

ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 327:620.97(061.1ЄС+477)(045)

DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/27.15>

Макалюк І.В.

кандидат економічних наук, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4800-4599>

Марченко В.М.

доктор економічних наук, професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4756-3703>

Кавтиш О.П.

кандидат економічних наук, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4304-5220>

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ЗА РАХУНОК ВІДХОДІВ І БІОПАЛИВА: ДОСВІД ЄС ТА УКРАЇНИ

У статті обґрунтовано актуальність пошуку шляхів підвищення енергоне залежності в умовах зростання конфліктності у світовому глобальному просторі. Проаналізовано структуру та динаміку виробництва і споживання енергії в ЄС та Україні за рахунок традиційних і альтернативних джерел. Обґрунтовано тенденції взаємозв'язку між зменшенням рівня енергетичної залежності країн від імпортованих енергоносіїв та зростанням частки енергоспоживання з відновлювальних джерел. Досліджено практику енергетичного використання відходів та біопалива у прогресивних європейських країнах та Україні. Охарактеризовано енергетичний потенціал твердих побутових відходів і біомаси в Україні та окреслено перспективи його використання. Визначено передумови імплементації зарубіжного досвіду щодо підвищення енергоне залежності нашої держави за рахунок відходів та біопалива в національному контексті. Обґрунтовано необхідність розширення практики використання теплових насосів для генерації енергії з навколишнього середовища.

Ключові слова: енергоне залежність, енергетична безпека, біопаливо, відходи, енергетична утилізація, теплові насоси.

Постановка проблеми. Початок 2022 року ознаменувався значними викликами для усього світу. Процеси глобалізації, взаємointegraції між країнами, які впродовж тривалого часу забезпечували переваги, пов'язані із кооперацією та поділом праці, спеціалізацією кожного суб'єкта міжнародних відносин на виробництві та постачанні саме тих товарів і послуг, які забезпечені відповідним природним ресурсним потенціалом, та імпортуванні благ, власне створення яких є неможливим або невигідним, тепер продемонстрували своє безсилля. Наслідки війни проти України, розв'язаної Російською Федерацією у ХХІ ст. в центрі Європи, так чи інакше, торкаються не лише військової та продовольчої, а й енергетичної безпеки практично усіх європейських країн. Особливо гостро проблема енергетичної безпеки постає в осінньо-зимовий період. Таким чином, актуальності набуває пошук шляхів підвищення енергоне залежності в умовах зростання конфліктності у світовому глобальному просторі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми дисбалансу енергоресурсів та шляхи посилення енергетичної безпеки країн неодноразово досліджували у своїх працях вітчизняні і зарубіжні науковці, серед них: Манжун І. [12] (оцінювання стану енергетичної безпеки в європейських країнах); Редько К. Ю., Аленіна Д. О. [15] (вивчення досвіду використання відходів як джерела відновлюваної енергії); Сінчук О. М., Сінчук І. О., Берідзе Т. М. [17] (аналіз факторів енергетичної безпеки України); Турчин Я., Івасечко О. [19] (дослідження загроз енергетичній безпеці ЄС та країн Балтії з боку Російської Федерації); Цевік С. [16] (вивчення передумов підвищення енергоефективності за рахунок відновлювальних джерел енергії) та ін.

Проте стрімке посилення загроз енергетичній безпеці усієї Європи, зумовлене війною в Україні, вимагає пошуку та швидкого впровадження заходів щодо «пом'якшення» енергетичного дисбалансу на національних ринках і зменшення імпортозалежності від

зовнішніх енергоносіїв, в першу чергу за рахунок тих ресурсів і можливостей, які наявні та доступні для використання практично чи не у кожній країні. У зв'язку з цим, практики отримання енергії із альтернативних джерел, а саме відходів і біопалива, та їх вплив на рівень енергетичної залежності країн потребують подальших наукових розвідок.

Метою статті є узагальнення досвіду країн Європейського Союзу щодо енергетичного використання відходів і біопалива в контексті підвищення енергонезалежності та визначення передумов його імплементації в Україні.

Вклад основного матеріалу дослідження. Виробництво і споживання енергії в ЄС та Україні. Виробництво енергії в ЄС здійснюється за рахунок різних джерел (табл. 1). При цьому, варто відмітити, що відновлювана енергетика є найбільшим джерелом первинної енергії в ЄС. Так, наприклад, у 2021 р. частка виробництва енергії за рахунок відновлюваних джерел складала 41% від загального обсягу, на другому місці – атомна енергетика (31%), на третьому – тверде паливо (18%), на четвертому – природний газ (6%), на п'ятому – сира нафта (3%). Хоча структура джерел виробництва енергії суттєво відрізняється між країнами-членами: Латвія, Португалія, Кіпр – понад 95% (Мальта – 100%) відновлювана енергетика; Франція – 76% виробництва складає атомна енергетика; Польща – 72% тверде паливо; Нідерланди – 58% природний газ; Данія – 35% сира нафта [9].

Як видно з табл. 1, структура енергетичного балансу України суттєво відрізняється від європейського, що зумовлено наявністю значної кількості атомних енергоблоків. Крім того, частка енергії з відновлювальних джерел та біопалива в Україні втричі нижча ніж в серед-

ньому у ЄС. Проте, зазначимо, що за даними Державної служби статистики України [5] частка постачання енергії за рахунок відновлюваних джерел з року в рік поступово зростає: так, якщо у 2010 р. вона становила 2%, то у 2015 р. – 3%, а у 2020 р. – вже 6,6%. І така тенденція зумовлена збільшенням реальних обсягів постачання енергії з відновлюваних джерел із 2611 (у 2010 р.) до 5685 (у 2020 р.) тис. т.н.е. Найбільшу частку в енергоспоживанні за рахунок альтернативних джерел в Україні займають біопаливо та відходи. Зокрема, у 2020 р. вона становила 4,9% у загальному постачанні первинної енергії, натомість, частка вітрової і сонячної енергії сукупно – всього 0,9%, гідроенергетики – 0,8%.

У європейському регіоні у 2021 р. порівняно із 2015 р. скоротилася частка споживання природного газу, а також нафти і нафтопродуктів (табл. 1), що є наслідком політики переходу до «зеленої» енергетики. Загалом у 2021 р. ЄС досяг 12% від кінцевого споживання енергії з відновлюваних джерел (не включених в електроенергію: деревина, сонячна теплова, геотермальна енергія та біогаз) та 23% від кінцевого споживання електроенергії, що є результатом спільних зусиль з декарбонізації енергетичної системи. Хоча, варто відмітити, що реальне споживання відновлюваної енергії значно вище (а саме 21,8%), оскільки інші відновлювані джерела (вітрова, сонячна фотоелектрична та гідроенергія) включені в електроенергію та займають лідируючі позиції у її виробництві в ЄС, випереджаючи вкопне паливо і атомні електростанції. Загалом у 2021 р. 38% електроенергії було вироблено за рахунок відновлюваних джерел, з яких по 13% надходило від вітрових турбін і гідроелектростанцій та по 6% – від біопалива і сонячної енергії [9].

Таблиця 1 – Структура та динаміка споживання і виробництва енергії в ЄС та Україні

<i>Енергетичний баланс регіонів Європи (частка палива у валовій доступній енергії)</i>								
Регіон (період)	Тверде вкопне паливо	Природний газ	Нафта і нафтопродукти (без біопаливної частини)	Відновлювальні джерела енергії і біопаливо	Невідновлювальні відходи	Ядерне паливо	Електроенергія (чистий імпорт)	Інші**
Євразія (19 країн), 2015 р.	6,9%	25,4%	36,4%	16,4%	1,0%	13,3%	0,1%	0,5%
ЄС (27 країн), 2020 р.	10,2%	23,7%	34,5%	17,4%	1,0%	12,7%	0,1%	0,4%
ЄС (27 країн), 2021 р.	11,6%	24,3%	31,5%	18,0%	1,0%	13,3%	0,04%	0,2%
Україна* (2020 р.)	26,3%	27,6%	16,4%	5,6%	0,9%	23,2%	-0,2%***	0,2%
<i>Динаміка виробництва первинної енергії в ЄС за видами джерел (у %-му співвідношенні до базового 2010 року)</i>								
Види джерел енергії	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	
Загальне виробництво	100	99	96,8	92,2	91,5	89,5	93,3	
Відновлювані джерела енергії	100	108,5	115,5	120,9	130,8	139,2	145,5	
Ядерне паливо	100	94,9	95,1	89,7	88,9	79,8	85,0	
Тверде вкопне паливо	100	103	92,2	85,0	79,2	57,0	62,0	
Природний газ	100	90,8	78,4	65,2	54,1	37,6	34,6	
Сира нафта	100	91,4	87,6	76,3	74,1	64,9	61,2	
Інші	100	93	107,4	106,1	116,3	98,6	96,4	

*За 2021–2022 рр. статистична інформація щодо України на офіційних сайтах органів статистики для аналізу відсутня. Дані будуть оприлюднені після завершення терміну для подання статистичної та фінансової звітності, встановленого Законом України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни» № 2115-IX від 03 березня 2022 року. **Інші: промисловий газ, торф і торфопродукти, горючі сланці і нафтові піски, теплова енергія); ***від'ємне значення позначає чистого експортера.

Джерело: сформовано на основі [9]

Однак, варто відміти, що незважаючи на суттєве зростання обсягу виробництва власної первинної енергії в ЄС за рахунок відновлюваних джерел (на 45,5% у 2021 р. порівняно із 2010 р.) (табл. 1), зберігається ще досить висока частка залежності в енергоспоживанні від традиційних невідновлювальних джерел (нафти, природного газу та твердого палива), які, значною мірою, є імпортованими з третіх країн. В цілому Європейський Союз попри позитивну тенденцію впродовж останніх років у напрямку підвищення власної енерго-незалежності все ще більш ніж наполовину забезпечує свої потреби в енергопостачанні за рахунок імпортованих енергоносіїв. Основним постачальником у 2021 р. залишалася Російська Федерація, з якої надійшло 28% сирової нафти (від загального обсягу імпортованої), 44% природного газу та 52% твердого викопного палива [9].

У сьогодинішніх реаліях у зв'язку із санкціями ЄС, спрямованими на обмеження імпорту енергоносіїв з Російської Федерації через військову агресію проти суверенної держави у 2022 р., а також знищенням та пошкодженням внаслідок масованих ракетних обстрілів енергетичних об'єктів України – експортера електроенергії до ЄС, структура імпорту джерел енергії у європейських країнах постійно змінюється. Виникає необхідність реформування енергетичного ринку співдружності та переорієнтація і поступове нарощування власних потужностей для забезпечення енергетичної незалежності кожної держави на національному рівні.

Взірцевим прикладом у цьому випадку є, зокрема, такі країни як: Норвегія, Естонія, Ісландія, Швеція, Латвія, Фінляндія та ін. (табл. 2), яким вдалося зменшити рівень енергетичної залежності від імпортованих енергоресурсів, зокрема за рахунок підвищення частки виробництва та споживання енергії з відновлювальних джерел.

Натомість, такі потужні європейські країни як Німеччина (+5%), Нідерланди (+21%), Чехія (+17%) та Польща (+29%) впродовж останніх 20-ти років стали більш залежні від зовнішніх джерел енергії, а отже тепер їм необхідно ще посиленіше працювати в напрямку підвищення своєї енергетичної безпеки [9]. І тут має місце акцентування зусиль саме на відновлюваних джерелах енергії, зокрема біоенергетиці, а також

переробці та утилізації відходів і використання їх в якості альтернативних енергоджерел.

Практика енергетичного використання відходів і біопалива. В Україні структура відходів визначається згідно Класифікатора відходів ДК 005-96 [11]. Але в загальному їх можна розділити на дві великі групи: *промислові відходи* та *відходи споживання*. І в першій, і в другій групах є відходи, які, так чи інакше, можуть підлягати енергетичному використанню. Зокрема, сюди відносяться відходи сільськогосподарського і лісового виробництва, харчової промисловості тощо, а також тверді побутові відходи: *відновлювані* (напр., папір, харчові відходи) та *невідновлювані* (напр., пластик), які утворюються в процесі життєдіяльності людини. Залежно від типів відходів їх енергетичне використання може здійснюватися у різний спосіб: від прямої утилізації, тобто спалювання, до анаеробного зброджування для отримання біопалива.

В свою чергу, поступовий перехід до економіки замкненого циклу, який передбачає переробку та використання відходів, є одним із базових принципів рамкової Директиви Європейського парламенту та Ради «Про відходи та скасування деяких директив» № 2008/98/ЄС від 19.11.2008 [6] і Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. [14]. Згідно положень зазначених нормативних документів у ЄС та Україні діє п'ятиступенева ієрархія управління відходами, за якою спалювання відходів з виробленням енергії доцільне лише тоді, коли: по-перше, неможливо запобігти утворенню відходів; по-друге, відсутні умови для повторного використання тих чи інших відходів; і по-третє, неможливий рециклінг, тобто переробка матеріалів з відходів на продукцію, інші матеріали чи речовини.

Іншими словами, процес спалювання сміття можливий лише в тому випадку, коли воно не підлягає іншим способам утилізації, і виключно на заводах, які оснащені очисним обладнанням із високим рівнем захисту довкілля. Відповідно, на обсяги спалювання відходів мають вплив екологічна політика урядів країн, наявність природних джерел енергії, кількість сміттєспалювальних заводів та їх здатність забезпечити відповідність технологічного процесу екологічним нормам тощо [13].

Таблиця 2 – Рівень енергетичної залежності та енергоспоживання з відновлювальних джерел в країнах Європи

Країна/регіон	Частка у споживанні енергії з відновлювальних джерел, %			Рівень енергетичної залежності (% чистого імпорту у валовій доступній енергії)		
	2004	2021 (2020)	+/-	2004	2021 (2020)	+/-
ЄС	9,6	21,8	+12,2	56,9	55,5	-1,4
Норвегія	58,4	74,1	+15,7	-702,5**	-616,6**	+85,9**
Естонія	18,4	38,0	+19,6	30,1	1,4	-28,7
Ісландія	58,9	85,8	+26,9	32,0	15,2	-16,8
Швеція	38,4	62,6	+24,2	37,3	21,2	-16,1
Латвія	32,8	42,1	+9,3	69,4	38,3	-31,1
Фінляндія	29,2	43,1	+13,9	54,7	38,0	-16,7
Франція	9,3	19,3	+10,0	50,9	44,2	-6,7
Італія	6,3	19,0	+12,7	84,4	73,5	-10,9
Україна*	< 2	(6,6)	+(>4,6)	45,3	(34,1)	-11,2

* Дані по Україні подано за 2020 р.; ** від'ємне значення показника у Норвегії означає чистий експорт. Норвегія є потужним експортером нафти та природного газу до інших країн Європи. В той час, як відновлювані джерела енергії становлять 100% первинного виробництва в Ісландії, у Норвегії вони складають лише 7%, а найбільші частки мають природний газ (47%) і нафта (45%) [9].

Джерело: сформовано на основі [9]

До слова, у довоєнний період Україні функціонував лише один сміттєспалювальний завод, на якому щорічно утилізувалося понад 25% відсотків сміття столиці.

Тому, незважаючи на значний сировинний потенціал та перспективність напряму енергетичної утилізації відходів для підвищення енергонезалежності країн, він пов'язаний з певними екологічними ризиками, а отже, потребує свідомого та виваженого підходу із застосуванням передових технологій для збереження довкілля, здоров'я і життя населення. У 2020 р. лише 6,4% від загального обсягу відходів у ЄС було використано для відновлення енергії. При цьому в загальному було перероблено 60,2% від усіх відходів, а спалених без відновлення енергії – 0,5% [9].

Тим не менше, практика енергетичної утилізації відходів вже досить успішно зарекомендувала себе в деяких країнах Європи. Позитивний досвід використання твердих побутових відходів для відновлення енергії мають такі країни, як Швеція та Норвегія, у яких створені всі необхідні умови для того, аби шкідливі речовини, що виділяються при енергетичній утилізації, не забруднювали довкілля. Так, зокрема, у Швеції відсортовується 99% твердих побутових відходів (з яких 50% переробляється та використовується повторно і ще 50% підлягають енергетичній утилізації) і лише 1% вивозиться на сміттєзвалища. При цьому Швеція додатково імпортує щорічно близько 800 тис. т твердих побутових відходів [18].

Більш детально дані щодо поводження з відходами за видами утилізації та захоронення у країнах Європи станом на 2020 р. наведено на рис. 1.

Отже, як бачимо з рис. 1, найбільш прогресивними з точки зору енергетичної утилізації відходів є Норвегія (≈ 40%), Данія (≈ 20%) та Кіпр (≈ 15%). Проте, зауважимо, що статистика наведена відносно усієї сукупності вироблених відходів у конкретній країні. Варто розуміти, що у країнах, де проводиться значний обсяг

гірничодобувних та кар'єрних робіт (як, наприклад, Швеція та Фінляндія), а також будівельних та демонтажних робіт (Люксембург), частка мінеральних відходів може становити до 89%, що пояснює незначну, на перший погляд, частку переробки відходів, зокрема для відновлення енергії.

В Україні ж до війни лише близько 3% твердих побутових відходів перероблялися для відновлення енергії, що забезпечувало 0,04% від загального обсягу виробництва теплової енергії та 0,02% – від загального обсягу електроенергії. До 2030 р. планувалося збільшити частку спалюваних твердих побутових відходів до 10%, що забезпечило б 0,15% та 0,08% від загальних обсягів виробництва теплової та електроенергії відповідно [1]. Звісно, що війна внесла свої корективи щодо політики енергозабезпечення з огляду на необхідність швидкого реагування та заміщення енергії, яка вироблялася зруйнованими російськими ракетами об'єктами енергетики...

Проблема сміттєпереробки є важливою не лише з огляду на забезпечення енергетичної безпеки країн, але і з точки зору охорони навколишнього природного середовища, оскільки дає можливість економії природних ресурсів. Зазначимо, що сміттєпереробка та біоенергетика тісно взаємопов'язані. Біоенергетика заснована на використанні біопалива, яке отримують із біомаси. В свою чергу, біомасу формують енергетичні рослини та органічні відходи.

Найбільш екологічно чистий спосіб енергетичного використання відходів – анаеробне зброджування для отримання біогазу. Сільськогосподарські біогазові і біометанові установки в ЄС вже складають значну частку від загального обсягу виробництва. Так, за даними Європейської біогазової асоціації [8] у 2021 р. сукупне виробництво біогазу і біометану у ЄС склало 18,4 млрд м³, що забезпечило 4,6% внутрішнього попиту на газ і, до прикладу, перевищило усе споживання природного

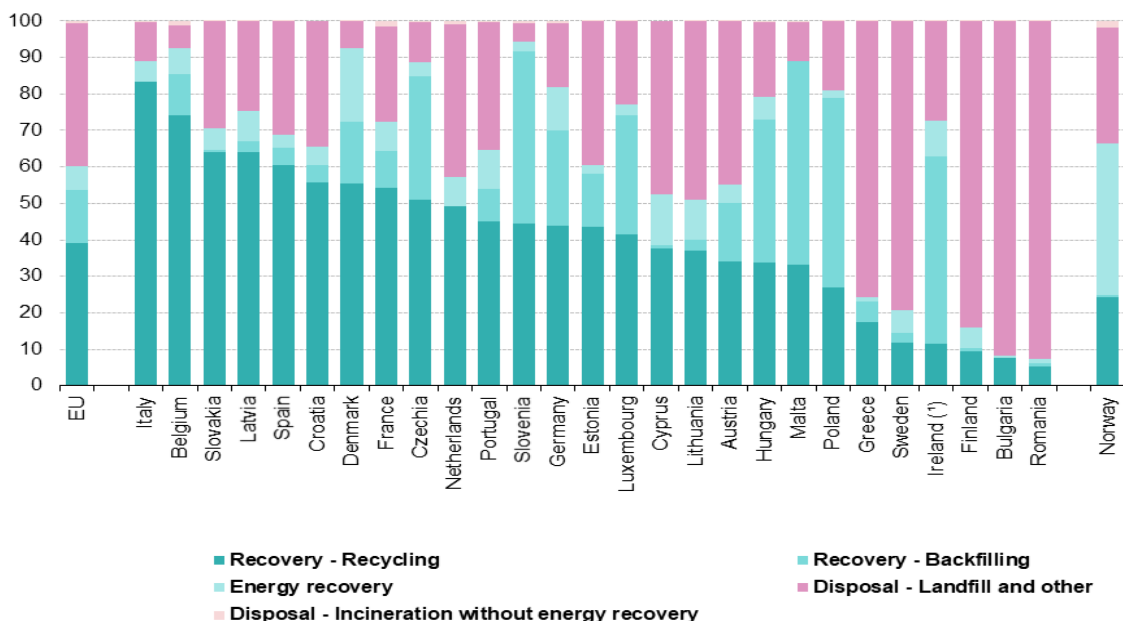


Рисунок 1 – Поводження з відходами, 2020 р. (% від загальної переробки)

Джерело: [9]

газу в Бельгії. Попри це, з урахуванням подвоєння цілей після початку війни проти України, планується підвищити виробництво біометану, зокрема з сільсько-господарських відходів та залишків, і досягти щонайменше 30 млрд м³ у 2030 р. та 167 млрд м³ – у 2050 р., що становитиме 61 % попиту на газ в ЄС [4].

Трійку лідерів по кількості біометанових заводів серед країн ЄС (за даними 2020 р.) очолюють: Німеччина – 242 заводи, Франція – 214, Велика Британія – 107, значна частина яких підключена до газорозподільчої та газотранспортної мереж. Варто зауважити, що така тенденція не є випадковою. Уряди європейських країн впродовж останнього десятиріччя впроваджували активні механізми підтримки розвитку біоенергетики на національному рівні. Так, зокрема, в Німеччині впродовж 2009-2014 рр. був сформований спеціальний тариф на електроенергію, вироблену із біогазу та біометану (0,13-0,24 €/кВт·год), а виробники отримували надбавку до тарифу за збагачення біогазу до якісних характеристик природного газу (0,03 €/кВт·год). За цей період в країні запрацювало 175 біометанових заводів.

У Франції впроваджена спеціальна система субсидування ціни на біометан, що надходить до газових мереж (0,45-0,135 €/кВт·год), незалежно від його подальшого використання. Планувалося, що до 2030 р. виробництво біометану в країні складатиме 9 млрд м³, що замінить третину споживання природного газу. У Великій Британії активне збільшення кількості біометанових установок почалося з 2011 р., коли в країні було запроваджено схему підтримки, яка передбачає пільговий тариф для біометану анаеробного збродження. Ще одним взірцевим прикладом у напрямі розвитку біоенергетики є Данія. Перша біометанова установка в країні з'явилася у 2012 р., а у 2020 р. їх налічувалося уже 52. В країні існує премія до ринкової ціни природного газу і зафіксовано кінцевий тариф на біометан, що дозволяє останньому бути більш конкурентоспроможним з цінних позицій. Данія розглядає біометан як повноцінний замітник природного газу до 2035 р., а у 2025 р. виробництво біометану і природного газу в країні має зрівнятися [3].

В Україні цей напрям тільки розвивається. За даними Біоенергетичної асоціації України [1] у 2020 р. було введено в експлуатацію 68 біогазових станцій електричною потужністю 105 МВт, з яких 28 виробляли біогаз із агросировини, 27 працювали на біогазі полігонів твердих побутових відходів, 9 виробляли біогаз за рахунок анаеробного очищення промислових стічних вод, 1 – з осаду господарсько-побутових стічних вод, 3 були призначені для виробництва генераторного газу. Однак фізико-хімічні властивості біогазу не дозволяють одразу подавати його до газових мереж. Спочатку такий газ необхідно очистити до біометану (вміст O₂ і CO₂ необхідно знижувати, а рівень метану має становити не менше 90%). Станом на 2020 р. в Україні біогаз займав лише 3 % в структурі виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Згідно Енергетичної стратегії України до 2035 р. внесок біопалива та відходів у загальне постачання первинної енергії має досягти 11,5 % [1].

За оцінками експертів Біоенергетичної асоціації України [2], проведеної у 2020 р., потенціал вітчизняної біоенергетики досить потужний, а саме біомаси в

Україні достатньо для того, аби замінити весь імпорт газу, вугілля та бензину. Основною складовою цього потенціалу є агробіомаса, а саме:

1) *відходи і побічні продукти рослинництва* – солома зернових і ріпаку, стебла кукурудзи, соняшнику тощо (43 % загального потенціалу);

2) *енергетичні культури* – верба, тополя, міскантус, сорго, цукровий очерет тощо (34 % загального потенціалу).

Згідно прогнозів до 2050 р. обсяг споживання біопалива може становити понад 20 млн т н.е. на рік. Близько половини цього обсягу буде замінювати природний газ і використовуватиметься для виробництва теплової енергії. Інша частина спрямовуватиметься на виробництво електроенергії і замінюватиме вугілля і атомну генерацію, а також нафтопродукти на транспорті [2]. Звісно, що тимчасова окупація значної частини території України та посівних площ негативно впливає на загальний потенціал біоенергетики, проте він продовжує залишатися достатньо високим.

Попри війну Україна уже робить впевнені поступові кроки до підвищення власної енергонезалежності за рахунок альтернативних джерел. Так, всередині квітня 2023 р. в Чернігівській області компанія «Галс-Агро» запустила перший в Україні біометановий завод. До цього часу потужності заводу виготовляли лише біогаз із відходів аграрного сектору, тепер за годину із 600 м³ біогазу виробляється 330 м³ біометану, що еквівалентно 1,3 МВт електроенергії. В цілому за 2023 р. планується відкриття щонайменше п'яти біометанових заводів загальною потужністю від 3 млн м³ на рік [1]. Потенційно ж з наявної сировини Україна може виробляти до 10 млрд м³ біометану в рік, виробництва в обсязі 4,5 млрд м³ прогнозується досягти до 2050 р. [2]. А зважаючи на реалії сьогодення щодо зростання цін на європейському ринку на природний газ, інвестування у виробництво біометану як для внутрішнього споживання, так і для експорту є економічно виправданим та рентабельним.

Окрім підвищення енергонезалежності розвиток біоенергетики та практики використання відходів для відновлення енергії мають і ряд інших потенційних переваг, а саме: забезпечення стабільності виробництва енергії за рахунок значного сировинно-ресурсного потенціалу; створення нових робочих місць шляхом будівництва біогазових/біометанових установок, котельнь, теплових електростанцій на біомасі та відходах; забезпечення додаткового доходу для фермерів за рахунок придбання відходів аграрного виробництва та розвиток сільського господарства; протидія змінам клімату та збереження довкілля, життя і здоров'я населення через скорочення викидів парникових газів у навколишнє природне середовище.

Таким чином, враховуючи сучасний стан енергоринку в Україні та ЄС, а також ризики зростання глобальної конфліктності необхідно забезпечити передумови для ефективної імплементації зарубіжного досвіду щодо підвищення енергонезалежності за рахунок енергетичного використання відходів і біопалива (рис. 2).

Окремо також варто відзначити ще один прогресивний напрям забезпечення енергетичної безпеки і підвищення енергонезалежності як на побутовому, так і на промисловому рівнях, а саме використання теплових насосів (рис. 2) – пристроїв, що використовують енергію оточуючого середовища (землі, атмосферного

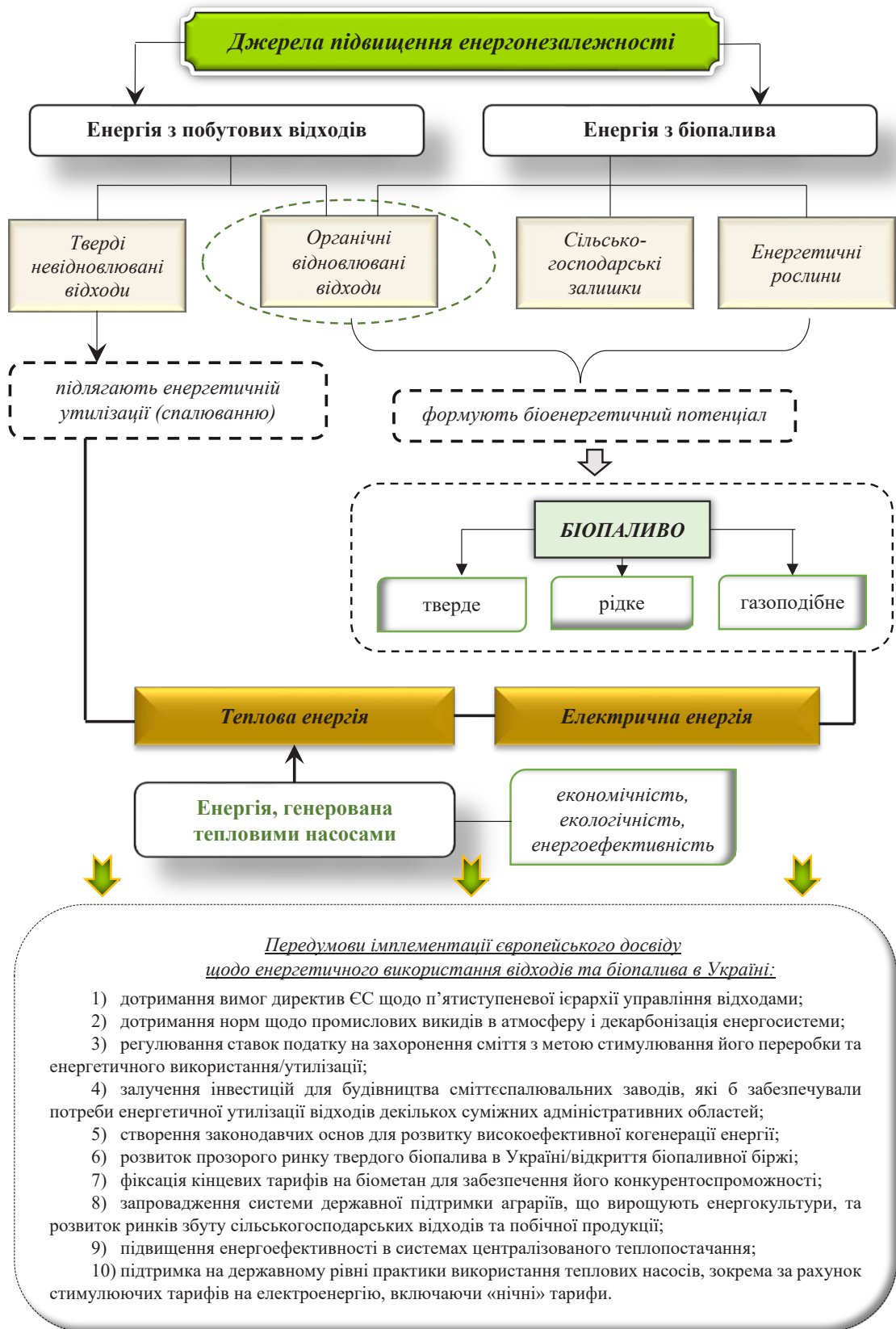


Рисунок 2 – Джерела та передумови підвищення енергонезалежності

Джерело: розроблено авторами

повітря, стічних вод) для генерації теплової енергії, яку передають до споживача [10]. Про це свідчить стрімке поширення практики їх використання у країнах ЄС впродовж останніх років. Зокрема, за даними Європейської асоціації теплових насосів [7] у 2021 р. на всіх національних ринках теплових насосів спостерігалось значне зростання їх продажів, найбільше у Польщі (+87%), Ірландії (+69%) та Італії (+63%). Аналогічна тенденція спостерігається і з початку 2022 р.

Висновки. Таким чином, очевидно, що в умовах зростання конфліктності в сучасному світі (військова агресія Російської Федерації проти України та країн Заходу, «карабаський» конфлікт між Вірменією та Азербайджаном, ізраїльсько-палестинський конфлікт, ускладнені відносини між Тайванем та Китаєм тощо) підвищення енергонезалежності є одним із першо-

чергових завдань в національному контексті, яке може бути вирішене за рахунок диверсифікованості джерел виробництва і постачання енергії. Кожна країна у випадку надзвичайних чи військових ситуацій повинна мати змогу підтримувати свій енергетичний баланс більшою мірою за рахунок власного виробництва. Зрозуміло, що велику роль у цьому процесі відіграє географічне розташування та наявність відповідного природно-ресурсного потенціалу. Проте можливості отримання енергії за рахунок використання відходів і біопалива є відкритими та своєчасними для всіх.

Перспективами подальших наукових досліджень у цьому напрямі може бути вивчення енергетичного потенціалу біомаси та твердих побутових відходів у регіональному українському вимірі і обґрунтування інституційних механізмів його ефективного використання.

Список використаних джерел:

1. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org> (дата звернення: 27.04.2023).
2. Гелетука Г., Железна Т., Драгнев С., Гайдай О. Десять кроків України для відмови від російського природного газу. *Аналітична записка UABIO*. 2022. № 28. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/04/10-kroktiv-Ukrayiny-dlya-vidmovy-vid-PG_UKR.pdf
3. Гелетука Г., Кучерук П., Матвєєв Ю. Перспективи виробництва біометану в Україні. *Аналітична записка UABIO*. 2022. № 29. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf>
4. Гелетука Г. Розвиток біоенергетики у ЄС. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. 2023. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/02/Geletuha_G_Rozvytok_bioenergetyky_v_YES_Baryery_dlya_rozvytku_bioenergetyky.pdf
5. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 12.04.2023).
6. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). In force: This act has been changed. Current consolidated version: 05.07.2018. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj> (дата звернення: 27.04.2023).
7. European Heat Pump Association (EHPA). URL: <https://www.ehpa.org> (дата звернення: 27.04.2023).
8. European Biogas Association. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/intranet-policy/eba-statistical-report-2022/> (дата звернення: 27.04.2023).
9. Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/> (дата звернення: 27.04.2023).
10. Захаров Н. В., Макалюк І. В. Планування енергетичного господарства підприємств на основі використання теплових насосів. *Актуальні питання регіональних фінансових процесів в умовах воєнного стану: матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 17-18 лютого 2023 р.)*. Одеса: Видавництво «Молодий вчений», 2023. С. 34–39.
11. Класифікатор відходів ДК 005-96: Державний класифікатор України; затверджено наказом Держстандарту України від 29.02.1996 р. № 89. Дата оновлення: 01.05.2008. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> (дата звернення: 27.04.2023).
12. Манжул І. Забезпечення енергетичної безпеки ЄС. *Національний юридичний журнал: теорія і практика*. 2016. С. 96–101.
13. Марченко В. М., Кавтиш О. П., Макалюк І. В. Енергетичний потенціал відходів в ЄС та Україні. *Сучасні проблеми менеджменту: матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції 28 жовтня 2022 року*. Київ: НАУ, 2022. С. 54–55.
14. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: розпорядження Кабінету міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р. Дата оновлення: 17.09.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 27.04.2023).
15. Редько К. Ю., Аленіна Д. О. Досвід використання відходів як джерела відновлюваної енергії. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 11. С. 108–114.
16. Serhan Cevik. Climate Change and Energy Security: The Dilemma or Opportunity of the Century? *International Monetary Fund*. 2022. URL: <https://www.imf.org/wp/iea2022174-print-pdf>
17. Сінчук О. М., Сінчук І. О., Берідзе Т. М. Аналіз факторів енергетичної безпеки України. *Гірничий вісник*. 2018. Вип. 103. С. 126–131.
18. Створення умов для енергетичної утилізації побутових відходів в Україні. URL: https://sae.gov.ua/sites/default/files/SAEE_waste_to_energy_concept.pdf
19. Турчин Я., Івасечко О. Енергетична безпека ЄС та балтійських країн за умов полігібресії зовнішньої політики Російської Федерації. *Вісник НУ «ЛП»*. *Політичні науки*. 2020. Вип. 6. № 1. С. 1–6.

References:

1. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy [Bioenergy Association of Ukraine]. Available at: <https://uabio.org> (accessed April 27, 2023).
2. Heletukha H., Zheliezna T., Drahnev S. & Haidai O. (2022) Desiat krokiv Ukrainy dlia vidmovy vid rosiiskoho pryrodnoho hasu [Ten steps for Ukraine to abandon Russian natural gas]. *Analitychna zapyska UABIO – UABIO Position Paper*, no. 28. Available at: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/04/10-kroktiv-Ukrayiny-dlya-vidmovy-vid-PG_UKR.pdf
3. Heletukha H., Kucheruk P. & Matvieiev Yu. (2022) Perspektivy vyrobnytstva biometanu v Ukraini [Prospects for biomethane production in Ukraine]. *Analitychna zapyska UABIO – UABIO Position Paper*, no. 29. Available at: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf>
4. Heletukha H. (2023) Rozvytok bioenerhetyky u Yes. Bariery dlia rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Development of bioenergy in the EU. Barriers to the development of bioenergy in Ukraine]. Available at: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/02/Geletuha_G_Rozvytok_bioenergetyky_v_YES_Baryery_dlya_rozvytku_bioenergetyky.pdf

5. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua> (accessed April 12, 2023).
6. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). In force: This act has been changed. Current consolidated version: 05/07/2018. Available at: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj> (accessed April 27, 2023). (in English)
7. European Heat Pump Association (EHPA). Available at: <https://www.ehpa.org> (accessed April 27, 2023).
8. European Biogas Association. Available at: <https://www.european-biogas.eu/intranet-policy/eba-statistical-report-2022/> (accessed April 27, 2023).
9. Eurostat. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/> (accessed April 27, 2023).
10. Zakharov N. V. & Makaliuk I. V. (2023) Planuvannia enerhetychnoho hospodarstva pidpriemstv na osnovi vykorystannia teplovykh nasosiv [Planning the energy management of enterprises based on the use of heat pumps]. Proceedings from: Scientific and practical conference "Topical issues of regional financial processes under martial law" (Kyiv, February, 17th-18th, 2023) Odesa: Vydavnytstvo "Molodyi vchenyi", pp. 34–39.
11. Klasyfikator vidhodiv DK 005-96 [Waste classifier DK 005-96]: Derzhavnyi klasyfikator Ukrainy; zatverdzheno nakazom Derzhstandartu Ukrainy vid 29.02.1996 № 89 – State Classifier of Ukraine; approved by the Order of the State Standard of Ukraine dated February 29, 1996 № 89 (Update date: May 01, 2008). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> (accessed April 27, 2023).
12. Manzhul I. (2016) Zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky YeS [Ensuring the EU's energy security]. *Natsionalnyi yurydychnyi zhurnal: teoriia i praktyka – National Legal Journal: Theory and Practice*, pp. 96–101.
13. Marchenko V. M., Kavtysh O. P., & Makaliuk I. V. (2022) Enerhetychnyi potentsial vidhodiv v YeS ta Ukraini [Energy potential of waste in the EU and Ukraine]. Proceedings from: *XVIII International Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Management"* (Kyiv, October, 28th, 2022). Kyiv: NAU, pp. 54–55.
14. Pro skhvalennia Natsionalnoi stratehii Upravlinnia vidhodamy v Ukraini do 2030 roku [On approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030]: rozporiadzhennia Kabinetu ministriv Ukrainy vid 08.11.2017 № 820-p – Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 08, 2017 № 820-p (Update date: September 17, 2020). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (accessed April 27, 2023).
15. Redko K. Yu. & Alenina D. O. (2021) Dosvid vykorystannia vidhodiv yak dzherela vidnovliuvanoi enerhetyky [Experience in using waste as a source of renewable energy]. *Investments: practice and experience*, no. 11, pp. 108–114.
16. Serhan Cevik (2022) Climate Change and Energy Security: The Dilemma or Opportunity of the Century? *International Monetary Fund*. Available at: <https://www.imf.org/wpiea2022174-print-pdf> (in English)
17. Sinchuk O. M., Sinchuk I. O. & Beridze T. M. (2018) Analiz faktoriv enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Analysis of energy security factors in Ukraine]. *Mining Bulletin*, vol. 103, pp. 126–131.
18. Stvorennia umov dlia enerhetychnoi utylizatsii pobutovykh vidhodiv v Ukraini [Creating conditions for energy utilization of household waste in Ukraine]. Available at: https://saec.gov.ua/sites/default/files/SAEE_waste_to_energy_concept.pdf
19. Turchyn Ya. & Ivasechko O. (2020) Enerhetychna bezpeka YeS ta baltiiskyykh krain za umov polihibresii zovnishnoi polityky Rosiiskoi Federatsii [Energy Security of the EU and the Baltic States in the Context of the Russian Federation's Foreign Policy Polyhibberish]. *Bulletin of NU "LP". Political sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6.

Makaliuk Iryna, Marchenko Valentyna, Kavtysh Oksana

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

INCREASING ENERGY INDEPENDENCE THROUGH WASTE AND BIOFUELS: THE EXPERIENCE OF THE EU AND UKRAINE

The article substantiates the relevance of finding ways to increase energy independence in the context of growing conflict in the global environment. The purpose of the article is to summarize the experience of the European Union countries in the energy use of waste and biofuels in the context of increasing energy independence and to determine the prerequisites for its implementation in Ukraine. The study is based on the dialectical method of cognition and a systematic approach to the study of phenomena and processes related to the analysis of experience and best practices in the energy use of waste and biofuels. To achieve this goal, the paper uses general scientific and special methods, namely: abstract and logical methods; methods of induction, deduction, analysis, synthesis, systematization; methods of scientific summarizing and comparing; statistical and economic, tabular and graphical methods; etc. The structure and dynamics of energy production and consumption in the European Union and Ukraine from traditional and renewable sources as of 2021 are analyzed. The structure of Ukraine's energy balance and its differences from those of the EU countries are characterized. The tendencies of the relationship between the decrease in the level of energy dependence of countries on imported energy and the increase in the share of energy consumption from renewable sources are substantiated. The practice of energy utilization from waste and biofuels in progressive European countries and Ukraine is studied. The energy potential of municipal solid waste and biomass in Ukraine is characterized, and the prospects for its use are outlined. The practical value of the article lies in determining the prerequisites for the implementation of foreign experience in increasing the energy independence of our country in the national context. The necessity of expanding the practice of using heat pumps to generate energy from the environment is substantiated. Prospects for further research in the field of studying the energy potential of biomass and solid waste in the regional Ukrainian dimension and the substantiation of institutional mechanisms for their effective use are determined.

Key words: energy independence, energy security, biofuels, waste, energy utilization, heat pumps.

JEL classification: Q20, Q42, O57