НЕВІДВОРОТНІСТЬ ПЕРЕХОДУ УКРАЇНИ ДО ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Б.Г. Тучинський¹, канд. екон. наук, ст. наук. співроб., **С.О. Кудря^{1,2}**, чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, проф.,
І.В. Іванченко¹, **В.Ю. Іванчук^{1,2}**, студент

¹Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094, вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ, Україна.

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
03056, пр-т. Перемоги, 37, м. Київ, Україна.

В статті розглянуто суттєві проблеми сучасної української електроенергетики. Зношеність енергетичного обладнання ТЕС і АЕС перевищує допустимі проектні ліміти, що зменшує стійкість постачання електроенергії споживачам, збільшує обсяги локальних і глобальних шкідливих викидів, збільшує питомі витрати палива на ТЕС і АЕС, а з цим – збільшує собівартість і ціну продажу електроенергії. Ще одним з викликів для електроенергетики України є залежність від імпорту палива. Пріоритетний розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії, обраний європейськими країнами, дозволив подолати проблеми фізичного і морального зносу обладнання, доступу до енергоносіїв, екологічної чистоти роботи електростанцій, ефективності виробництва електроенергії для інвесторів і для держави. Для України є дуже важливим цей позитивний європейський досвід подолання кризи в електроенергетиці.

За даними International Energy Agency в період 2014-2035 рр. інвестиції у відновлювані технології виробництва електроенергії в країнах ЄС перевищать інвестиції в галузі традиційної енергетики (ТЕС і АЕС) разом взяті, більше ніж у три рази.

Результати функціонування європейської електроенергетики за новим "низьковуглецевим" курсом засвідчують, що стратегічні рішення в європейській електроенергетиці були вдалими – країни Європи подолали всі перешкоди розвитку.

Зважаючи на подібність багатьох нагальних проблем української і європейської електроенергетики, а також на значний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії України, зокрема енергії сонця та вітру – 2273 млрд кВт·год у рік, стратегічні рішення для української електроенергетики мають враховувати відповідний європейський досвід пріоритетного розвитку виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії. Крім того, проведений аналіз дає обґрунтований висновок, що відновлювані технології виробництва електроенергії найбільш привабливі для інвесторів.

Бібл. 19, табл. 8, рис. 12.

Ключові слова: електроенергетика, електроенергетичне обладнання, енергоносії, екстернальні витрати, ефективність, відновлювана енергетика.

INEVITABILITY OF UKRAINE'S TRANSITION TO RENEWABLE ENERGY

B. Turchynskyi¹, candidate of economic sciences, senior researcher, **S. Kudrya^{1,2}**, corresponding member of NAS, doctor of technical sciences, professor, **I. Ivanchenko¹**, **V. Ivanchuk^{1,2}**, student

¹Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine,
02094, 20A Hnata Khotkevycha St., Kyiv, Ukraine.

^{1,2}National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
03056, 37 Peremohy Av., Kyiv, Ukraine.

The article considers significant problems of modern Ukrainian electric power industry. Depreciation of TPP and NPP energy equipment exceeds the allowable design limits, which reduces the sustainability of electricity supply to consumers, increases local and global harmful emissions, increases specific fuel consumption at TPPs and NPPs, and thus increases the cost and price of electricity sales. Another challenge for Ukraine's electricity sector is its dependence on fuel imports. The priority development of electricity production from renewable energy sources, chosen by European countries, has overcome the problems of physical and moral wear of equipment, access to energy, environmental cleanliness of power plants, efficiency of electricity production for investors and the state. This positive European experience of overcoming the electricity crisis is very important for Ukraine.

According to the International Energy Agency, in the period 2014-2035, investments in renewable electricity generation technologies in the EU will exceed investments in the field of traditional energy (TPP and NPP) combined, more than three times.

The results of the operation of the European electricity sector at the new "low-carbon" rate show that the strategic decisions in the European electricity sector were successful - European countries overcame all obstacles to development.

Given the similarity of many pressing problems of Ukrainian and European electricity, as well as the significant energy potential of renewable energy sources in Ukraine, including solar and wind energy - 2273 billion kWh per year, strategic decisions for Ukrainian electricity should take into account relevant European experience of priority electricity production from renewable energy sources. In addition, the analysis gives a reasonable conclusion that renewable electricity generation technologies are the most attractive for investors.

Ref. 19, tables 8, fig. 12.

Keywords: electric power, electric power equipment, energy fuels, external costs, efficiency, renewable energy.

Б.Г. Тучинський
B. Tychynskiy

Відомості про автора: старший науковий співробітник відділу вітроенергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України, старший науковий співробітник, кандидат економічних наук.

Освіта: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, механіко-математичний факультет.

Наукова сфера: прикладна математика, обчислювальні методи в математиці, математична статистика, математичні моделі і методи в економіці, інвестиційний аналіз, вітроенергетика.

Публікації: 117.

ORCID: 0000-0002-5180-6886

Контакти: тел./факс: +38(044)206-28-09

e-mail: bortu77@yahoo.com

Author information: senior researcher at wind energy department at Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine, senior researcher, candidate of economic sciences.

Education: Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Mechanics and Mathematics.

Research area: applied mathematics, computational methods in mathematics, mathematical statistics, mathematical models and methods in economics, investment analysis, wind power.

Publications: 117.

ORCID: 0000-0002-5180-6886

Contacts: tel./fax: +38(044)206-28-09

e-mail: bortu77@yahoo.com

С.О. Кудря
S. Kudria

Відомості про автора: директор Інституту відновлюваної енергетики НАН України, член-кореспондент НАН України, професор, доктор технічних наук.

Освіта: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», хіміко-технологічний факультет.

Наукова сфера: відновлювані джерела енергії, акумулювання енергії, енергоефективні технології, воднева енергетика.

Публікації: 370.

ORCID: 0000-0002-4798-6853

Контакти: тел./факс: +38(044)206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: director of the Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine, Corresponding Member of NAS of Ukraine, professor, doctor of technical sciences.

Education: National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Faculty of Chemical Technology.

Research area: renewable energy sources, energy storage, energy efficient technologies, hydrogen energy.

Publications: 370.

ORCID: 0000-0002-4798-6853

Contacts: tel./fax: +38(044)206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

І.В. Іванченко
I. Ivanchenko

Відомості про автора: головний технолог відділу вітроенергетики Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Київський національний університет технологій та дизайну, інженерно-економічний факультет.

Область наукових інтересів:

вітроенергетика, оцінка вітроенергетичного потенціалу, економічна ефективність інвестицій в будівництво вітрових електростанцій.

Публікації: 30.

ORCID: 0000-0002-5083-4180

Контакти: тел./факс: +38(044)206-28-09

e-mail: mntcwind@gmail.com

Author information: chief technologist at wind energy department at Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine.

Education: Kiev National University of Technology and Design, Faculty of Engineering and Economics.

Main research interests: wind energy, assessment of wind energy potential, economic efficiency of investments in the construction of wind power plants.

Publications: 30.

ORCID: 0000-0002-5083-4180

Contacts: tel./fax: +38(044)206-28-09

e-mail: mntcwind@gmail.com

В.ІУ. Іванчук
V. Ivanchuk

Відомості про автора: провідний інженер відділу №1 Комплексних енергосистем Інституту відновлюваної енергетики НАН України, студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Освіта: студент 6-го курсу кафедри відновлюваних джерел енергії факультету електроенергетичних та автоматик Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукова сфера: відновлювана енергетика.

Публікації: 14.

ORCID: 0000-0002-0585-9610

Контакти: +38(096)533-03-86

e-mail: vladdos.iv98@gmail.com

Author information: Leading engineer of Department №1 of Complex Power Systems of the Institute of Renewable Energy of the NAS of Ukraine, student of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

Education: student of 6th course of the Department Renewable Energy Sources of Faculty of Electric Power Engineering and Automatics of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

Research area: renewable energy.

Publications: 14.

ORCID: 0000-0002-0585-9610

Contacts: +38(096)533-03-86

e-mail: vladdos.iv98@gmail.com

Перелік використаних позначень та скорочень:

АЕС – атомна електрична станція;
 ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
 ВЕС – вітрова електрична станція;
 ГЕС – гідроелектрична станція;
 ЕС – електрична станція;
 ЄС – Європейський Союз;
 КВВП – коефіцієнт використання встановленої потужності;
 НЕК – Національна енергетична компанія;
 ПСЕ – продовження строку експлуатації;

СЕС – сонячна електрична станція;
 ТЕС – теплова електрична станція;
 LCOE – levelized cost of energy;
 NPP – nuclear power plant;
 TPP – thermal power plant;
 WNA – World Nuclear Association;
 МВт – мегават;
 кВт – кіловат;
 кВт·год – кіловат-година.

Вступ. Після розпаду СРСР Україна отримала від нього потужний комплекс по виробництву військово-промислової продукції, енергоємність якої була однією з найвищих в світі.

Оскільки мілітаризація була основним завданням радянської держави, для її розвитку в Україні було створено потужний і розгалужений електроенергетичний комплекс (рис. 1 [1]).

Рис. 1. Карта електроенергетики України (2016 р.).

Fig. 1. Map of Ukraine's electric power industry (2016).

На рис. 2-3 представлено карти виробництва і споживання електроенергії по областях України.

Рис. 2. Карта виробництва електроенергії по областях України (2014 р.) в млн кВт·год [2].

Fig. 2. Map of Ukraine's electricity production by regions (2014) in million kWh [2].

Рис. 3. Карта споживання електроенергії по областях України (2014 р.) в млрд кВт·год [2].

Fig. 3. Map of Ukraine's electricity consumption by regions (2014) in billion kWh [2].

З рис. 2-3 видно, що в Дніпропетровській, Одеській, Херсонській, Луганській та деяких інших областях власного виробництва електроенергії не вистачає для задоволення потреб споживачів. Тому певні об'єми електроенергії транспортуються в ці регіони іноді

з віддалених від них електростанцій, що збільшує втрати електроенергії в процесі її передачі.

На рис. 4-5 представлено технологічну структуру електроенергетики України (підготовлено авторами за даними НЕК «Укренерго» [3]).

Рис. 4. Технологічна структура встановленої потужності електроенергетики України станом на 31.05.2020.

Fig. 4. Technological structure of the installed capacity of the electric power industry of Ukraine as of 31.05.2020.

Чи здатні українські АЕС і ТЕС сьогодні і в перспективі забезпечити стійке покриття попиту на електроенергію у населення і підприємств України? Відповідь на це питання залежить від:

– стану фізичного і морального зносу обладнання;

Рис. 5. Технологічна структура виробництва електроенергії в Україні станом на 31.12.2019.

Fig. 5. Technological structure of electricity production in Ukraine as of 31.12.2019.

– стійкості доступу до енергоносіїв;
– екологічної чистоти роботи електростанцій;
– ефективності виробництва електроенергії для інвесторів і для української держави.

Щодо всіх цих чинників сучасна українська електроенергетика має суттєві проблеми, розглянуті нижче.

Електроенергетичне обладнання. В табл. 1 подано дані про знос обладнання українських ТЕС (підготовлено авторами за

даними НЕК «Укренерго» [4]). З цієї таблиці наочно видно, що всі ТЕС України перевищили свій 40-річний проектний термін експлуатації. Дев'ять ТЕС перевищили термін 50 років експлуатації – всі вони потребують невідкладного оновлення обладнання.

Таблиця 1. Рівень зносу обладнання ТЕС.

Table 1. The level of wear of TPP equipment.

№	Назва	Потужність, МВт	Термін введення в експлуатацію першого блоку	Рівень зносу обладнання ТЕС, років	Проектний термін експлуатації, років
1	Бурштинська	2351	1965	>50	40 років для котлів і турбін (згідно міждержавного стандарту 533-2000, п. 4.39, табл. 2)
2	Вуглегірська	3600	1972	>40	
3	Доброутвірська	510	1960	60	
4	Запорізька	3650	1972	>40	
5	Зміївська	2265	1961	>50	
6	Зуївська	1245	1980	40	
7	Криворізька	2892	1965	>50	
8	Курахівська	1532	1972	>40	
9	Ладизинська	1800	1970	50	
10	Луганська	1495	1962	>50	
11	Придніпровська	1765	1959	>60	
12	Слов'янська	880	1971	>40	
13	Старобешівська	2000	1961	>50	
14	Трипільська	1825	1969	>50

Рис. 6. Динаміка питомих витрат енергоносіїв на вугільних ТЕС України.

(Підготовлено авторами за даними 1980-2010 рр. – [5]; 2011-2016 рр. – ДТЕК).

Fig. 6. Dynamics of specific consumption of energy carriers at coal-fired TPPs in Ukraine.

(Prepared by the authors according to the data of 1980-2010 - [5]; 2011-2016 - DTEK).

Негативними наслідками наднормативного зносу обладнання ТЕС є:

- збільшення питомих витрат енергоносіїв (рис. 6);
- зменшення продуктивності виробництва електроенергії;

- зростання кількості масштабних аварій з порушенням стабільності роботи енергосистеми і відключеннями споживачів електроенергії;
- зростання ймовірності глобальних катастроф.

Подібна ситуація має місце і з атомними електростанціями (АЕС) – табл. 2.

Таблиця 2. Терміни виводу з експлуатації енергоблоків АЕС [4].

Table 2. Terms of decommissioning of NPP power units [4].

Електрична станція	№ енерго-блока	Електрична потужність, МВт	Тип реакторної установки	Дата введення в експлуатацію	Проектна дата закінчення терміну експлуатації	Стан виконання робіт з ПСЕ енергоблоків
Рівненська АЕС	1	420	В-213	22.12.1980	22.12.2010	Термін експлуатації продовжено до 22.12.2030
	2	415	В-213	22.12.1981	22.12.2011	Термін експлуатації продовжено до 22.12.2031
	3	1000	В-320	21.12.1986	11.12.2017	Виконуються
	4	1000	В-320	10.10.2004	07.06.2035	Плануються
Южно-Українська АЕС	1	1000	В-302	31.12.1982	02.12.2013	Термін експлуатації продовжено до 02.12.2023
	2	1000	В-338	09.01.1985	12.05.2015	Термін експлуатації продовжено до 31.12.2025
	3	1000	В-320	20.09.1989	10.02.2020	Виконуються
Запорізька АЕС	1	1000	В-320	10.12.1984	23.12.2015	Термін експлуатації продовжено до 23.12.2025
	2	1000	В-320	22.07.1985	19.02.2015	Термін експлуатації продовжено до 19.02.2025
	3	1000	В-320	10.12.1986	05.03.2017	Виконуються
	4	1000	В-320	18.12.1987	04.04.2018	Виконуються
	5	1000	В-320	14.08.1989	27.05.2020	Плануються
	6	1000	В-320	19.10.1995	21.10.2026	Плануються
Хмельницька АЕС	1	1000	В-320	22.12.1987	13.12.2018	Плануються
	2	1000	В-320	07.08.2004	07.09.2035	Плануються

В проектах цих АЕС закладено граничний термін їх експлуатації 30 років. Наразі цей термін подовжено ще на 10 років та на 20 років (Рівненська АЕС). На рис. 7 подано побудовану за

даними табл. 2 діаграму частки потужності блоків українських АЕС, що не перевищили тридцятирічний термін експлуатації.

Рис. 7. Динаміка частки потужності блоків АЕС, що не перевищили тридцятирічний термін експлуатації.

Fig. 7. Dynamics of the share of NPP units that did not exceed thirty years of operation.

З діаграми на рис. 7 видно, що в 2019 році потужність діючих блоків АЕС, що функціонували в режимі надлімітної експлуатації, становила 78 %.

Кожен рік надлімітної експлуатації АЕС:

– збільшує кількість і терміни простоїв блоків АЕС, що спричиняє перебої в постачанні електроенергії;

– збільшує ризики масштабних катастроф, в тому числі глобального характеру.

Ретельність і якість виконання досліджень і робіт, необхідних для подовження терміну

експлуатації українських АЕС, мають відповідати діючим міжнародним стандартам.

Таким чином, зрозуміло, що українська електроенергетика потребує невідкладної реновації її обладнання. Подальше зволікання з вирішенням цієї проблеми призводить до суттєвого: зниження продуктивності виробництва електроенергії, підвищення ризиків енергетичних і техногенних катастроф, збільшення викидів в повітря речовин, шкідливих для здоров'я людей і для довкілля.

Серед нових проблем – вразливість енергоблоків АЕС терористичним атакам і стихійним лихам. За даними Росатома [6], додаткова вартість відповідних систем безпеки становить біля 40 % вартості енергоблока.

Енергоносії. Другою складовою, необхідною для функціонування електростанцій, є енергоносії.

Енергоносіями електростанцій традиційного типу є:

- вода, що тече – для ГЕС;
- природний газ і вугілля – для ТЕС;
- ядерне паливо – для АЕС.

На жаль, ситуація з енергоресурсами традиційних типів в Україні надзвичайно складна.

Водні ресурси, придатні для великих ГЕС, в Україні вже вичерпано.

В Україні газу і вугілля власного видобутку не вистачає для роботи ТЕС. За даними Українського інституту майбутнього, Україна імпортує 32 % споживаного газу і 20%

споживаного енергетичного вугілля. Весь імпортований газ постачається з Європи достатньо стабільно. Майже все імпортне вугілля на ТЕС постачається з Росії (90 % імпорту вугілля).

Щодо енергоносіїв для АЕС (ядерних паливних елементів), то їх імпорт складає 100 % (з них не менше 60 % з Росії). І якщо російські поставки вугілля можна без суттєвих проблем диверсифікувати, то здійснити аналогічний захід для поставок ядерних паливних елементів дуже складно. Справа у тому, що всі без винятку реактори українських АЕС сконструйовано і вироблено в Росії, яка не має намірів поступатись ринком паливних елементів для цих реакторів. Тому росіяни утаємничують детальну інформацію про параметри функціонування реакторів і вимоги до параметрів паливних елементів. За таких умов дуже складно досягти високого рівня сумісності ядерних паливних елементів неросійського виробництва з російськими реакторами українських АЕС.

Така ситуація наражає Україну на високі ризики енергетичної катастрофи (враховуючи, що АЕС виробляють половину електроенергії – рис. 5).

Екологія. В Україні склалась вкрай складна екологічна ситуація (рис. 8).

З карти на рис. 8 видно, що великі площі території країни є надзвичайно забрудненими і перебувають на межі екологічної катастрофи.

Рис. 8. Карта сумарної забрудненості природного середовища України [7].

Fig. 8. Map of total environmental pollution of Ukraine [7].

Вступ України до Енергетичного Співтовариства і Підписання Угоди про асоціацію з ЄС докорінно змінили ставлення енергетиків до проблем впливів електростанцій на довкілля [8]. Найбільш складна ситуація в цьому плані складається для ТЕС, що працюють на вугіллі.

Спалювання вугілля супроводжується значними обсягами локальних викидів речовин, дуже шкідливих для здоров'я людей і для довкілля. З рис. 9 видно, що шкідливі викиди ТЕС в Україні в рази перевищують нормативи ЄС.

Рис. 9. Питомі викиди забруднюючих речовин ТЕС на вугіллі в Україні і деяких країнах Європи [5].

Fig. 9. Specific emissions of pollutants from coal-fired power plants in Ukraine and some European countries [5].

Крім того, ТЕС на вугіллі є найбільш потужними емітентами глобальних викидів парникових газів (рис. 10), контроль над якими здійснює міжнародне співтовариство країн

(Україна серед них), які підписали "Кіотський протокол до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату" (1997 р.) і Паризьку кліматичну угоду (2015 р.).

Рис. 10. Питомі викиди парникових газів у повному циклі перетворювання в електроенергію різних первісних джерел енергії. (Підготовлено авторами за даними WNA [9]).

Fig. 10. Specific greenhouse gas emissions in the full cycle of conversion into electricity of various primary energy sources. (Prepared by the authors according to WNA [9]).

Стосовно екологічності атомної енергетики, то тут найбільші ризики виникають через неможливість усунути людський фактор в керуванні роботою АЕС, небезпеку тероризму і екстремальних погодних явищ. Причинами

радіаційного забруднення атмосфери є також процеси видобування і транспортування урану, транспортування і перевантаження напівфабрикатів і готових паливних елементів, а також радіоактивних відходів. Усвідомлення цих

проблем, разом з пам'яттю про чорнобильську трагедію, сформувало негативне ставлення української громадськості до розвитку атомної енергетики.

В Україні водопостачання стає все більш гострою проблемою. Вже сьогодні Україна відноситься до країн з дефіцитом води. Технології ж виробництва електроенергії на ТЕС і АЕС є надто водомісткими. Так, виробництво 1 кВт·год електроенергії потребує води: на ТЕС – 1.9 літра, на АЕС – 2.3 літра. В той же час, з такою ж метою витрачається води: на ВЕС – 0.004 літра (за даними [10]).

Ефективність. Як зазначалось, сучасні ТЕС на вугіллі потребують впровадження екологічно чистих технологій спалювання вугілля, що підвищує в 2-3 рази питомі інвестиції в цю технологію виробництва електроенергії.

АЕС мають найвищі питомі інвестиції з усіх технологій виробництва електроенергії. Одною з суттєвих складових цих інвестицій є забезпечення ліквідації (декомісії) АЕС. Вартість відповідних

робіт становить 1300-1400 \$/кВт, термін виконання декомісії АЕС потужністю 1000-1200 МВт становить 20-25 років [11].

Статистика свідчить, що період з моменту вкладання інвестицій в будівництво блоку сучасної електростанції до отримання електроенергії становить: п'ять років і більше для ТЕС, і до 10 років (іноді – більше) для АЕС [12]. Централізоване виробництво електроенергії на потужних ТЕС і АЕС, віддалене від споживачів електроенергії, потребує додаткових суттєвих інвестицій в будівництво ліній передач.

Вартість органічних енергоносіїв в світі постійно зростає по мірі вичерпання їх покладів. Особливо це стосується природного газу. Також зростає і вартість урану (а його власного видобутку для українських АЕС недостатньо), і відповідно вартість ядерного палива для АЕС.

В табл. 3 представлено витрати на виробництво електроенергії різними технологіями за даними Lazard [13].

Таблиця 3. Структура витрат на виробництво електроенергії різними технологіями.

Table 3. The cost structure of electricity generation by different technologies.

Показник	Од. вим.	ВЕС наземні	СЕС	АЕС	ТЕС на вугіллі	Пікові ЕС на газі
Потужність	МВт	150	100	2200	600	240-50
Капітальні витрати	\$/кВт	1100-1500	1100-900	6900- 12200	3000- 6250	700-950
Фіксовані експлуатаційні витрати	\$/кВт в рік	28.00- 36.50	12.00- 9.00	108.50- 133.00	40.75- 81.75	5.50- 20.75
Змінні експлуатаційні витрати	\$/МВт·год	—	—	3.50-4.25	2.75-5.00	4.75-6.25
КВВП	%	55-38	34-23	91-90	83-66	10
Ціна палива	\$/MMBtu	—	—	0.85	1.45	3.45
Будівельний лаг	Місяців	12	9	69	60-66	12-18
Термін реалізації проекту	Років	20	30	40	40	20
LCOE	\$/МВт·год	28-54	32-42	118-192	66-152	150-199

З табл. 3 видно, що найменші витрати на виробництво електроенергії у ВЕС та СЕС, що збільшує економічні переваги відновлюваної енергетики над традиційними технологіями виробництва електроенергії.

Системний підхід до розвитку електроенергетики України. Функціонування потужного об'єкту електроенергетики (електростанції) супроводжується втручанням в функціонування складних систем, а саме:

1) Геологічної системи, поклади енергетичних корисних копалин якої використовуються в процесі перетворення теплової або ядерної енергії в електроенергію на електростанціях традиційного типу.

2) Локального довкілля на територіях, прилеглих до електростанцій.

3) Глобального (планетарного) довкілля.

4) Системи розподілу і передачі електроенергії споживачам по лініям електропередачі.

5) Економічної системи, до якої входять:

- кредитна система,
- тарифна система,
- валютна система,
- інвестиційна система.

6) Політичної системи країн видобування і транзиту енергоносіїв.

Будь-яка технологія виробництва електроенергії зіштовхується з певними проблемами, що виникають внаслідок зазначених утручань.

Тому, розвиток електроенергетики має реалізовуватись в рамках системного підходу до проблеми і виходити з необхідності:

1) Мінімізації негативних наслідків зазначених утручань.

2) Урахування обмежень, що впливають з:

- поставлених цілей розвитку;
- наявного і перспективного розміщення виробничих сил країни з урахуванням анексії Криму і окупації Донбасу;

– соціального стану регіонів;
– особливостей технології генерування електроенергії;

– технічних можливостей задіяного енергетичного обладнання.

І хоч вже сьогодні відновлювана енергетика має суттєві переваги над традиційною, особливості української електроенергетики перешкоджають їй перейти до електроенергетики низьковуглецевої так швидко і легко, як це сталося для ряду країн Європи. Тому, для забезпечення зростаючого споживання електроенергії, потужності електростанцій традиційного типу має бути збережено в один із способів:

- модернізація обладнання;
- реновація обладнання зі збереженням традиційної технології;
- заміщення на обладнання для електростанцій на базі ВДЕ.

Природно, що має відбуватись реструктуризація електроенергетики України. Оптимізація її нової структури являє собою складну проблему (табл. 4-6).

Таблиця 4. Результати системного аналізу і рекомендації щодо розвитку ТЕС на газі.

Table 4. Results of system analysis and recommendations for the development of gas-fired thermal power plants.

№	Система	Вплив ТЕС на газі на систему		Заходи
		Негативний	Позитивний	
1	Геологічна – корисні копалини	Виснаження світових покладів газу	–	Розвідка і експлуатація нових родовищ газу в Україні
2	Локальне довкілля (прилегле до електростанцій)	Викиди в атмосферу речовин, шкідливих для довкілля і для здоров'я людей	–	Застосування сучасних технологій спалювання газу
3	Глобальне (планетарне) довкілля	Викиди парникових газів, що сприяють зміні клімату на планеті	–	Застосування технологій захвату парникових газів
4	Система розподілу і передачі електроенергії споживачам по лініям електропередачі	–	Забезпечує можливість маневру енергетичною потужністю, необхідного для функціонування ОЕСУ	–
5	Економічна система	Тенденція стабільного зростання ціни газу. Валютна оплата імпортованого газу	–	Диверсифікація постачальників газу
6	Інше	Ризики перебоїв в постачанні газу через використання політичної складової його російськими постачальниками	–	Часткове заміщення електроенергією з ВДЕ

Таблиця 5. Результати системного аналізу і рекомендації щодо розвитку ТЕС на вугіллі.

Table 5. Results of system analysis and recommendations for the development of coal-fired power plants.

№	Система	Вплив ТЕС на вугіллі на систему		Заходи
		Негативний	Позитивний	
1	Геологічна – корисні копалини	Складне видобування через велику глибину залягання пластів. Низька енергетична якість через тонкі пласти і суміш вугілля з породою	–	Застосування сучасних технологій збагачення вугілля
2	Локальне довкілля (прилегле до електростанції)	Високий рівень викидів в довкілля речовин, шкідливих для флори, фауни і здоров'я людей	–	Застосування сучасних технологій спалювання вугілля
3	Глобальне (планетарне) довкілля	Найвищий рівень викидів парникових газів	–	Застосування технологій захвату парникових газів
4	Система розподілу і передачі електроенергії споживачам по лініям електропередачі	–	Забезпечує частину базового навантаження. Частково забезпечує можливість маневру енергетичною потужністю, необхідного для функціонування ОЕСУ	–
5	Економічна система	Валютна оплата імпортного вугілля	–	–
6	Інше	–	–	Часткове заміщення електроенергією з ВДЕ

Таблиця 6. Результати системного аналізу і рекомендації щодо розвитку АЕС.

Table 6. Results of system analysis and recommendations for NPP development.

№	Система	Вплив АЕС на систему		Заходи
		Негативний	Позитивний	
1	Геологічна – корисні копалини	–	–	Освоєння нових родовищ урану в Україні
2	Локальне довкілля (прилегле до електростанції)	–	–	–
3	Глобальне (планетарне) довкілля	–	–	–
4	Система розподілу і передачі електроенергії споживачам по лініям електропередачі	–	Забезпечує переважну частину базового навантаження	–
5	Економічна система	Висока вартість реакторів та запобіжних засобів. Валютна оплата паливних елементів і послуг з дезактивації радіоактивних відходів	–	Створення ліквідаційного фонду АЕС. Створення заводів по виробництву паливних елементів для реакторів, по дезактивації радіоактивних відходів
6	Інше	Негативна громадська думка щодо продовження термінів експлуатації діючих і будівництва нових блоків АЕС	–	Продовження термінів експлуатації АЕС на основі ретельного дотримання міжнародних стандартів і рекомендацій. Проведення роз'яснювальної роботи з населенням. Часткове заміщення електроенергією з ВДЕ

Антикризова стратегія для електроенергетики. Досвід Європи. Кінець ХХ-го – початок ХХІ ст. ознаменувався тенденціями в електроенергетиці, що дали підставу аналітикам констатувати настання в Європі глибокої кризи електроенергетики.

Основні з зазначених тенденцій, що її спричинили, є такі:

- стрімке зростання споживання електроенергії;
- вичерпність енергетичних ресурсів європейських великих рік;
- суттєве зменшення обсягів розвіданих родовищ викопних енергоносіїв;
- зменшення рівня диверсифікації поставок енергоносіїв, і як результат, перспектива залежності країни;

- ріст і збільшення невизначеності прогнозних цін на енергоносії;
- збільшення впливу політичної складової у вирішенні енергетичних питань;
- значне посилення екологічних нормативів щодо викидів речовин, шкідливих для здоров'я людей і для довкілля;
- підписання переважною більшістю країн світу ряду міжнародних угод щодо переходу до сталої низьковуглецевої енергетики з метою запобігання зміні клімату на планеті;
- значне зростання питомих інвестицій в ТЕС і АЕС через посилення вимог до його експлуатаційних і екологічних параметрів, а також через значне зменшення попиту на обладнання ТЕС і АЕС;
- різка негативна думка населення Європи щодо доцільності розвитку атомної енергетики після глобальних катастроф на Чорнобильській АЕС (1986 р.) і АЕС Фукусіма-1 (2011 р.);

- вичерпність можливості будівництва ГЕС на великих ріках Європи;

- невідповідність працюючих надпотужних електростанцій запровадженому в країнах ЄС внутрішньополітичному курсу на регіоналізацію економіки.

Перед європейськими країнами постала проблема пошуку нових шляхів виходу з енергетичної кризи, які б обходили перешкоди розвитку галузі. Оптимальним шляхом виходу з цієї кризи, який вирішує перелічені проблеми, в Європі було визнано стимулювання розвитку відновлюваної енергетики. Тому цій галузі було надано державну підтримку, яка сприяла напрацюванню технології масового виробництва високотехнологічного обладнання електростанцій на базі ВДЕ.

Така ж сама ситуація з енергоносіями для АЕС (рис. 11).

Рис. 11. Динаміка ціни на енергоносії АЕС в США за даними LAZARD'S [14].

Fig. 11. Dynamics of the price of NPP energy in the USA according to LAZARD'S [14].

З 2012 р. по 2019 р. ціна енергоносіїв для АЕС в Європі зросла в 1.7 рази.

Ріст цін на енергоносії для АЕС є наслідком об'єктивних причин – обмеженості і невідновлюваності їх запасів в природі. Крім того, через підвищення екологічних вимог до ТЕС і вимог щодо запобігання терактам і природним катаклізмам для АЕС, суттєво зростають ціни на обладнання електростанцій традиційного типу. Тому, не може бути зупинений й ріст собівартості електроенергії, виробленої на ТЕС і АЕС.

Директива 2009/28/ЄС від 23.04.2009 в пункті №26 рекомендує наступне: “Бажано, щоб ціни на енергоносії відображали екстернальні витрати виробництва і споживання енергії, в тому числі, у відповідних випадках, екологічні, соціальні та витрати на охорону здоров'я”.

Екстернальні витрати є показниками, що дозволяють порівняти різного характеру загрози і шкідливості життю і здоров'ю людей від функціонування енергетичних технологій. Дані щодо екстернальних витрат в електроенергетиці подано в табл. 7.

Таблиця 7. Питомі екстернальні витрати на виробництво електроенергії в країнах ЄС за даними [15].

Table 7. Specific external costs of electricity generation in EU countries according to [15].

Тип електростанції	Екстернальні витрати, €с/кВт·год
ТЕС на вугіллі	18.75
АЕС	9.53
ГЕС	4.50
ВЕС	0.41
СЕС	1.12
БіоЕС	6.62

З табл. 7 видно, що найбільші екстернальні витрати супроводжують виробництво електроенергії ТЕС, найменші – ВЕС. Їх урахування в процесі розрахунку собівартості електроенергії збільшує економічні переваги відновлюваної енергетики над традиційними технологіями виробництва електроенергії.

Ще одну суттєву складову собівартості електроенергії теплових електростанцій почали обчислювати і враховувати після того, як 190 країн світу підписали Паризьку кліматичну угоду. Аналітики визначили, що для виконання своїх зобов'язань щодо запобігання зміні клімату, країни мають вводити плату за викиди за тарифом від 50 \$/кВт·год до 100 \$/кВт·год і вище. Це призведе до суттєвого підвищення собівартості електроенергії, виробленої на ТЕС [16].

Отже, проведений порівняльний аналіз засвідчує, що відновлювана енергетика має такі переваги над традиційною енергетикою:

- має найнижчу собівартість виробництва електроенергії;
- потребує мінімуму екстернальних витрат протягом реалізації повного технологічного циклу;
- використовує безпаливну технологію, що, крім економічних, має інші переваги: політичні, екологічні, валютні;
- має безвуглецеву технологію виробництва електроенергії, яка не сприяє зміні клімату.

Все це разом спричинило різке збільшення темпів росту встановленої потужності вітрових і сонячних електростанцій на тлі падіння потужності введених електростанцій традиційних типів (рис. 12).

FIGURE 6: NET ELECTRICITY GENERATING INSTALLATIONS IN THE EU, 1995-2015 (MW)

Рис. 12. Сальдо вводу-виводу електростанцій в Євросоюзі за період 1995-2015рр. [17].

Fig. 12. Balance of input-output of power plants in the European Union for the period 1995-2015 [17].

Аналіз рис. 12 засвідчує, що з традиційних галузей електроенергетики ЄС за відповідні 20 років розвиток отримали лише ТЕС, що працюють на газі. Ця технологія виробництва електроенергії дійсно є ефективною з точки зору:

- електроенергетики – дозволяє здійснювати маневрування потужності;
- екології – суттєво менші глобальні і локальні викиди шкідливих речовин, ніж у ТЕС, що працюють на вугіллі;
- економіки – середня собівартість електроенергії нижча, ніж у ТЕС на вугіллі.

Але попри всі перелічені переваги, в останні

роки газова електроенергетика перестала приваблювати європейських інвесторів (табл. 8). Причини цьому:

- дефіцит в країнах ЄС власних покладів газу;
- застосування країнами-постачальниками газу в Європу (а це, в основному, Росія) даного енергоносія в якості засобу вирішення своїх політичних задач.

Підвищення дохідності інвестиційних проектів у відновлюваній енергетиці і зменшення ризиків призвело до різкого росту інвестицій в цю галузь (табл. 8).

Таблиця 8. Прогноз інвестицій в електроенергетику Європейського Союзу за даними [18]. Низьковуглецевий сценарій.

Table 8. Forecast of investments in electricity of the European Union according to [18]. Low carbon scenario.

Технологія виробництва електроенергії	Суми інвестицій, \$млрд.
	2014-2035 рр.
Традиційна	400
ТЕС на вугіллі	76
ТЕС на газі	82
АЕС	242
Відновлювана (вітер + сонце)	1358

З табл. 8 видно, що в період 2014-2035 рр. інвестиції у відновлювані технології виробництва електроенергії в країнах ЄС перевищать інвестиції в галузі традиційної енергетики (ТЕС і АЕС) разом взяті, більше ніж у три рази.

Таким чином, результати функціонування європейської електроенергетики за новим “низьковуглецевим” курсом засвідчують, що стратегічні рішення в європейській електроенергетиці були вдалим – країни Європи подолали всі перешкоди розвитку, перелічені на початку даного пункту. Зважаючи на подібність багатьох нагальних проблем української і європейської електроенергетики, а також на значний енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії України, зокрема енергії сонця та вітру — 2273 млрд кВт·год у рік [19], стратегічні рішення для української електроенергетики мають враховувати відповідний європейський досвід.

Проведений вище аналіз дає обґрунтований висновок, що відновлювані технології виробництва електроенергії найбільш привабливі для інвесторів.

Висновки.

1. У другій половині ХХ ст. електроенергетика більшості країн світу (а в Європі – практично всіх країн) отримала серйозні виклики. Зношеність енергетичного обладнання ТЕС і АЕС перевищила допустимі проектні ліміти, що зменшило стійкість постачання електроенергії споживачам, збільшило обсяги локальних і глобальних шкідливих викидів, збільшило питомі витрати палива на ТЕС і АЕС, а з цим – збільшило собівартість і ціну продажу електроенергії. Другим викликом для електроенергетики Європи стала залежність від імпорту палива.

2. Щодо української електроенергетики, то вона отримала у відповідний період і по даний момент такі самі проблеми, що й Європа. Але, на даний момент в Європі всі ці проблеми подолано, і для України є дуже важливим цей позитивний досвід подолання кризи в електроенергетиці.

3. Європейські країни обрали пріоритетний розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії, що дозволило подолати всі перелічені вище проблеми – енергетичного обладнання, енергоносіїв, екології і економіки.

4. Інвестиції у відновлювані технології виробництва електроенергії в країнах ЄС до 2035 р. перевищать інвестиції в галузі традиційної енергетики (ТЕС і АЕС) разом взяті, більше ніж у три рази.

1. Річний звіт. 2016. 22 с. [Електронний ресурс]. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/02/Annual-report_2016.pdf.

2. Да будет свет: где и сколько электроэнергии потребляют и производят в Украине. [Електронний ресурс]. URL: <https://businessviews.com.ua/ru/studies/id/da-budet-svet-gde-i-skolko-elektroenergii-potrebljajut-v-ukraine-1166/>.

3. Встановлена потужність енергосистеми України. [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosystemy-ukrayiny/>.

4. 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-generuyuchykh-potuzhnostej.pdf>.

5. Вольчин І.А., Дунаєвська Н.І., Гапонич Л.С. та ін. Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України. К. Гносіз. 2013. 308 с.

6. Экологическая экспертиза. Обзорная информация. Выпуск № 4. ВИНТИ. 2015. 27 с. [Електронний ресурс]. URL: <http://lamb.viniti.ru/sid2/sid2free?sid2=J13583597>.

7. Барановський В.А. та ін. Україна. Еколого-географічний атлас. Рада по вивченню продуктивних сил України. К. Варта. 2006. Карта 4.4.5.

8. Кудря С.О., Тучинський Б.Г., Іванченко І.В. Вітроенергетика України – цілі, зобов'язання, результати і перспективи. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції. Київ. 2019. С. 408-414.

9. Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources. WNA Report. 2011. [Електронний ресурс]. URL: http://worldnuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf.

10. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие. М. ИД «Энергия». 2010. С. 159-160.

11. Миронов В.П., Журавков В.В. Обращение с радиоактивными отходами. Минск. МГЭУ им. А.Д. Сахарова. 2009. 27 с.

12. Томас С. Экономика ядерной энергетики. Публикация, посвященная ядерным проблемам. Heinrich Böll Foundation. 2005. № 5. С. 35-36. [Електронний ресурс]. URL: https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download_de/oekologie/ru_05_Thomas.pdf.

13. Lazard's leveled cost of energy analysis. Version 13.0. 2019. Pp. 16-18. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-13-0-vf.pdf>.

14. Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis. Version 2.0-13.0. 2008-2019. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.lazard.com/>.

15. Burtraw D., Krupnick A., Sampson G. The True Cost of Electric Power. Resources For the Future. Washington. REN21. 2012. 48 p.

16. Пэрри Эн. Страны принимают обязательства взимать высокую плату за выбросы углерода. 2016. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.imf.org/external/russian/np/blog/2016/042116r.pdf>.

17. Wind in Power. 2015. European Statistics. EWEA. 8. p. [Електронний ресурс]. URL: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf>.

[content/uploads/files/about-wind/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf](https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf).

18. World Energy Investment Outlook. OECD/IEA. 2014. 167 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ourenergygypolicy.org/wp-content/uploads/2014/06/WEIO2014.pdf>.

19. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. 2020. 82 с.

REFERENCES

1. Richnyy zvit. [Annual report]. 2016. 22 p. [Electronic resource]. URL: https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/02/Annual-report_2016.pdf.

2. Da budet svet: gde i skolko elektroenergii potreblayut i proizvodyat v Ukraine. [Let there be light: where and how much electricity is consumed and produced in Ukraine] [Electronic resource]. URL: <https://businessviews.com.ua/ru/studies/id/da-budet-svet-gde-i-skolko-elektroenergii-potrebljajut-v-ukraine-1166/>.

3. Vstanovlena potuzhnist enerhosystemy Ukrayiny. [The capacity of the power system of Ukraine is installed]. [Electronic resource]. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosystemy-ukrayiny/>. [in Ukrainian].

4. Zvit z otsinky vidpovidnosti (dostatnosti) heneruyuchykh potuzhnostey. [Report on conformity assessment (sufficiency) of generating capacities]. Ukrenenerho. 2017. 117 p. [Electronic resource]. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/10/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnostigeneruyuchykh-potuzhnostej.pdf>. [in Ukrainian].

5. Volchyn I.A., Dunayevska N.I., Haponych L.S. ta in. Perspektyvy vprovadzhennya chystykh vuhil'nykh tekhnolohiy v enerhetyku Ukrayiny. [Prospects for the introduction of clean coal technologies in the energy sector of Ukraine]. K. Hnosiz. 2013. 308 p. [in Ukrainian].

6. Ekologicheskaya ekspertiza. Obzornaya informaciya. [Ecological examination. Overview information.]. VINITI. 2015. Issue No. 4. 27 p. [Electronic resource]. URL: <http://lamb.viniti.ru/sid2/sid2free?sid2=J13583597>. [in Russian].

7. Baranovskyy V. A. ta in. Ukrayina. Ekolohohrafichnyy atlas. Rada po vyvchennyu produktyvnykh syl Ukrayiny. [Ukraine. Ecological and geographical atlas. Council for the Study of the Productive Forces of Ukraine]. K. Varta. 2006. Karta 4.4.5. [in Ukrainian].

8. Kudria S.O., Tuchyynskiy B.H., Ivanchenko I.V. Vitroenerhetyka Ukrayiny – tsili, zobov'язannya, rezultaty i perspektyvy. [Wind energy Ukraine – aims, liabilities, results and prospects]. Vidnovlyuvana enerhetyka ta enerhoefektyvnist u XXI stolitti. Materialy XX mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi. K. 2019. Pp. 408-414. [in Ukrainian].

9. Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources. WNA Report. 2011. [Electronic resource]. URL: http://worldnuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf. [in English].

10. Bezrukih P.P. Vetroenergetika. Spravochnoe i metodicheskoe posobie. [Wind energy. Reference and methodical manual]. M. ID «Energiya». 2010. Pp. 159-160. [in Russian].

11. Mironov V.P., Zhuravkov V.V. Obrashchenie s radioaktivnymi othodami. [Radioactive waste management]. Minsk. MGEU im. A.D. Saharova. 2009. 27 p. [in Russian].

12. Tomas S. Ekonomika yadernoj energetiki. Publikaciya, posvyashchennaya yadernym problemam. [Economics of nuclear energy. Publication on Nuclear Problems]. Heinrich Boll Foundation. 2005. No. 5. Pp. 35-36. [Electronic resource]. URL: https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download_de/oekologie/ru_05_Thomas.pdf. [in Russian].

13. Lazards leveled cost of energy analysis. Version 13.0. 2019. Pp. 16-18. [Electronic resource]. URL: <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>. [in English].

14. Lazards Levelized Cost of Energy Analysis. Version 2.0-13.0. 2008-2019. [Electronic resource]. URL: <https://www.lazard.com/>. [in English].

15. Burtraw D., Krupnick A., Sampson G. The True Cost of Electric Power. Resources For the Future. Washington. REN21. 2012. 48 p. [in English].

16. Perri Ien. Strany prinyimayut obyazatel'stva vzyimat' vysokuyu platu za vybrosy ugleroda. [Countries commit to charging high carbon emissions]. 2016. [Electronic resource]. URL: <http://www.imf.org/external/russian/np/blog/2016/042116r.pdf>. [in Russian].

17. Wind in Power. 2015 European Statistics. EWEA. P. 8. [Electronic resource]. URL: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf>. [in English].

18. World Energy Investment Outlook. OECD/IEA. 2014. P. 167. [Electronic resource]. URL: <https://www.ourenergy.org/wp-content/uploads/2014/06/WEIO2014.pdf>. [in English].

19. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovlyuvanykh dzherel enerhiyi Ukrainy. Za zah. red. S.O. Kudri. [Atlas of energy potential of renewable energy sources of Ukraine. For general. ed. S. Kudria]. Kyiv. Instytut vidnovlyuvanoyi enerhetyky NAN Ukrainy. 2020. 82 p.

Стаття надійшла до редакції 05.10.20
Остаточна версія 18.12.20

**НАБЛИЖАЄМО ЕНЕРГЕТИКУ
МАЙБУТНЬОГО СЬОГОДНІ**

**XIV МІЖНАРОДНА
СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕКОЛОГІЇ,
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

**EcoEnergy
Expo'2021**

Генеральний медіа-партнер:

Технічний партнер:

**19–21
ЖОВТНЯ**

**МІЖНАРОДНИЙ
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**
Київ, Броварський проспект, 15
"Лівобережна"

☎ (044) 201-11-57, 206-87-96
e-mail: lyudmila@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua