

УДК 620.92

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗИ

Желізна Т.А., канд. техн. наук, **Баштовий А.І.**, канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

<https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.09>

Представлено поточний стан та перспективи розвитку сектору біоенергетики ЄС-28 до 2030 року. Проаналізовано особливості ролі біоенергетики по окремих секторах виробництва та споживання енергії в ЄС. Запропоновано рекомендації по розвитку біоенергетичного сектору України, що ґрунтуються на основних тенденціях, існуючих в ЄС.

Представлены текущее состояние и перспективы развития сектора биоэнергетики ЕС-28 до 2030 года. Проанализированы особенности роли биоэнергетики по отдельным секторам производства и потребления энергии в ЕС. Предложены рекомендации по развитию биоэнергетического сектора Украины, основанные на главных тенденциях, существующих в ЕС.

State of the art and prospects for the development of bioenergy in the EU-28 until 2030 are presented. Features of bioenergy contribution to different EU's energy production and consumption sectors are analyzed. Based on the main trends existing in the EU, some recommendations for Ukraine's bioenergy sector development are suggested.

Бібл. 8, табл. 2, рис. 2.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, біоенергетика, біомаса, біопаливо, тверде біопаливо, біогаз.

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
ВЕС – вітрова електростанція;
ВКЕ – валове кінцеве енергоспоживання;
ГЕС – гідроелектростанція;
ЗВПЕ – загальне виробництво первинної енергії;

ПГ – парникові гази;
СЕС – сонячна електростанція;
ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
ТЕС – теплова електростанція;
н.е. – нафтовий еквівалент.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю виконання умов Паризької Угоди 2015 року щодо зменшення викидів парникових газів у світі, одним з механізмів чого є перехід на низьковуглецеві палива. Використання відновлюваних джерел енергії, у тому числі біомаси, сприяє скороченню емісії парникових газів, зменшує залежність країн від імпортованих палив, підвищує їх енергетичну незалежність.

Метою роботи є аналіз основних тенденцій розвитку біоенергетики в країнах ЄС, визначення успішних прикладів і існуючих проблем, а також розробка рекомендацій для впровадження кращих практик ЄС у біоенергетичному секторі України.

Цілі та перспективи ЄС по розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року

Сьогодні Європейський Союз вважається світовим флагманом енергетичної трансформації – переходу на відновлювані джерела енергії та впровадження високо-ефективних технологій ВДЕ. Завдяки послідовному застосуванню політики підтримки, внесок відновлюваних джерел енергії у валове кінцеве енергоспоживання ЄС збільшився з 9% у 2005 р. до близько 17% у 2015 р. Згідно оцінок Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), до 2030 р. цей внесок може подвоїтися за умови подальшого існування сприятливої енергетичної політики. Така динаміка розвитку дасть можливість ЄС не тільки досягти цілей 2020 р. (20% відновлюваної енергії у кінцевому енергоспоживанні, 10% ВДЕ у секторі транспорту згідно Директиви з відновлюваної енергетики 2009/28/ЄС 2009 року [1]),

але й сприятиме виконанню зобов'язань по Паризькій Угоді щодо декарбонізації енергетичного сектору. При цьому очікується, що біомаса залишиться основним джерелом «зеленої» енергії в ЄС (головним чином, за рахунок виробництва теплової енергії) на період до і після 2030 року (табл. 1, рис. 1) [2].

Для стимулювання інвестицій у відновлювану енергетику у період 2020-2030 рр. Європейська Комісія у 2016 р. розробила і представила на розгляд Європейського Парламенту і Ради пакет з восьми законодавчих заходів під назвою «Чиста енергія для всіх європейців» [3]. Ці заходи мають три основні пріоритети: підвищення енергоефективності (запропонована мета – ріст енергоефективності на 30% до 2030 р.), досягнення ЄС світового лідерства у розвитку ВДЕ (мінімум 27% ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні у 2030 р.) і забезпечення справедливих відносин зі споживачами енергії (доступ до інформації, можливість зміни постачальника енергії, захист прав споживачів та ін.). За оцінками Єврокомісії, починаючи з 2021 р. інвестиції у відновлювану енергетику в ЄС мають становити близько 177 млрд. євро/рік, що призведе до створення 900 тис. робочих місць до 2030 р. та зменшення рівня емісії парникових газів на 40% у порівнянні з базовим 1990 р. На сьогодні із запропонованих Європейською Комісією законодавчих ініціатив Європейський Парламент вже ухвалив зміни до Директиви 2010/31/ЄС «Енергоефективність будівель» 2010 року. Ці зміни спрямовані на досягнення дуже низьких або нульових викидів парникових газів, пов'язаних з енергоспоживанням будівель до 2050 р. [4-5].

Табл. 1. Прогноз Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики щодо виробництва та споживання енергії з ВДЕ в ЄС-28 у 2030 році [2].

Показник	2010 р. (факт)	2030 р. (прогноз)	
		Базовий сценарій	Оптимістичний сценарій
Виробництво електроенергії:			
- частка ВДЕ в загальному обсязі виробництва	20%	41%	50%
- частка окремих ВДЕ в загальному обсязі виробництва «зеленої» електроенергії:			
ГЕС	55%	27%	22%
ВЕС	22%	38%	42%
Біомаса	19%	20%	17%
СЕС	3%	14%	16%
Інші ВДЕ	1%	1%	3%
Виробництво теплової енергії:			
- частка ВДЕ в загальному обсязі виробництва,	16%	29%	38%
- у тому числі біомаса	15,9%	27%	32%
Сектор транспорту:			
- частка ВДЕ в загальному обсязі споживання палив/електроенергії на транспорті,	4%	9%	17%
- у тому числі біопалива	4%	8%	15%
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії	13%	24%	33%

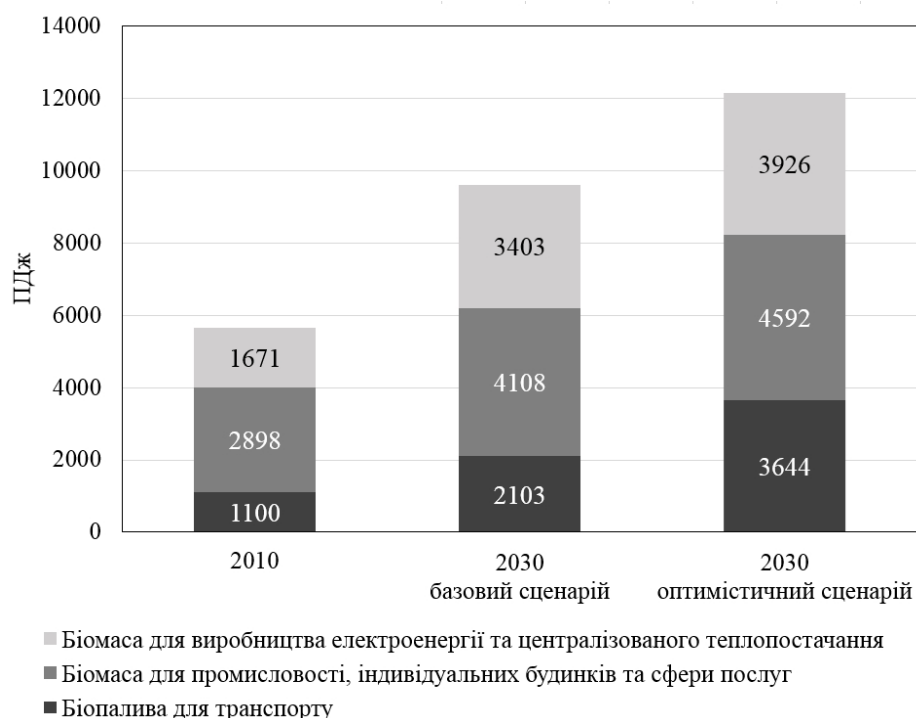


Рис. 1. Прогноз постачання первинної енергії з біомаси в ЄС-28 [2].

Важливою складовою ініційованих Єврокомісією законодавчих ініціатив є підготовка нової редакції Директиви з відновлюваної енергетики 2009/28/ЄС. Серед іншого, планується суттєве підсилення критеріїв сталості для біопалив. Для рідких біопалив другого покоління вимога по зменшенню викидів CO₂ у порівнянні з викопними паливами становитиме 70%. Крім того, буде уведено низку критеріїв сталості для твердих біопалив, що використовуються на енергетичних установках потужністю більше 20 МВт (по вхідному паливу). Прийняття нової версії Директиви очікується вже в поточному або наступному році.

Структура виробництва і споживання енергії в ЄС-28

У структурі виробництва первинної енергії в ЄС-28 відновлювані джерела енергії займають друге місце після атомної енергії з показником близько 27% загального обсягу виробництва (рис. 2). З усіх ВДЕ найбільший внесок (63,5%) робить біомаса – 17% загального виробництва первинної енергії, що еквівалентно більше 130 млн. т н.е./рік. У окремих країнах цей показник значно вище, наприклад, у Швеції частка біомаси у ЗВПЕ складає 31%, в Австрії – 45%, у Фінляндії – 50%, у Литві – 86%, у Латвії – 92% [6].

У структурі біопалив, що виробляються в ЄС, найбільша частка традиційно припадає на тверді біопалива – більше 70% (91,4 млн. т н.е./рік). На другій позиції знаходиться біогаз – 12% (15,6 млн. т н.е./рік).

Для повного задоволення своїх потреб в енергії Євросоюз імпортує енергоносіїв практично у два рази

більше, ніж виробляє – 1478 млн. т н.е./рік за даними 2015 р. (при цьому експорт – 576 млн. т н.е./рік, з яких 69% – нафтопродукти). Основними складовими імпорту енергоносіїв є нафтопродукти (63%), природний газ (23%) і вугілля (10%). Найкрупнішими імпортерами газу є Німеччина, Італія, Великобританія, Франція. Більш за всіх твердих і рідких біопалив імпортують Великобританія, Італія, Данія, а крупними експортерами є Нідерланди, Німеччина, Іспанія, Латвія.

У зв'язку з наявністю великого імпорту викопних палив, внесок ВДЕ у валове кінцеве енергоспоживання ЄС є значно меншим, ніж у виробництво первинної енергії – 17%, у тому числі внесок біомаси у ВКЕ – 10% (табл. 2). У ряді країн показники розвитку біоенергетики суттєво перевищують середньоєвропейські. Так, в Фінляндії частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 34%, в Швеції – 33%, в Латвії – 32%, в Естонії – 26,5%, в Данії і Литві – 23%.

За даними 2015 року, десять країн ЄС (у тому числі Швеція, Фінляндія, Естонія, Хорватія, Болгарія) вже виконали і перевиконали свої цілі 2020 року по частці відновлюваних джерел енергії у ВКЕ.

Внесок біоенергетики в окремі сектори виробництва і споживання енергії

Із загального обсягу біомаси/біопалив, що споживаються в ЄС (136,2 млн. т н.е./рік), найбільша частка (82,9 млн. т н.е./рік або 61%) використовується для виробництва теплової енергії. Решта ділиться приблизно порівно між виробництвом електроенергії і біопалив для транспорту. Найкрупнішими споживачами теплової



Рис. 2. Структура виробництва первинної енергії в ЄС-28, 2015 р. (загалом 766,6 млн. т н.е.) [6].

Табл. 2. Структура валового кінцевого споживання енергії в ЄС-28 (2015 р.) [6].

Вид палива/енергоносія	млн. т н.е.	частка ВКЕ
Нафтопродукти	429,6	39,6%
Природний газ	236,2	21,8%
Вугілля	46,3	4,3%
Електроенергія, у т.ч. з ВДЕ	235,7 85,6	21,7% 7,9%
Теплова енергія, у т.ч. з ВДЕ	45,9 13,5	4,2% 1,2%
ВДЕ	86,8	8,0%
Відходи (невідновлювана частина)	3,5	0,3%
Всього	1083,9	100%

енергії є населення (42,3 млн. т н.е./рік) і промисловість (21,4 млн. т н.е./рік). За даними 2015 р., цілі ЄС-28 на 2020 рік по частці біомаси у виробництві теплової енергії виконані вже на 92%, по електроенергії – на 77%, по моторним біопаливам – лише на 49%.

Більша частина теплової енергії в ЄС виробляється в режимі ТЕЦ. Так, із загального обсягу біомаси, що споживається для виробництва теплової енергії, 72% припадає на ТЕЦ. З іншого боку, 58% загального обсягу виробництва електроенергії з біомаси в ЄС також отримується на ТЕЦ, а в деяких країнах (Данія, Литва, Латвія, Швеція) цей показник сягає 100%. Ці дані є явним підтвердженням пріоритетного розвитку комбінованого виробництва теплової і електричної енергії над розділним виробництвом.

Представляє інтерес вид і структура біопалив, що споживаються у Євросоюзі. Основним видом твердої біомаси є деревна біомаса, що використовується у вигляді пелет, брикетів, тріски і дров. Так, наприклад, близько третини загального споживання твердої біомаси припадає на деревну тріску у промисловості.

Лісове господарство є основним джерелом деревної біомаси в ЄС. Із загальної площі лісів (161 млн. га) близько 83% (134 млн. га) використовуються для заготівлі деревного палива. У деяких країнах (Німеччина, Великобританія, Словенія, Латвія) цей показник складає більше 90%. Середній по Євросоюзу рівень використання (рубки) щорічного приросту деревини становить 63%, по окремих країнах: Австрія – 94%, Швеція, Литва – 80%, Словаччина – 79%, Чехія – 78%. Для порівняння: в Україні щорічний приріст деревини використовується лише на 50,5% (2016 р.).

Євросоюз виробляє майже половину світового обсягу деревних пелет (14 млн. т/рік за даними 2016 р.) і ще близько 8 млн. т імпортує з Північної Америки та країн Європи поза ЄС. Із загального обсягу споживання пелет в ЄС (більше 24 млн. т/рік), 90% – це пелети з деревини, 10% – пелети з біомаси аграрного по-

ходження (соломи, лушпиння соняшника та ін.). Найбільша частина пелет з деревини (13,4 млн. т/рік) використовується для виробництва теплової енергії, у тому числі 9,2 млн. т/рік – у побутовому секторі.

Основними видами сировини для отримання біогазу є побічні продукти і відходи сільського господарства і харчової промисловості. Тенденцією останніх років є помітний ріст кількості біогазових установок і, особливо, установок з виробництва біометану – біогазу, очищеного до якості природного газу. Так, наприклад, тільки у 2015 році було побудовано 456 установок з виробництва біометану. За оцінкою європейських експертів, використання біогазу і біометану може зробити суттєвий внесок до декарбонізації таких важливих секторів як виробництво електроенергії (27% загального обсягу викидів парникових газів в ЄС) і транспорт (20% загальної емісії ПГ). Крім того, біогазові та біометанові установки з генерацією електроенергії можуть використовуватися як маневрові потужності для регулювання загальної енергосистеми, оскільки генерація електроенергії СЕС і ВЕС залежить від погодних умов.

Біодизель в ЄС виробляється, головним чином, з ріпаку, а біоетанол – з зерна кукурудзи, пшениці і з цукрового буряку. Біодизель складає 75% загального обсягу споживання рідких біопалив в ЄС, біоетанол – 18%. На частку біоетанолу другого покоління (тобто виробленого з лігноцелюлозної сировини) припадає поки лише 2%, але розвитку цього напрямку приділяється велика увага.

Біоенергетика відіграє також важливу роль у створенні робочих місць. На сьогодні в цьому секторі в Євросоюзі працюють більше 490 тис. чоловік, діяльність більше половини з яких пов'язана з твердими біопаливами і біогазом.

Висновки та рекомендації для України

Біоенергетика є важливою частиною енергетичного сектору Європейського Союзу і найбільш вагомим складовою сегментом відновлюваної енергетики. ЄС достатньо успішно наближається до досягнення цілей з ВДЕ 2020 року, поставлених Директивою 2009/28/ЄС,

при цьому принаймні десять країн вже перевиконали своє зобов'язання по частці ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії.

Традиційно, біомаса робить найбільший внесок до виробництва теплової енергії, її провідна роль серед інших ВДЕ в цьому секторі зберігатиметься і в майбутньому. Ситуація в Україні співпадає з цією тенденцією. Відмінність полягає в тому, що в ЄС більша частина теплоти отримується в режимі комбінованого виробництва з електроенергією, а в Україні приклади ТЕЦ на біомасі залишаються поки поодинокими. Також Україна суттєво відстає у виробництві електроенергії з біомаси у порівнянні з іншими ВДЕ. Так, в ЄС-28 біомаса займає третє місце по виробництву «зеленої» електроенергії (близько 18% загального обсягу електроенергії з ВДЕ) після ГЕС (40%) і ВЕС (30%) (дані 2015 р.). В Україні ж біопалива знаходяться на останньому місці серед усіх ВДЕ в цьому секторі – 1,7% загального обсягу виробництва «зеленої» електроенергії у 2015 р. і 1,2% у 2016 р. (за даними Енергетичного балансу України [7]). Таким чином, для України можна рекомендувати пріоритетний розвиток комбінованого виробництва теплової і електричної енергії з біомаси і підвищення ролі біомаси у виробництві електроенергії у порівнянні з іншими ВДЕ (у першу чергу, з сонцем і вітром).

Стійкою тенденцією розвитку сектору біоенергетики ЄС є серйозне відношення до проблем сталості і поступове розширення та посилення критеріїв сталості, обов'язкових для виконання. Україна також має враховувати ці питання, в зв'язку з чим рекомендується прийняти проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту» (№ 7348 від 29.11.2017) [8], а також розпочати підготовчу роботу до уведення критеріїв сталості для біоенергетичних установок, що працюють на твердій біомасі. Крім того, за прикладом Євросоюзу, рекомендується приділяти більшу увагу розвитку виробництва та споживання рідких біопалив другого покоління.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources* <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20151005&from=EN>
2. *Renewable Energy Prospects for the European Union*. IRENA, 2018 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf
3. *Clean Energy for all Europeans*. Communication from the Commission COM(2016) 860 final https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fa6ea15b-b7b0-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
4. *Directive 2010/31/EU on energy performance of buildings* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>
5. *Commission welcomes final vote on energy performance of buildings*. European Commission – Press release, 17.04.2018 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3374_en.htm
6. *European Bioenergy Outlook*, AEBIOM Statistical Report, 2017 <http://www.aebiom.org/statistical-report-2017/statistical-report-2017-17-10-17/>
7. *Енергетичний баланс України за 2016 рік*. Експрес-випуск Державної служби статистики України № 506/0/08.4вн-17 від 20.12.2017.
8. *Проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту»* (№ 7348 від 29.11.2017) http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62987

ANALYSIS OF THE MAIN TRENDS OF BIOENERGY DEVELOPMENT IN THE EUROPEAN UNION

Zheliezna T.A., Bashtovyi A.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.09>

Purpose of the paper is to analyze main trends of bioenergy development in the EU, identify successful examples and existing problems and also to suggest some recommendations on implementing the best European practices in Ukraine's bioenergy sector. State of the art and prospects for the development of bioenergy in the EU-28 until 2030 are presented. It is shown that bioenergy is an important part of European Union's energy sector and the biggest contributor to renewable energy production. The EU is getting on quite well with achieving its RES 2020 targets set by the Directive 2009/28/EC. By now at least ten counties have already attained their obligatory share of renewable energy in the gross final energy consumption. According to expert estimation, under further pursuing of the favourable policy, the present share of RES in EU's energy consumption may double and reach about 34% in 2030. Main features of bioenergy part in different EU's energy production and consumption sectors are analyzed. Traditionally, in the EU, biomass contributes mostly to heat production and its leading part among other RES in the sector is expected to remain beyond 2020. The situation in Ukraine is in line with this trend. The difference is that in the EU most part of heat is produced combined with power, and in Ukraine there are few biomass CHP plants. Besides, power production from biomass is behind other RES in Ukraine in contrast with the EU. Based on the main trends existing in the EU, one can recommend the priority development of biomass CHP to Ukraine and also some higher contribution of biomass to power production compared with other RES. In addition it is suggested that Ukraine should pay more attention to the production and consumption of second generation biofuels and implementation of sustainability criteria in the bioenergy sector.

References 8, tables 2, figures 2.

Key words: renewable energy sources, bioenergy, biomass, biofuel, solid biofuel, biogas.

1. *Directive 2009/28/EC* on the promotion of the use of energy from renewable sources <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20151005&from=EN>

2. *Renewable Energy Prospects* for the European Union. IRENA, 2018 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap_EU_2018.pdf

3. *Clean Energy for all Europeans*. Communication from the Commission COM(2016) 860 final https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fa6ea15b-b7b0-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

4. *Directive 2010/31/EU on energy performance of buildings* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>

5. *Commission welcomes final vote on energy performance of buildings*. European Commission – Press release, 17.04.2018 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3374_en.htm

6. *European Bioenergy Outlook*, AEBIOM Statistical Report, 2017 <http://www.aebiom.org/statistical-report-2017/statistical-report-2017-17-10-17/>

7. *Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2016 rik*. Ekspres-vypusk Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy № 506/0/08.4vn-17 vid 20.12.2017 [Energy balance of Ukraine for 2016. Express-issue by State Statistics Service of Ukraine № 506/0/08.4vn-17 of 20.12.2017] (Ukr.)

8. *Proekt Zakonu «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo rozvytku sfery vyrobnytstva riddkoho palyva z biomasy ta vprovadzhennia kryteriiv stalosti riddkoho palyva z biomasy ta biohazu, pryznachenoho dlia vykorystannia v haluzi transportu»* (№ 7348 vid 29.11.2017) [Draft Law «On Amendments to certain legislative acts of Ukraine on the development of the liquid fuels from biomass production and the implementation of sustainability criteria for liquid fuels from biomass and biogas intended for use in the transport sector»] (Ukr.) http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62987

Отримано 23.05.2018

Received 23.05.2018