

**УДК 621.311**

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ КРАЇН ЦЕНТРАЛЬНОЇ ТА ПІВДЕННО- СХІДНОЇ ЄВРОПИ (CESEC)**

**С.О. Кудря<sup>1</sup>, І.В. Іванченко<sup>2</sup>, К.В. Петренко<sup>3</sup>,  
О.О. Кармазін<sup>4</sup>, В.А. Точений<sup>5</sup>.**

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ*

*У доповіді представлено уточнені оцінки прогнозу та сценарії розвитку відновлюваної енергетики країн Центральної та Південно-Східної Європи (CESEC) до 2030 року. За прогнозом IRENA, Україна може досягти загальної частки обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії до 2030 року від 14 %, за базовим сценарієм, до 24 %, за оптимістичним сценарієм REmap.*

**Ключові слова:** Енергетичне Співтовариство CESEC, декарбонізація, сценарії розвитку відновлюваної енергетики, вітроенергетика.

## **RENEWABLE POWER PROSPECTS FOR CENTRAL AND SOUTH-EASTERN EUROPE (CESEC)**

**Kudria<sup>1</sup> S., Ivanchenko<sup>2</sup> I., Petrenko<sup>3</sup> K., Karmazin<sup>4</sup> O.,  
Tochenyi<sup>5</sup> V.**

*Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv*

*The article presents revised forecasts and scenarios for the development of renewable energy in Central and South-Eastern Europe (CESEC) until 2030. According to the IRENA's forecast, Ukraine may achieve the total share of electricity generation from renewable energy sources by 2030 from 14% (according to the Reference Case) to 24% (according to the Optimistic REmap).*

**Keywords:** *Energy Community, decarbonisation, renewable energy development scenarios, wind power.*

**ORCID:** <sup>1</sup>0000-0002-4798-6853, <sup>2</sup>0000-0002-5083-4180,  
<sup>3</sup>0000-0002-2322-9030, <sup>4</sup>0000-0002-7628-6880,  
<sup>5</sup>0000-0003-2811-7836.

Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA) на прохання Європейської Комісії розробило аналіз Дорожньої карти відновлюваної енергетики для країн Центральної та Південно-Східної Європи (CESEC) [1]. Це дослідження оцінює потенціал розгортання відновлюваної енергетики в регіоні CESEC до 2030 року та аналізує, як прискорене використання відновлюваних джерел енергії вплине на витрати на виробництво електроенергії, інвестиції та споживання викопного палива, викиди парникових газів, навколишнє середовище та здоров'я людей. Результати дослідження сприятимуть оптимізації процесів енергетичного та кліматичного планування в державах – членах Європейського Союзу (ЄС) та Енергетичного Співтовариства.

Ініціатива CESEC охоплює дев'ять країн – членів ЄС (Австрія, Болгарія, Хорватія, Греція, Угорщина, Італія, Румунія, Словаччина та Словенія) та вісім Договірних Сторін Енергетичного Співтовариства (Албанія, Боснія і Герцеговина, Косово, Чорногорія, Північна Македонія, Республіка Молдова, Сербія та Україна). На країни – члени ЄС припадає приблизно три чверті споживання енергії CESEC. Серед інших восьми країн на Україну припадає понад дві третини споживання енергії.

Регіон залишається сильно залежним від імпорту викопного палива (головним чином нафти та газу). Члени CESEC визнають необхідність ретельної модернізації в енергетичному секторі з численними активами зношених генерувальних потужностей на викопному паливі. У містах Південно-Східної Європи найвищий рівень забруднення

повітря в Європі через спалювання викопного палива, що є значною загрозою для здоров'я громадян.

Електроенергетична галузь України також потребує переходу до нових технологій, враховуючи ряд обставин: залежність від імпорту палива, зношений стан генерувальних потужностей, нерівномірність розподілу генерації та споживання енергії між регіонами, недостатню гнучкість енергосистеми, складні екологічні умови, що обмежують можливості розвитку енергетики [2].

Всі теплові електростанції (ТЕС) України перевищили свій 40-річний проєктний термін експлуатації, дев'ять ТЕС перевищили термін 50 років експлуатації – всі вони є фізично зношеними й морально застарілими, потребують реконструкції або заміни. Те саме стосується й атомних електростанцій (АЕС). Майже всі енергоблоки АЕС вичерпали проєктний термін експлуатації. Зокрема, з 15 енергоблоків АЕС на кінець 2020 року лише три перебувають у проєктному терміні: енергоблок № 4 Рівненської, № 6 Запорізької та № 2 Хмельницької АЕС [3]. Решті продовжено терміни експлуатації. Зношеність обладнання призводить до збільшення витрат палива, зменшення робочої потужності, зростання кількості аварій та погіршення екологічних показників.

Оптимальним шляхом виходу з цієї ситуації є прискорення розвитку відновлюваної енергетики.

Сучасний темп розвитку технологій у сфері відновлюваної енергетики та їх імплементація не лише підвищує енергоефективність виробництва і розширення енергетичної ресурсної бази, а й дозволяє отримати поряд з економічними перевагами суттєві екологічні вигоди, що полягають у декарбонізації національних економік, скороченні обсягів застосування викопних енергетичних ресурсів тощо. Швидкий перехід від споживання викопного палива, що є найсуттєвішим фактором змін клімату, до більш чистих, відновлюваних видів енергії сприяє досягненню узгоджених кліматичних цілей. Питання декарбонізації енергетичного сектора і скорочення викидів

вуглецевих речовин з метою запобігання подальшим змінам клімату є ключовим елементом у стратегіях розвитку енергетичних секторів країн світу.

В дослідженні IRENA розглядаються два сценарії розвитку відновлюваної енергетики (базовий та оптимістичний REmap). Спочатку аналізується очікуване розміщення відновлюваних джерел енергії в регіоні CESEC до 2030 року за базовим сценарієм, який передбачає реалізацію існуючих планів або продовження поточних тенденцій.

Потім розглядається оптимістичний сценарій розвитку відновлюваної енергетики REmap, що передбачає пришвидшене використання відновлюваних джерел енергії до 2030 року.

Ці варіанти, що базуються на відновлюваних джерелах енергії, можна порівняти із традиційними технологіями, зіставляючи приведену собівартість енергії (LCOE) для визначення витрат на заміщення.

Аналіз IRENA спрямований на визначення реалістичного та економічно вигідного сценарію для швидкого збільшення об'єктів, що працюють на відновлюваних джерелах енергії. Сценарій REmap IRENA узгоджує енергетичні, інвестиційні та політичні програми з ключовими цілями щодо клімату та стійкого розвитку, включаючи Паризьку угоду, Порядок денний ООН на 2030 рік та Цілі сталого розвитку. Проблеми, пов'язані з реалізацією кожного визначеного сценарію, різняться залежно від країни.

Пришвидшене використання відновлюваних джерел енергії до 2030 року за сценарієм REmap IRENA базується на ретельному дослідженні й оцінках потенціалу на рівні країн. Технічну доцільність впровадження опцій REmap в електроенергетичному секторі на регіональному та національному рівнях допомагає оцінити щогодинне моделювання диспетчеризації для всієї взаємопов'язаної європейської енергосистеми у 2030 році.

Внутрішні ринки відновлюваної енергії країн Центральної та Південно-Східної Європи відрізняються за рівнем розвитку та потенціалом відновлюваних джерел енергії. У 2015 році (рік, що обраний вихідним для аналізу IRENA, – останній рік, коли для всіх членів CESEC був доступний вичерпний набір вихідних даних) частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі варіювалася від 4 % в Україні до 40 % в Чорногорії.

Широкий спектр факторів впливає на реальний, економічно ефективний потенціал зростання частки відновлюваних джерел енергії в кожній країні регіону: технічний потенціал ВДЕ та очікувані витрати на реалізацію такого потенціалу; економічні та енергетичні умови країни; структура енергетичної системи та зношеність існуючих виробничих активів; база для нових розробок (особливо для великих проєктів, які можуть мати велике значення для невеликих країн).

Хоча умови для впровадження відновлюваних джерел енергії суттєво різняться в регіоні, IRENA прогнозує, що всі країни Центральної та Південно-Східної Європи можуть потенційно збільшити свої частки відновлюваної енергії порівняно з поточними прогнозами до 2030 року.

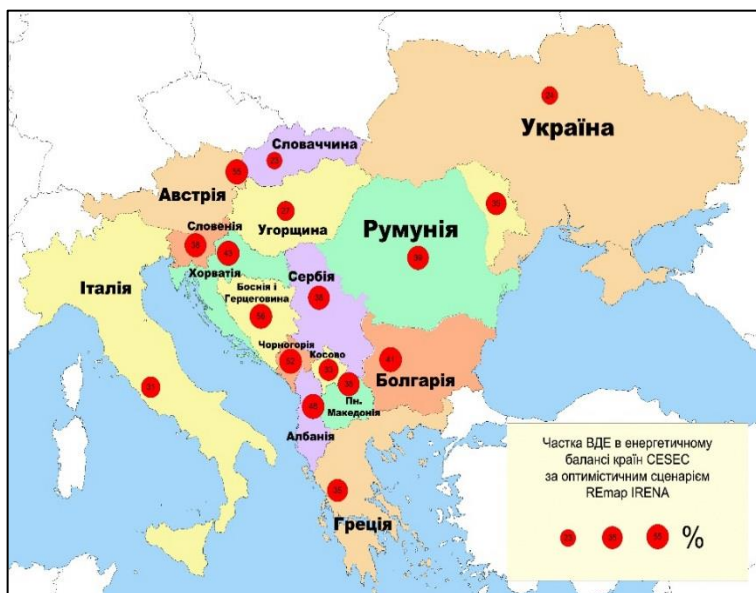
Очікується, що попит на енергію в регіоні CESEC до 2030 року в країнах – членах ЄС CESEC збільшиться приблизно на 5 % базового рівня 2015 року. Прогнози за базовим сценарієм до 2030 року ґрунтуються на інформації, доступній IRENA станом на вересень 2019 року. Для Договірних Сторін Енергетичного Співтовариства, згідно з існуючими прогнозами, це збільшення буде значно більшим – приблизно на 26 % вище споживання 2015 року.

За базовим сценарієм, частка відновлюваної енергії в країнах – членах ЄС CESEC, як очікується, буде демонструвати повільне зростання протягом десятиліття, збільшуючись із 16 % у 2015 році до приблизно 24 % у 2030-му. У восьми країнах – Договірних Сторонах Енергетичного Співтовариства CESEC частка відновлюваних джерел

енергії в енергетичному комплексі, як очікується, зросте з 10 % у 2015 році до приблизно 19 % у 2030-му

За даними оптимістичного сценарію REmap IRENA авторами побудовано карту прогнозованої частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC (рис. 1).

За цим сценарієм можливе економічно ефективно збільшення частки відновлюваних джерел енергії до 2030 року для країн – членів ЄС CESEC до 34 %, а для восьми Договірних Сторін CESEC – до 30 %.



**Рис. 1. Прогнозована частка обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC до 2030 року за оптимістичним сценарієм REmap**

За сценарієм REmap можливо досягти загальної частки обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії до 2030 року від 23 % у Словаччині до 56 % у Боснії і Герцоговині, в Україні – 24 % (табл. 1).

**Табл. 1. Частка обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC за різними сценаріями**

Країна	Частка обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі, %			
	2015	Базовий сценарій 2030	Оптимістичний сценарій REmap 2030	Додатковий потенціал порівняно з базовим сценарієм
Албанія	37	34	48	14
Австрія	31	37	55	18
Боснія і Герцеговина	39	47	56	9
Болгарія	19	27	41	14
Хорватія	29	23	43	20
Кіпр	8	18	26	8
Греція	16	27	35	8
Угорщина	10	15	27	12
Італія	16	25	31	6
Косово	19	16	33	17
Молдова	27	22	35	13
Чорногорія	40	44	52	8
Пн. Македонія	20	20	38	18
Румунія	25	29	39	10
Сербія	21	27	38	11
Словаччина	12	17	23	6

Країна	Частка обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі, %			
	2015	Базовий сценарій 2030	Оптимістичний сценарій REmap 2030	Додатковий потенціал порівняно з базовим сценарієм
Словенія	21	26	38	12
Україна	4	14	24	10

Додатковий виявлений потенціал за сценарієм REmap IRENA, порівняно з базовим сценарієм, коливається від 6 % у Словаччині до 20 % у Хорватії, в Україні – 10 %.

Більша частина нових генерувальних потужностей для обох сценаріїв припадає на сонячну та вітроенергетику (більше 60 % для обох сценаріїв). Вітроелектростанції, незважаючи на істотно нижчу встановлену потужність, за рахунок більш високого коефіцієнта використання встановленої потужності (КВВП) забезпечують приблизно таку саму річну генерацію електроенергії, як і сонячні електростанції.

За даними сценаріями IRENA, розвиток вітроенергетики відбуватиметься за рахунок наземних та офшорних вітроелектростанцій. У відділі вітроенергетики IBE НАН України також розраховано уточнені значення потенціалу оншорних та офшорних ВЕС в Україні [4, 5, 6, 7].

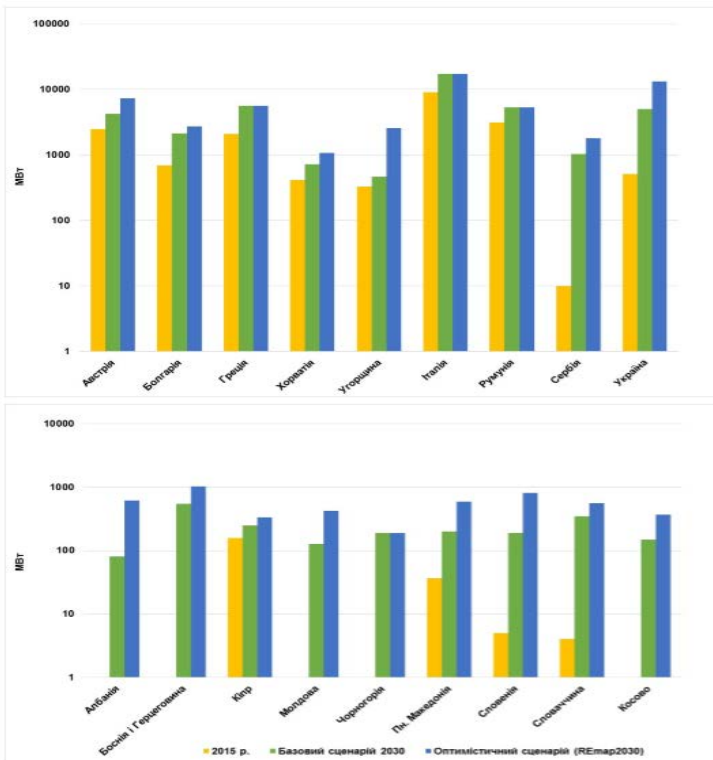
Профілі погодинної генерації ВЕС для кожної країни (крім Мальти, Республіки Молдова та України) було отримано з набору даних EMHIREС, розробленого Спільним дослідницьким центром Європейської комісії на основі даних Національного управління з питань аеронавтики та космосу (NASA) за кожну годину протягом 30 років [8]. Профілі набору даних EMHIREС базуються на статистичних даних існуючих ВЕС, а тому не враховують майбутній розвиток технологій. Тому було виконано перерахунок даних до КВВП вітроелектричних установок, передбачених на 2030 рік.

Для Республіки Молдова та України профілі погодинної генерації електроенергії ВЕС було отримано на підставі даних Staffell та Pfenninger [9] з подальшим перерахунком до КВВП, передбачених на 2030 рік, на основі потенціалу з бази даних ENSPRESO [10].

В табл. 2 та на рис. 2 представлено сценарії розвитку вітроенергетики країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC за даними IRENA [1].

**Табл. 2. Встановлена потужність ВЕС країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC за різними сценаріями IRENA**

Країна	Встановлена потужність ВЕС, МВт		
	2015	Базовий сценарій 2030	Оптимістичний сценарій REmap 2030
Австрія	2489	4235	7313
Болгарія	699	2134	2725
Греція	2091	5636	5636
Хорватія	418	727	1066
Угорщина	329	468	2566
Італія	9137	17500	17500
Румунія	3130	5293	5358
Сербія	10	1026	1796
<b>Україна</b>	<b>514</b>	<b>5000</b>	<b>13400</b>
Албанія	–	80	616
Боснія і Герцеговина	–	548	1033
Кіпр	158	250	336
Молдова	1	127	422
Чорногорія	–	190	190
Пн. Македонія	37	200	589
Словенія	5	187	807
Словаччина	4	350	560
Косово	1	150	369
<b>Всього</b>	<b>19023</b>	<b>44101</b>	<b>62282</b>



**Рис. 2. Встановлена потужність ВЕС країн – членів Енергетичного Співтовариства CESEC за різними сценаріями IRENA**

Таким чином, за прогнозом IRENA, Україна може досягти загальної частки обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії до 2030 року від 14 % за базовим сценарієм до 24 % за оптимістичним сценарієм REMap. А встановлена потужність ВЕС до 2030 року може скласти від 5 ГВт за базовим сценарієм до 13,4 ГВт за оптимістичним сценарієм REMap.

## Література:

1. IRENA (2020). Renewable energy prospects for Central and South-Eastern Europe Energy Connectivity (CESEC). International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi. 96 p.
2. Тучинський Б.Г., Кудря С.О., Іванченко І.В., Іванчук В.Ю. Невідворотність переходу України до відновлюваної енергетики. Відновлювана енергетика. 2020. № 4. С. 6–21.
3. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. Укренерго. 2017. 117 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/10/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyh-potuzhnostej.pdf>.
4. Кудря С.О., Тучинський Б.Г., Іванченко І.В. Аналітичний огляд оновлених оцінок щодо перспектив розвитку вітроенергетики. Відновлювана енергетика. 2019. № 3. С. 42–47. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.3\(58\).42-47](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.3(58).42-47)
5. Кудря С.О., Мхітарян Н.М., Тучинський Б.Г., Рєпкін О.О., Іванченко І.В., Петренко К.В. Причини і результати перегляду оцінки потенціалу вітрових електростанцій України. Відновлювана енергетика. 2020. № 1. С. 6–16. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\).6-16](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60).6-16)
6. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / С.О. Кудря, В.Ф. Рєзцов, Т.В. Суржик, Б.Г. Тучинський, І.В. Іванченко та ін. / За ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 2020. 82 с.
7. S. Kudria, I. Ivanchenko, V. Tuchynskiy, K. Petrenko, O. Karmazin, O. Riepin. Resource potential for wind-hydrogen power in Ukraine. International Journal of Hydrogen Energy. Volume 46. Issue 1. 1 January 2021. Pages 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.09.211>
8. Gonzalez Aparicio, I. et al. (2016). EMHIRE dataset Part I: Wind power generation. European Meteorological derived High-resolution RES generation time series for present and future scenarios. Joint Research Centre of the European

Commission. [Електронний ресурс]. URL:  
<https://doi.org/10.2790/831549> .

9. Staffell, I. and S. Pfenninger (2016). Using bias-corrected reanalysis to simulate current and future wind power output. *Energy*. Vo. 114. pp. 1224–1239. [Електронний ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.068>.

10. Joint Research Centre (2019). ENSPRESO – an open data, EU-28 wide, transparent and coherent database of wind, solar and biomass energy potentials. [Електронний ресурс]. URL: <https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/id-00138>.