горбовий О.В., Михайлова Л.М., Дубік В.М. Дослідження процесу залучення

комах до штучних джерел оптичного випромінення. Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (3–4 грудня 2020 р., Україна, Дніпро), 2020, т.1, с. 307–310.

3. Михайлова Л.М., Камишлов В.Г., Дубік В.М., Горбовий О.В. Дослідження перехідних процесів в системах підпорядкованого регулювання швидкості (е.р.с.) двигуна постійного струму із задатчиками інтенсивності. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2019, вип. 30.
4. Дубік В.М., Горбовий О.В., Овчарук О.В. Особливості генерації біогазу з твердих побутових відходів. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. міжнар. наук. інтернет-конф. (20 листопада 2019 р., м. Тернопіль) / редкол.: А. Samborski, M. Niemiec, В.І. Овчарук [та ін.] – Тернопіль: ТНЕУ, 2019. – С. 97–100.

Юлія САМОЙЛИК

*доктор економічних наук, професор кафедри економіки та міжнародних
економічних відносин,*

Роман ГОРОБЕЦЬ

аспірант ОНП Економіка,

Микола СВИСТУН

аспірант ОНП Економіка

*Полтавський Державний Аграрний Університет
м. Полтава, Україна*

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ: ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

В умовах зростання дефіциту природних ресурсів, енергетичної залежності та екологічних викликів усе більш актуальною стає концепція циркулярної економіки. Вона передбачає заміну лінійної моделі «виробництво-споживання-відходи» на модель «відновлення-повторне використання-ресурсна ефективність». Одним із ключових напрямів її реалізації в аграрному секторі є енергетичне використання сільськогосподарських відходів, які донедавна вважалися виключно баластом.

Циркулярна економіка в сільському господарстві орієнтується на:

- зменшення кількості органічних залишків;
- створення замкнутих ресурсних потоків;
- відновлення енергії та поживних речовин шляхом переробки відходів.

Впровадження принципів циркулярної економіки дозволяє аграрним підприємствам одночасно скорочувати витрати, підвищувати енергоефективність та знижувати викиди парникових газів.

Сільськогосподарські відходи виступають цінним енергетичним ресурсом. До основних типів агровідходів, придатних для енергетичного використання належать: солома та стебла зернових культур; гній, послід та біологічні залишки тваринництва; відходи овочівництва, садівництва, виноградарства; залишки після переробки сільгосппродукції (лушпиння, вичавки, жом, лушпайки). Зазвичай ці відходи спалюються або компостуються, однак завдяки сучасним

технологіям їх можна використовувати як сировину для біогазу, пелет, біодизелю, біовугілля тощо.

За оцінками Держенергоефективності, Україна щороку утворює понад 10–12 млн тонн умовного палива з біомаси, більша частина якої – саме сільськогосподарські відходи. На сьогоднішній день частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 1,78 %. Щорічно в Україні для виробництва енергії використовується близько 2 млн. т у.п./рік біомаси різних видів. На деревину припадає найвищий відсоток використання економічно доцільного потенціалу – 80 %, тоді як для інших видів біомаси (за винятком лушпиння соняшника) цей показник на порядок нижче. Найменш активно (на рівні 1 %) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур та ріпаку. В Україні щорічно збирається понад 50 млн. т зернових культур. У значних обсягах солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн. т н.е., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд. м. куб. природного газу [1].

Отже, Україна має значний запас біомаси (22–27 млн т), причому 12,2 млн т – це аграрні відходи. Лише близько 2,7 млн т, або 12 %, цього потенціалу наразі використовується в енергетиці. Солома та інші с/г відходи використовуються незначно (<1 %), тоді як деревина домінує.

Залучення агровідходів до біоенергетики може істотно збільшити заміщення газу та сприяти сталому розвитку.

Один із ключових напрямів впровадження циркулярної економіки в аграрному секторі полягає у використанні сільськогосподарських відходів для виробництва енергії. Існує декілька технологій, які дозволяють ефективно перетворювати біомасу в корисні продукти з доданою вартістю – біопаливо, тепло, електроенергію та органічні добрива. Найбільш поширеними серед них є анаеробне зброджування, піроліз і газифікація, а також пресування пелет і брикетів.

Анаеробне зброджування – це біологічний процес, у якому органічні речовини, такі як гній, залишки силосу або харчові відходи, розкладаються у безкисневому середовищі в герметичних реакторах. У результаті утворюється біогаз – суміш метану і вуглекислого газу, що використовується для виробництва електроенергії, тепла або як заміник природного газу після очищення

(біометан). Побічним продуктом є дигестат – високоякісне органічне добриво. Біогазові установки не лише дозволяють утилізувати органічні відходи, а й знижують викиди парникових газів, скорочують неприємні запахи та зменшують потребу у мінеральних добривах. Наприклад, біогазова станція для 500 голів ВРХ може виробляти до 400 тисяч м³ біогазу на рік, що еквівалентно сотням тисяч кіловат-годин електроенергії.

Інша група технологій – термохімічні, зокрема піроліз і газифікація. Вони застосовуються для переробки сухої біомаси (солома, лушпиння, деревина) при високих температурах з мінімальним або повним виключенням кисню. Піроліз дозволяє отримати біовугілля (biochar), піролізний газ і біоолії, тоді як газифікація виробляє синтез-газ (суміш монооксиду вуглецю та водню), який можна спалювати у когенераційних установках. Біовугілля є не лише джерелом енергії, але й ефективним ґрунтоутворювачем, здатним зв’язувати вуглець і покращувати родючість. Невеликі газифікаційні установки можуть повністю забезпечити теплом і електроенергією теплиці, ферми або сільські кооперативи.

Третя технологія – механічне пресування сухих агровідходів для виробництва пелет і брикетів. Подрібнені залишки біомаси (тирса, стружка, солома) під тиском і температурою формуються в компактні елементи з високою щільністю. Пелети (гранули діаметром 6–8 мм) зручно використовувати в автоматичних котлах, а брикети – у звичайних твердопаливних печах. Їх теплотворна здатність сягає 15–18 МДж/кг, що робить їх ефективною альтернативою дровам чи вугіллю. Виробництво пелет – це також спосіб зменшення відходів та створення нового джерела доходу для фермерських господарств. Наприклад, 1 тонна соломи після пресування забезпечує до 500 кВт·год теплової енергії – цього вистачить для обігріву невеликого будинку впродовж кількох тижнів [2-4].

Таким чином, застосування технологій зброджування, термохімічної переробки та пресування біомаси забезпечує ефективне замикання ресурсних потоків у сільському господарстві, що не лише сприяє енергетичній незалежності аграрного сектору, а й відповідає принципам екологічної безпеки, сталого розвитку та циркулярної економіки.

Незважаючи на наявний потенціал, існують суттєві перепони:

- відсутність інфраструктури для збирання та зберігання агровідходів;
- висока вартість обладнання для біоенергетичних установок;

- недостатнє стимулювання інвесторів через нестабільне законодавство та низькі тарифи на «зелену» енергію;

- брак обізнаності серед аграріїв про можливості циркулярних рішень.

Для ефективного залучення агровідходів в енергетичну модель доцільно:

- запровадити системи локальних кооперативів зі збору та переробки біомаси;

- створити державні механізми компенсації інвестицій у біоенергетику;

- розширити освітні та консультаційні програми для фермерів;

- впровадити податкові пільги для учасників проєктів циркулярної економіки.

Таким чином, сільськогосподарські відходи – це не проблема, а ресурс майбутнього, здатний забезпечити енергетичну незалежність, екологічну стабільність і економічну ефективність аграрного виробництва. Інтеграція принципів циркулярної економіки в агросектор – це крок до сталого розвитку сільських територій та формування нового типу агроенергетичного підприємництва.

Список використаних джерел

1. Державне агенство із енергоефективності та енергозбереження України. Альтернативна енергетика. Сайт. URL: <https://saee.gov.ua/diialnist/vidnovliuvalna-enerhetyka/alternatyvna-enerhetyka/bioenerhetyka>
2. Самойлик Ю., Вернигора М. Стратегічні перспективи розвитку агропродовольчого сектору в умовах глобальної циркулярної економіки. Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки. 2023. № 3. С. 378-385.
3. Циркулярна економіка: як новий спосіб господарювання в умовах цифрової трансформації: колективна монографія; за наук. ред. Татомир І.Л., Квасній Л.Г. Трускавець: ПОСВІТ, 2021, 124 с.
4. Shpak N., Kulyniak I., Gvozd M., Vveinhardt J. and Horbal N. Formulation of Development Strategies for Regional Agricultural Resource Potential: The Ukrainian Case. Resources. 2021. Vol. 10(6). 57 s. URL: <https://doi.org/10.3390/resources 10060057>

Сергій ЄРМАКОВ

Завідувач навчально-наукової лабораторії “DAK GPS”

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський, Україна

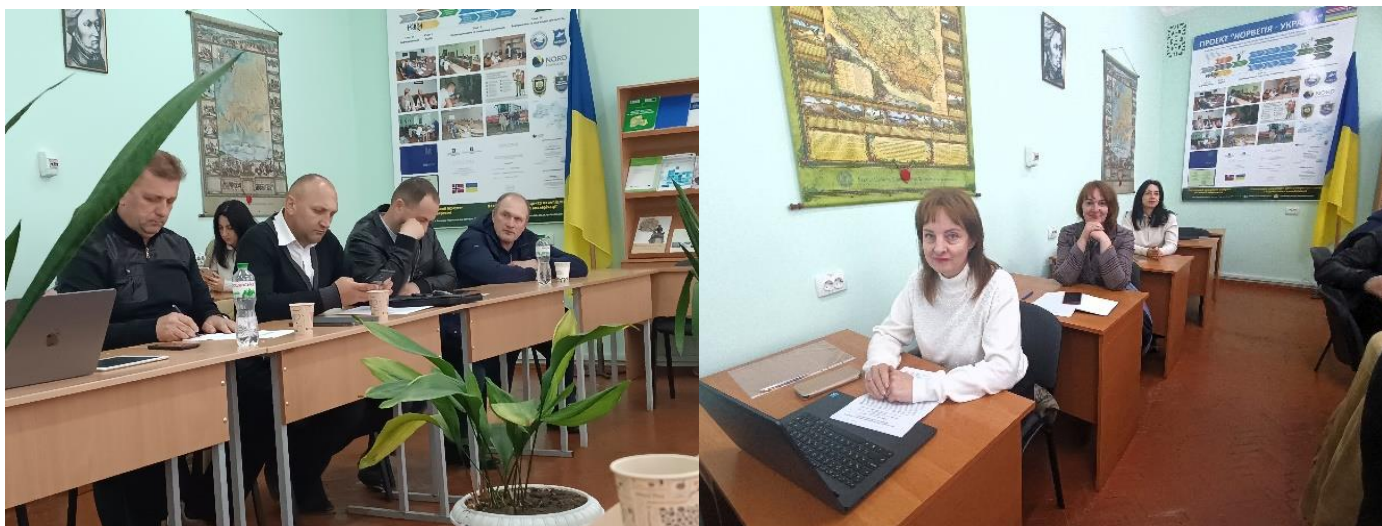
АМБІТНІ ІДЕЇ ТА ПРОФЕСІЙНІ ДІАЛОГИ ПІД ЧАС 4-ГО МІЖНАРОДНОГО КРУГЛОГО СТОЛУ «АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ»

27 травня 2025 року в Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» відбувся 4-й Міжнародний круглий стіл «Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку зеленої економіки». Захід організовано кафедрою енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту спільно з навчально-науковою лабораторією «DAK GPS». Захід проходив у змішаному форматі, що дало змогу залучити як учасників з України, так і міжнародних експертів із Польщі.



З вітальним словом виступила проректор з навчальної, науково-інноваційної та міжнародної діяльності, професор **Ірина Ясінецька**, яка наголосила на актуальності даної теми та важливості міжнародної наукової співпраці. Від

факультету енергетики та інформаційних технологій привітав учасників круглого столу заступник декана факультету, доцент **Олександр Думанський**.



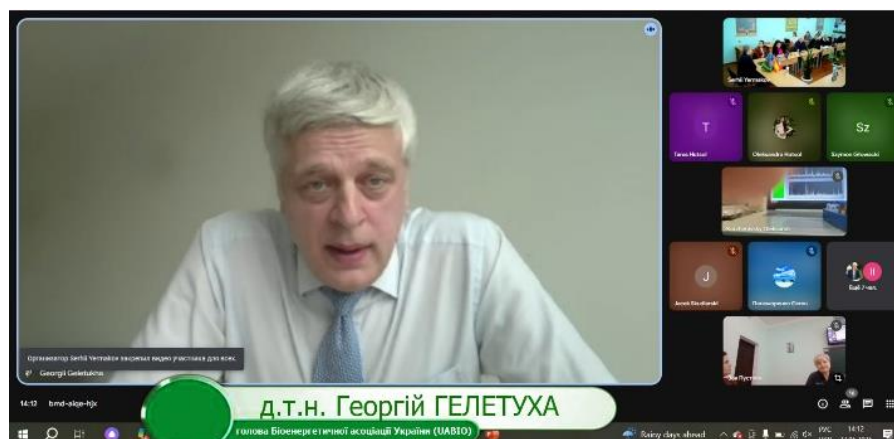
Про багаторічну співпрацю між університетами та про власні наукові дослідження розповіли польські колеги: професор **Szymon Głowacki** (SGGW, Варшава) та професор **Krzysztof Mudryk** (Сільськогосподарський університет, Краків).



Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27.05.2025р.)



Привітав учасників круглого столу Голова правління Громадської спілки «Біоенергетична асоціація України», член Правління Європейської біоенергетичної асоціації, доктор технічних наук **Георгій Гелетуха**, який також виступив зі змістовною доповіддю стосовно перспектив виробництва біометану в Україні.



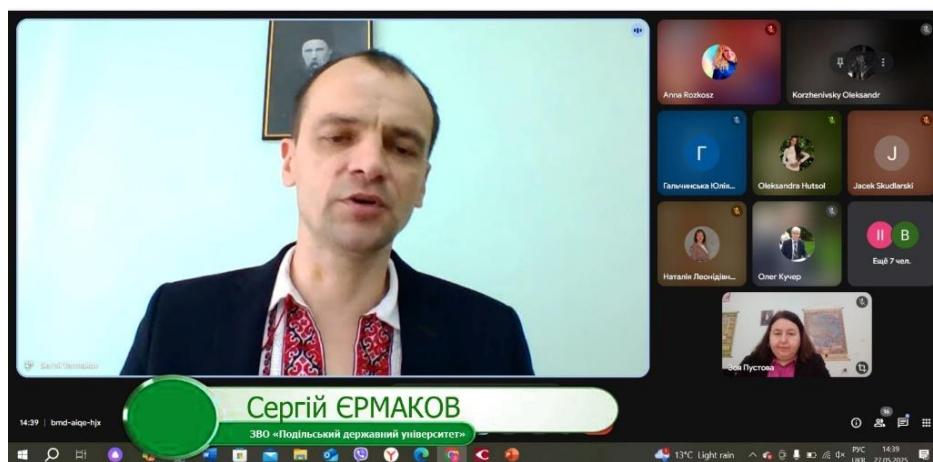
Вперше в роботі наукового заходу взяла участь **Anna Rozkosz** (Green Qualia, Польща), яка разом з колегами, а саме **Krzysztof Mudryk** та **Тарасом Гуцолом**, заснувала навчально-наукову лабораторію «DAK GPS» в нашому університеті. Доповідачка зосередила увагу на інноваційних підходах переробки біомаси через процес торифікації та їхньому значенні для зменшення викидів CO₂.



Професор **Тарас Гуцол** (Український університет у Європі, Краків) акцентував свій виступ на перспективах польсько-українського партнерства у сфері альтернативної енергетики, наголосивши на важливості спільних досліджень, обміну технологіями та розвитку інституційної взаємодії.

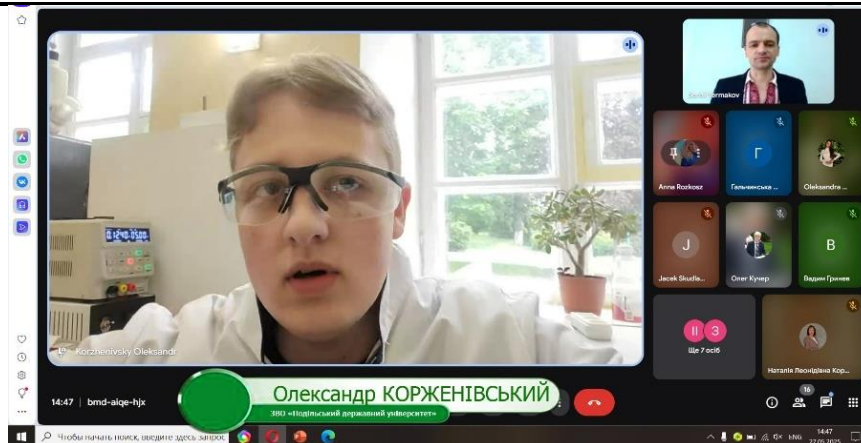


Кульмінацією проведення круглих столів, яка стала уже традиційною, є проведення натурних експериментів в реальному часі. Цього разу завідувач лабораторії «DAK GPS» **Сергій Єрмаков** представив коротку інформацію про перешкоди, які виникли при спалюванні такого агровідходу, як стрижні качанів кукурудзи. Продемонстрував результати досліджень і можливі причини незадовільного горіння біомаси такого походження.



При цьому магістр **Олександр Корженівський** провів дослідження у режимі онлайн-демонстрації методу газової хроматографії. Відвідувачі сліdkували за введенням проби, запуском процесу і побудовою хроматограми аналізу вмісту летких полімерів у біомасі кукурудзи у відеотрансляції прямо під час роботи круглого столу. Було визначено виявлену речовину – фрагмент оксидованого полімеру, який ймовірно створював основні проблеми у енергетичному освоєнні стрижнів качанів кукурудзи.

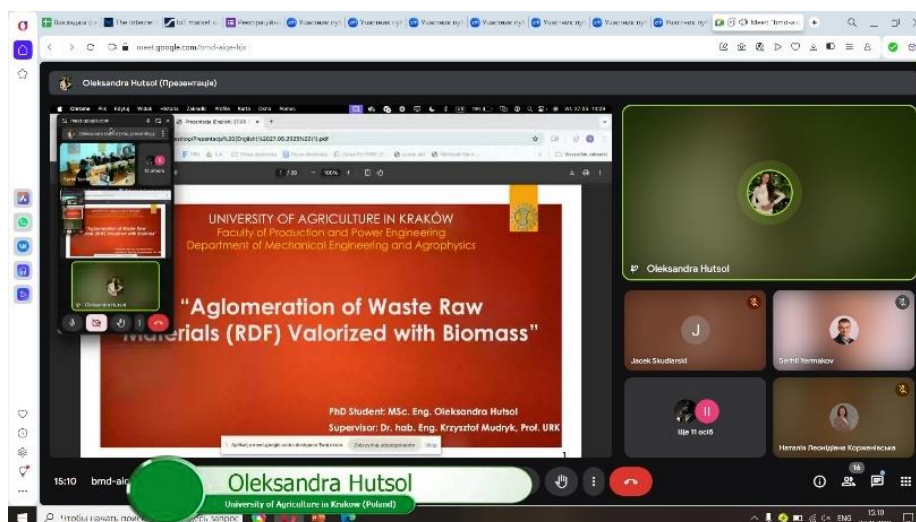
Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27.05.2025р.)



Доктор інженерії **Jacek Skudlarski** (SGGW, Варшава) поділився досвідом використання відновлюваних джерел енергії в молочних господарствах, зокрема впровадженням біогазових установок на основі аграрних відходів.

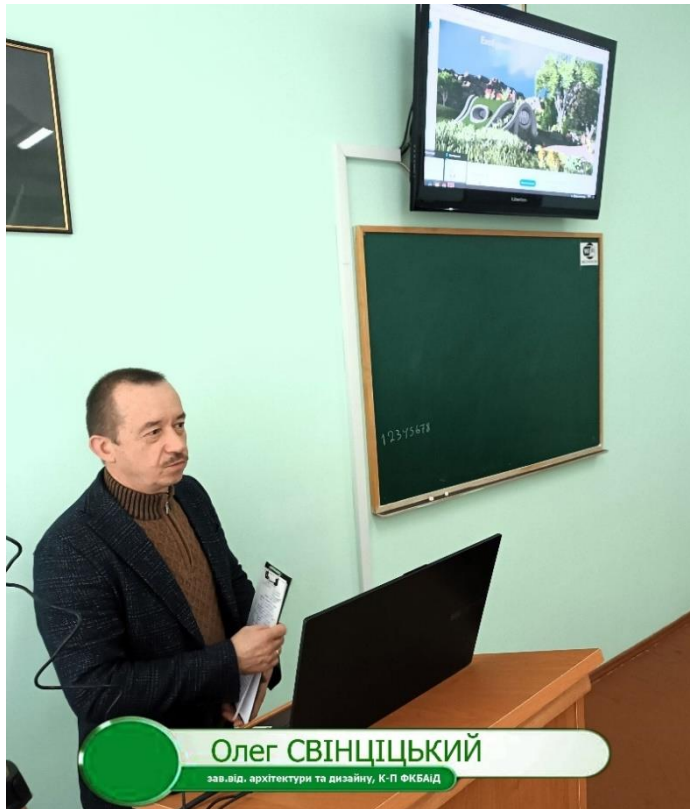


Докторантка **Олександра Гуцол** (Сільськогосподарський університет, Краків) висвітлила результати своїх досліджень досить нетипового виду палива — RDF, або «палива зі сміття».



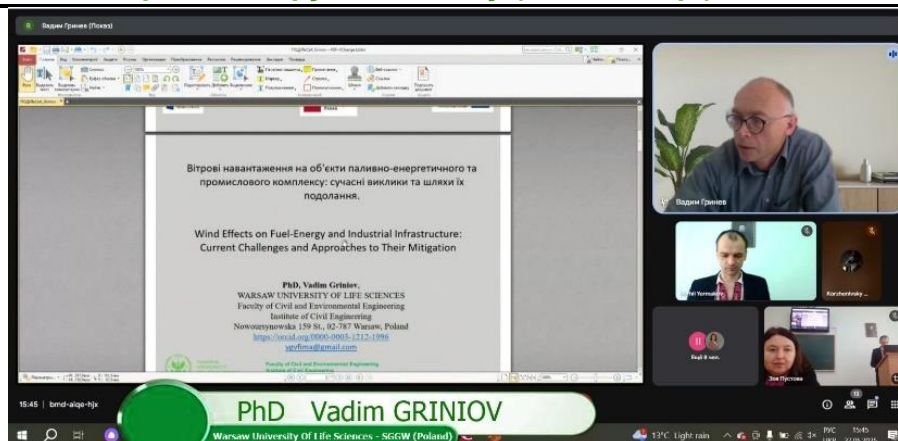
Жваве обговорення викликала доповідь завідувача відділення архітектури та дизайну **Олега Свінціцького** (Кам'янець-Подільський фаховий коледж

будівництва, архітектури та дизайну), який розповів про можливу інтеграцію енергоефективних рішень у проєктування міського середовища, наголосив на ролі архітектурного підходу до сталого розвитку та продемонстрував проєкт екобудинку, розробленого його студентами.

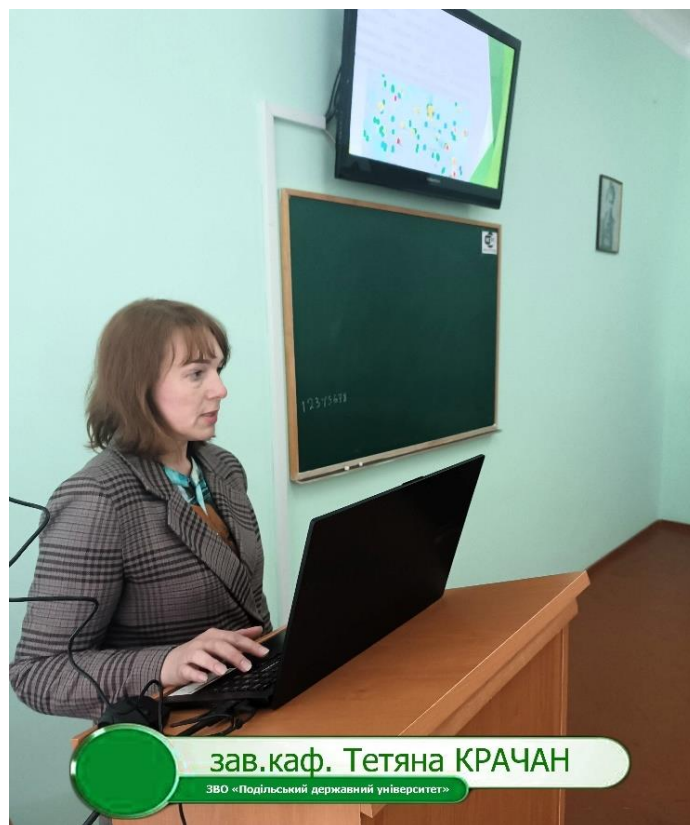


Як продовження теми місця для будівництва і будівельних конструкцій у роботі круглого столу стала доповідь **Vadyma Griniova** (SGGW, Варшава), який висвітлив технічні виклики, пов'язані з вітровими навантаженнями на енергетичну інфраструктуру, запропонувавши підходи до їхньої мінімізації.

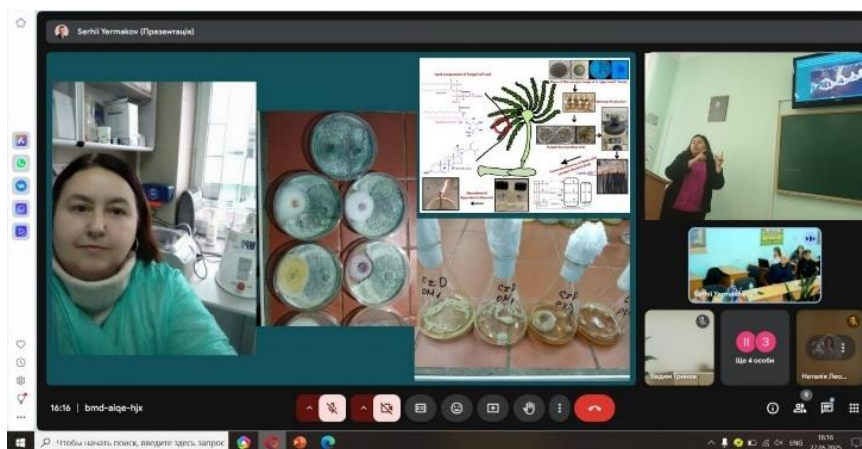
Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27.05.2025р.)



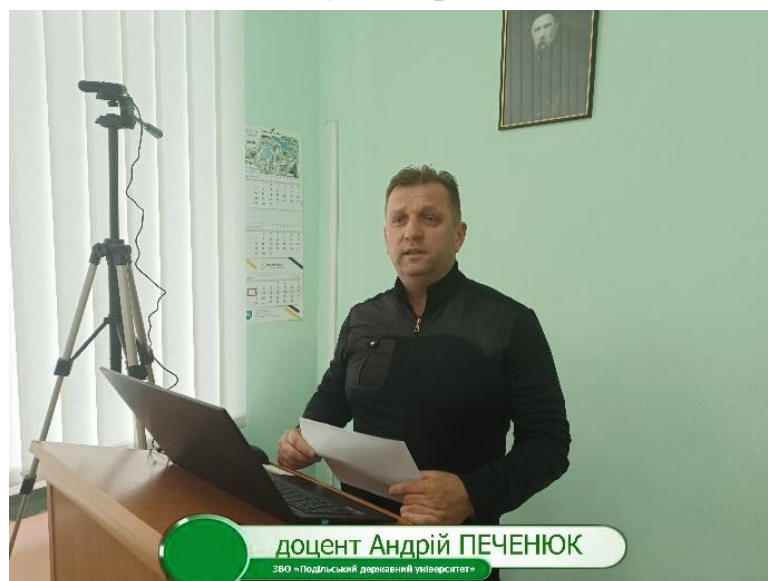
Завідувач кафедри хімії, доцент **Тетяна Крачан** розкрила екологічний аспект теми, представивши результати моніторингу якості повітря в Кам'янці-Подільському, а також можливості адаптації таких досліджень у проєктах термічної переробки біосировини.



Інноваційний і перспективний погляд на джерела альтернативної енергії представила доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін **Зоя Пустова**, яка дослідила роль міцеліальних грибів у виробництві біоенергії. Це могло б дати поштовх до виробництва біопалив 4-го покоління на основі грибних мікроорганізмів.



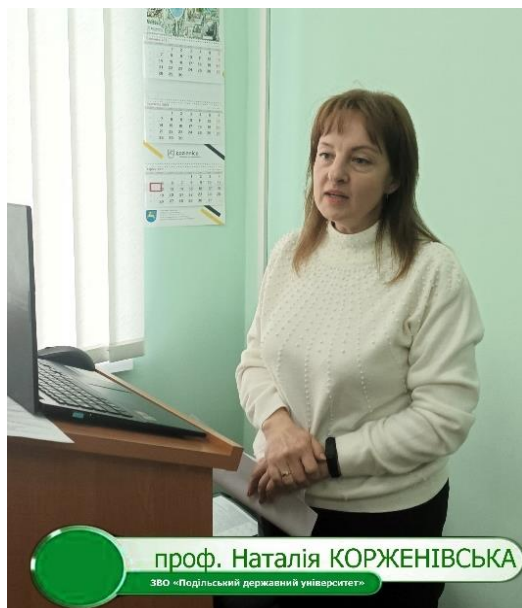
Доцент **Андрій Печенюк** зупинився на суперечностях розвитку відновлюваних джерел енергії в контексті сталого розвитку, наголошуючи на необхідності збалансованого підходу в енергетичній політиці.



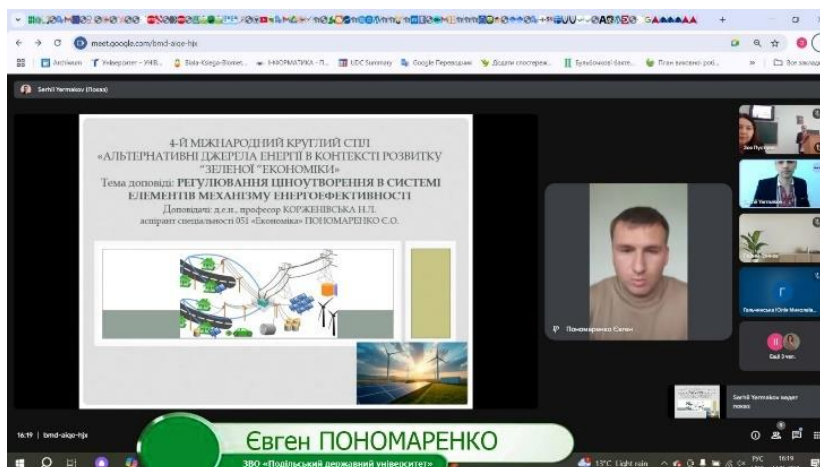
Завідувач кафедри економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності, професор **Наталія Корженівська** представила аспіранта кафедри

Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27.05.2025р.)

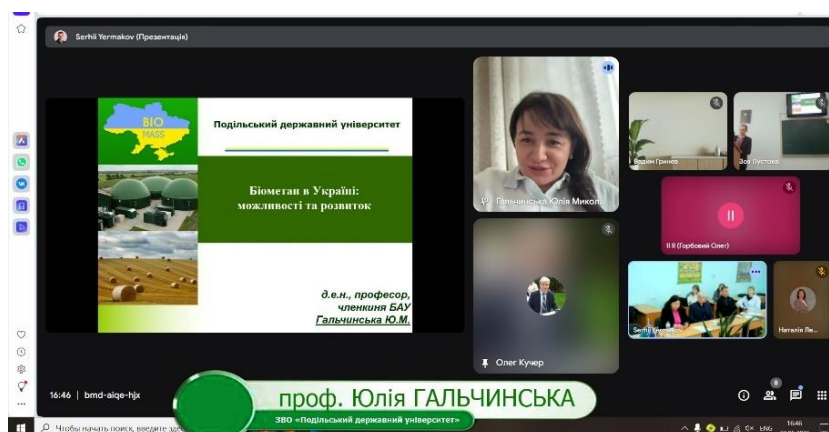
Євгенія Пономаренка, дослідження якого пов’язані з аналізом механізмів регулювання ціноутворення в системі енергоефективності, який є ключовим чинником економічної мотивації до енергозбереження.



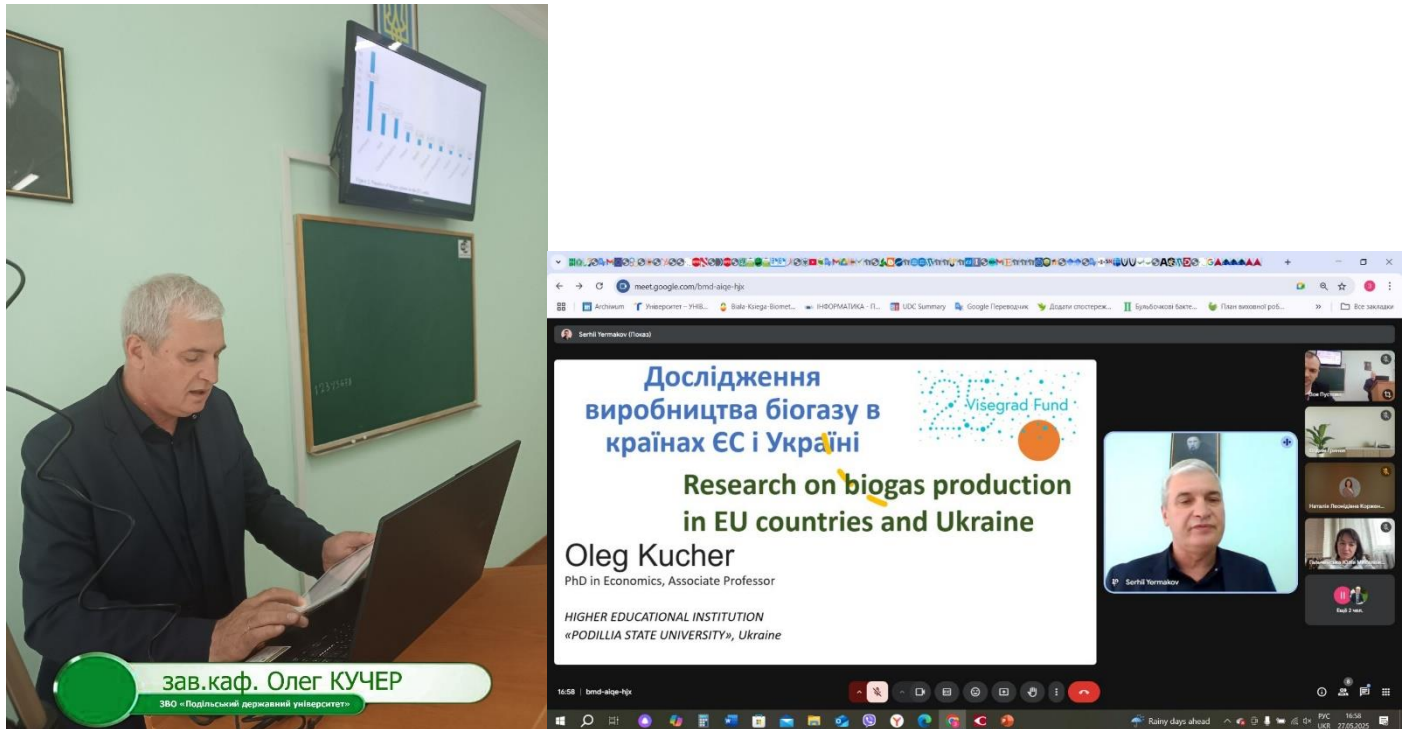
проф. Наталія КОРЖЕНІВСЬКА
ЗВО «Подільський державний університет»



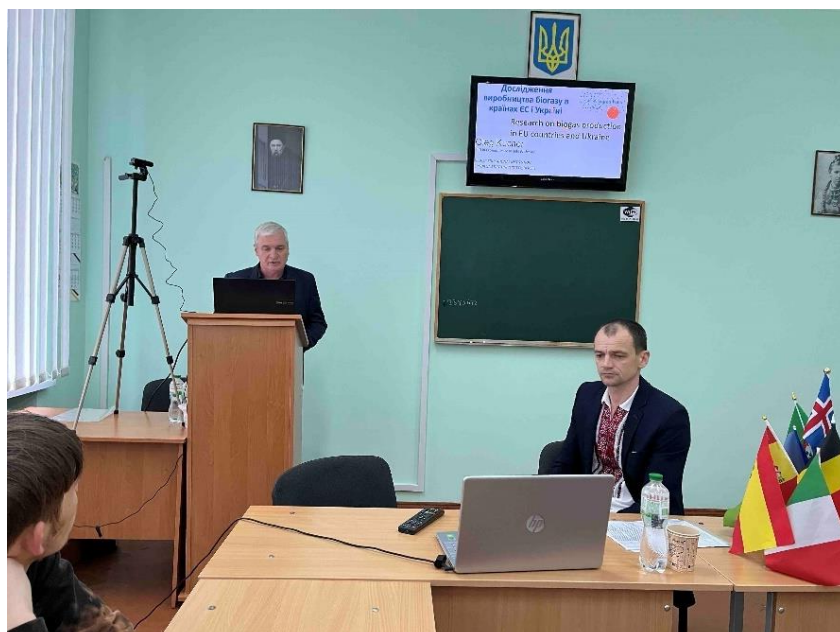
Професор кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту **Юлія Гальчинська** представила огляд сучасного стану та перспектив розвитку біометану в Україні як одного з найефективніших видів біопалива.



Завідувач кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту **Олег Кучер** завершив дискусію виступом про досвід виробництва біогазу в країнах ЄС і Україні, відзначивши важливість адаптації європейських практик до вітчизняних умов.



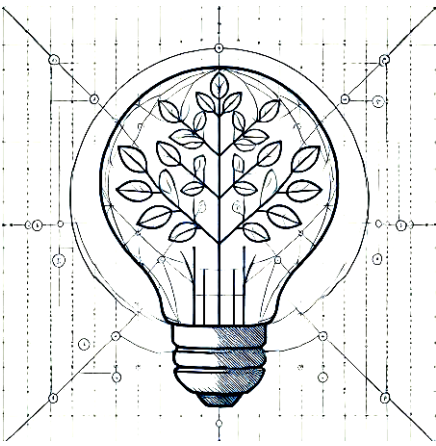
Захід засвідчив високий рівень зацікавленості наукової спільноти у розвитку зеленої енергетики, а також продемонстрував важливість міждисциплінарного та міжнародного підходу до вирішення енергетичних і екологічних викликів. Усі учасники висловили зацікавленість у продовженні співпраці та обміні результатами досліджень у майбутньому.



Додаток А.
ПРОГРАМА КРУГЛОГО СТОЛУ

Заклад вищої освіти
«ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Навчально-наукова лабораторія «DAK GPS»
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

Програма 4-го Міжнародного круглого столу
«АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ
РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ЕКОНОМІКИ»



Вівторок, 27 травня 2025 року.

Початок о 14:00

Тривалість – до 2-х годин

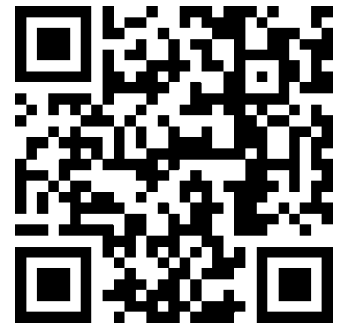
Місце проведення – ауд.12 Г.К.

Форма участі змішана.

Інформація для приєднання до
зустрічі GoogleMeet

Посилання:

<https://meet.google.com/bmd-aige-hjx>



Порядок подій	Орієнто- вний час	Події круглого столу
	13:45	Початок підтвердження реєстрації у кімнаті GoogleMeet*
	14:00	Відкриття роботи круглого столу. Привітання від ректорату закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
	14:04	Привітання від деканату факультету енергетики та інформаційних технологій
	14:06	Привітання від гостей круглого столу (опціонально)
1	14:08	Anna ROZKOSZ Green Qualia (dawniej DAK GPS) (Варшава, Польща) Laboratorium toryfikatu w Kamieńcu Podolskim jako kluczowe miejsce na mapie dekarbonizacji w Europie <i>Лабораторія торефікації в Кам'янці-Подільському як ключове місце на мапі декарбонізації в Європі</i>
2	14:14	Taras HUTSOL , Dr. Sci. (Engin.), prof. Ukraiński Uniwersytet w Europie (Краків, Польща) Innovation, technology, partnership: prospects for Polish-Ukrainian cooperation in alternative energy <i>Інновації, технології, партнерство: перспективи польсько-української співпраці в альтернативній енергетиці</i>
3	14:20	Сергій ЄРМАКОВ , завідувач лабораторії. Навчально-наукова лабораторія «DAK GPS». ЗВО «Подільський державний університет» Використання кукурудзяних качанів як альтернативного палива <i>Using corn cobs as an alternative fuel</i>

4	14:26	Олександр КОРЖЕНІВСЬКИЙ, магістр, кафедра хімії. <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Дослідження в реальному часі: Хроматографічне визначення вмісту летких полімерів у біомасі стрижнів кукурудзи <i>Chromatographic determination of volatile polymer content in corn cob biomass</i>
5	14:32	Jacek SKUDLARSKI, Dr inż. <i>Warsaw University Of Life Sciences - SGGW (Варшава, Польща)</i> Odnawialne źródła energii w gospodarstwach mlecznych. <i>Використання агрохарчових відходів для виробництва біопалива</i>
6	14:38	Krzysztof MUDRYK, dr.hab. inż., prof. URK <i>University of Agriculture in Krakow (Краків, Польща)</i> Wykorzystanie pozostałości rolno-spożywczych do produkcji biopaliw <i>Використання агрохарчових відходів для виробництва біопалива</i>
7	14:44	Vadim GRINIOV, PhD. <i>Warsaw University Of Life Sciences - SGGW (Варшава, Польща)</i> Wind Effects on Fuel-Energy and Industrial Infrastructure: Current Challenges and Approaches to Their Mitigation <i>Вітрові навантаження на об'єкти паливно-енергетичного та промислового комплексу: сучасні виклики та шляхи їх подолання.</i>
8	14:50	Олег СВІНЦЬКИЙ, завідувач відділення архітектури та дизайну <i>Кам'янець-Подільський фаховий коледж будівництва архітектури та дизайну</i> Інтеграція енергоефективних рішень у проєктування урбаністичного середовища <i>Integrating energy-efficient solutions into urban environment design</i>
9	15:56	Оксана БЯЛКОВСЬКА, доктор економічних наук, професор кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Вивчення доцільності систем вуличного освітлення на базі відновлювальних джерел енергії <i>Study of feasibility of street lighting systems based on renewable energy sources</i>
10	15:02	Тетяна КРАЧАН, кандидат хімічних наук, завідувач кафедри хімії, <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Оцінювання якості повітря у процесі термічної обробки рослинної сировини <i>The content of harmful substances in the air as a consequence of the combustion of solid fuel.</i>
11	15:08	Зоя ПУСТОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін. <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Міцеліальні гриби в альтернативній енергетиці <i>Mycelial fungi in alternative energy</i>
12	15:15	Андрій ПЕЧЕНЮК, кандидат економічних наук, доцент кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Суперечності розвитку відновлюваних джерел енергії в контексті сталого розвитку <i>Controversies in the development of renewable energy sources in the context of sustainable development</i>
13	15:20	Наталія КОРЖЕНІВСЬКА, доктор економічних наук, професор кафедри економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності Євгеній ПОНОМАРЕНКО, аспірант спеціальності 051 «Економіка» <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Регулювання ціноутворення в системі елементів механізму енергоефективності <i>Regulation of pricing in the system of elements of the energy efficiency mechanism</i>

Альтернативні джерела енергії в контексті розвитку “зеленої” економіки
Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу (27.05.2025р.)

14	15:25	Юлія ГАЛЬЧИНСЬКА, доктор економічних наук, професор кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Біометан в Україні: можливості та розвиток <i>Biomethane in Ukraine: opportunities and development</i>
15	15:30	Юлія САМОЙЛИК доктор економічних наук, професор кафедри економіки та міжнародних економічних відносин, Роман ГОРОБЕЦЬ, Микола СВИСТУН, аспіранти ОНП Економіка <i>Полтавський Державний Аграрний Університет</i> Циркулярна економіка та енергетичні ресурси: потенціал використання сільськогосподарських відходів <i>Circular economy and energy resources: the potential of using agricultural waste</i>
16	15:35	Олег КУЧЕР, кандидат економічних наук, завідувач кафедри енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту <i>ЗВО «Подільський державний університет»</i> Дослідження виробництва біогазу в країнах ЄС та Україні <i>Research on biogas production in EU countries and Ukraine</i>
	15:40	Підведення підсумків. Закриття роботи круглого столу

У програмі можливі коректування в ході роботи круглого столу. Контактна особа:

Сергій Єрмаков +380972643265

Наукове видання

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ
“ЗЕЛЕНОЇ” ЕКОНОМІКИ**

Матеріали 4-го Міжнародного круглого столу

27 травня 2025 р.

Кам'янець-Подільський, 2025.

**ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN THE CONTEXT OF THE
“GREEN” ECONOMY DEVELOPMENT**

Materials of the 4-th International round-table session

May 27, 2025.

Kamianets-Podilskyi, Ukraine, 2025

Електронне видання

Матеріали друкуються в авторській редакції

Відповідальний за випуск Сергій ЄРМАКОВ

Комп'ютерна верстка Сергій ЄРМАКОВ

Підписано до поширення через мережу Інтернет 27.06.2025 р.

Авт. арк. 4,0 Ум. друк. арк. 6,0

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет».

32300, Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 13