

УДК 620.9:621.31(477)

В. М. Бутенко,  
к. е. н., доцент, доцент кафедри економічної теорії,  
Національний університет природокористування і біоресурсів України  
ORCID ID: 0000-0001-8814-9392

В. В. Байдала,  
д. е. н., доцент, професор кафедри економічної теорії,  
Національний університет природокористування і біоресурсів України  
ORCID ID: 0000-0002-1532-2913

Т. О. Козирська,  
молодший науковий співробітник відділу патентно-ліцензійної,  
винахідницької та раціоналізаторської роботи,  
Національний університет природокористування і біоресурсів України  
ORCID ID: 0000-0002-8679-1565

DOI: 10.32702/2306-6814.2019.17.5

# ФАКТОРИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

V. Butenko,  
PhD in Economics, associate professor, associate professor of the department of economic theory,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

V. Baidala,  
Doctor of Economic Sciences, associate Professor, Professor of the department of economic theory,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

T. Kozyska,  
Research Assistant of Department of Patent-Licensing, Inventive and Innovative Work,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

## FACTORS OF SOLAR POWER DEVELOPMENT IN UKRAINE

**У статті проаналізовано основні фактори розвитку сонячної фотоелектричної енергетики в Україні та досліджено значущість їх впливу. Ідентифіковано у якості значущих такі групи факторів: економічні (державне тарифне регулювання, державне нетарифне регулювання, лібералізація будівництва), техніко-технологічні (зниження вартості технологій, зростання ефективності елементів СЕС, рівень надійності та пропускної здатності електричних мереж, логістика), соціо-еколого-кліматичні фактори. Дослідження впливу визначених факторів побудовано на основі експертних оцінок. В опитуванні брали участь провідні фахівці в галузі енергетики. Розроблено анкети опитування, в яких експерти оцінили вплив факторів для фотоелектричних систем потужністю до 30 кВт та більше 30 кВт. Проведено економіко-математичний аналіз, за допомогою якого встановлено аналітичний зв'язок функцій розвитку СФЕС і факторів, які прямо чи опосередковано впливають на розвиток сонячної фотоелектричної енергетики в Україні. Встановлено, що для СЕС потужністю більше 30 кВт мають значення такі фактори, як тарифне державне регулювання, нетарифне державне регулювання. Для СЕС потужністю менше 30 кВт впливовими є нетарифне державне регулювання, рівень надійності та пропускної здатності електричної мережі та соціальний фактор. Еколого-кліматичні фактори не здійснюють значного впливу на розвиток СЕС будь-якої потужності.**

**The problem of substitution of fossil energy sources is extremely acute in Ukraine and in the world. The severity of the problem is underlined by the fact that electricity consumption is increasing every year in Ukraine. Scientists pay considerable attention to the analysis of the efficiency of the use of renewable energy sources, in particular solar. The development of solar photovoltaic energy is a promising trend, which can significantly affect the issues of energy security and energy balance of the country in the future. Nowadays solar energy is one of the alternative energy industries that are developing most dynamically. There are considered the main factors of solar photovoltaic energy development in Ukraine in the article. The significance of their influence is investigated. The following**

**groups of factors are identified as significant: economic (state tariff regulation, state non-tariff regulation, liberalization of construction), technical and technological (reduction of technology cost, increase of efficiency of solar power elements, level of reliability and throughput of electric networks, logistics), socio-ecological climatic factors. The research of the impact of identified factors is based on expert evaluation. Leading energy experts participated in the survey. The authors developed the survey questionnaires. According to it experts estimated the impact of factors for photovoltaic systems with power up to 30 kW and more than 30 kW. An economic and mathematical analysis was conducted to establish the analytical relationship between the functions of the solar power station development and the factors that directly or indirectly influence the development of solar photovoltaic energy in Ukraine. It is established that factors such as tariff state regulation, non-tariff state regulation are important for the solar power station with power more than 30 kW. Non-tariff state regulation, the level of reliability and bandwidth of the electric network and a social factor are influential for the solar power station with power up to 30 kW. Ecological and climatic factors do not have a significant impact on the development of solar power station of any capacity.**

*Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, фотоелектрична енергетика, фактори розвитку, сонячна енергетика, економічні, техніко-технологічні, соціально-еколого-кліматичні фактори.*

*Key words: renewable energy, photovoltaic system, development factors, solar, economic, technological, socio-environmental-climatic factors.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Проблема заміщення викопних джерел енергії є надзвичайно гострою як в Україні, так і в цілому у світі. Значна увага при цьому приділяється аналізу ефективності використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної. Гострота проблеми підкреслюється тим фактом, що споживання електроенергії в Україні з кожним роком зростає в середньому на 1,5 відсотка [1]. Постійне зростання цін на енергоносії чинить відчутний вплив на соціально-економічне становище населення України та на розвиток національної економіки в цілому.

Одним з перспективних напрямів, який в подальшому може суттєво вплинути на питання енергобезпеки та енергозбалансованості країни, є розвиток сонячної фотоелектричної енергетики. Сонячна енергетика є однією з галузей альтернативної (відновлюваної) енергії, що розвиваються найбільш динамічно на сучасному етапі. Відтак дослідження факторів, що визначають розвиток сонячних фотоелектричних станцій, є надзвичайно актуальним на сьогодні.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИХ ЗАПОЧАТКОВАНО РОЗВ'ЯЗАННЯ ДАНОЇ ПРОБЛЕМИ І НА ЯКІ СПИРАЄТЬСЯ АВТОР, ВИДІЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Питанням розвитку відновлюваних джерел енергії, як одного з основних пріоритетів світової енергетики, в тому числі сонячної, присвячено наукові роботи С.О. Кудрі [2], А.О. Касич, Я.О. Литвиненко, П.С. Мельничук [3], О.М. Сохацької, Н.Є. Стрельбицької [4]. Переваги та недоліки сонячної енергетики, методика екологічної оцінки об'єктів відновлювальної енергетики,

зокрема сонячних електростанцій розглядаються у роботах О.М. Адаменко, Л.М. Архипової, Н.М. Москальчук [5].

Розрахунки ефективності впровадження фотоелектричних електростанцій по областях України для прогнозування доцільних обсягів впровадження технологій, що базуються на використанні відновлюваних джерел енергії здійснено у працях В.А. Денисова, Н.П. Іваненко, Л.В. Чуприни [6]. Фактори впливу на інноваційний розвиток сонячної енергетики досліджувалися Ю.В. Ташесвим [7]. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та доцільність її використання на території України розглянуто у роботах В.А. Маляренко, І.К. Галетич, Ю.І. Вергелес [8], О.Т. Возняк, М.Є. Янів [9] та інших. Проте фактори розвитку сонячної електроенергетики в Україні по сегментах фотоелектричних станцій, які враховують економічні, техніко-технологічні, екологічні та соціальні аспекти, розглянуті недостатньо.

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є ідентифікація факторів, які прямо чи опосередковано впливають на розвиток сонячної енергетики окремо для фотоелектричних систем потужністю до 30 кВт та більше 30 кВт, та аналіз їх дії.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБГРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Перед електроенергетикою стоїть важливе завдання задоволення постійно зростаючого попиту на електроенергію в умовах глобальної обмеженості ресурсів. Проблема загострює фізичний знос основних засобів, що використовуються у паливно-енергетичному комплексі України, котрі потребують реконструкції, модернізації або повної заміни. Вирішення вказаних проблем лежить не лише у площині підвищення ефективності використання традиційних джерел енергії, але й пошуку шляхів розвитку альтернативної енергетики, зокрема сонячної.

Таблиця 1. "Зелений" тариф в Україні

Вид електростанції	Потужність електростанції та інші чинники, що впливають на розмір «зеленого» тарифу	Тариф для об'єктів, введених в експлуатацію, <i>євроцент/кВт·год</i>							
		по 31.03.13	з 01.04.13 по 31.12.14	з 01.01.15 по 30.06.15	з 01.07.15 по 31.12.15	з 01.01.16 по 31.12.16	з 01.01.17 по 31.12.19	з 01.01.20 по 31.12.24	з 01.01.25 по 31.12.29
Сонячні електростанції	Електростанції на поверхні землі	6,53	3,93	0,53	6,96	5,99	5,03	3,52	2,01
	Електростанції на дахах та/або фасадах будинків, будівель та споруд	дані відсутні			8,04	7,23	6,37	4,76	3,09
Електростанції приватних домогосподарств	Сонячні електростанції потужністю до 30 кВт	-	5,87	2,26	0,03	9,01	8,09	6,26	4,49

Джерело: [13].

Майже всі джерела енергії на Землі мають сонячне походження, як-от вугілля, природний газ, нафта тощо представляють собою акумульовану енергію Сонця, накопичену протягом мільйонів років. В умовах, коли запаси розвіданих родовищ таких джерел енергії закінчуються, перспективним напрямом стає розвиток енергетики, котра базується на використанні прямої енергії Сонця.

Сонячна енергетика — сектор відновлювальної енергетики, заснований на безпосередньому перетворенні прямого сонячного випромінювання у теплову та електричну енергію. Сонячні установки, які генерують електроенергію, не створюють парникового ефекту і не виробляють шкідливих відходів, тому вважаються відносно екологічно чистими. Екологічне чисте довкілля позитивно впливає на тривалість та якість життя людини. Порівняно вища екологічність сонячної енергетики є одним із тих факторів, що стимулюють розвиток цієї галузі.

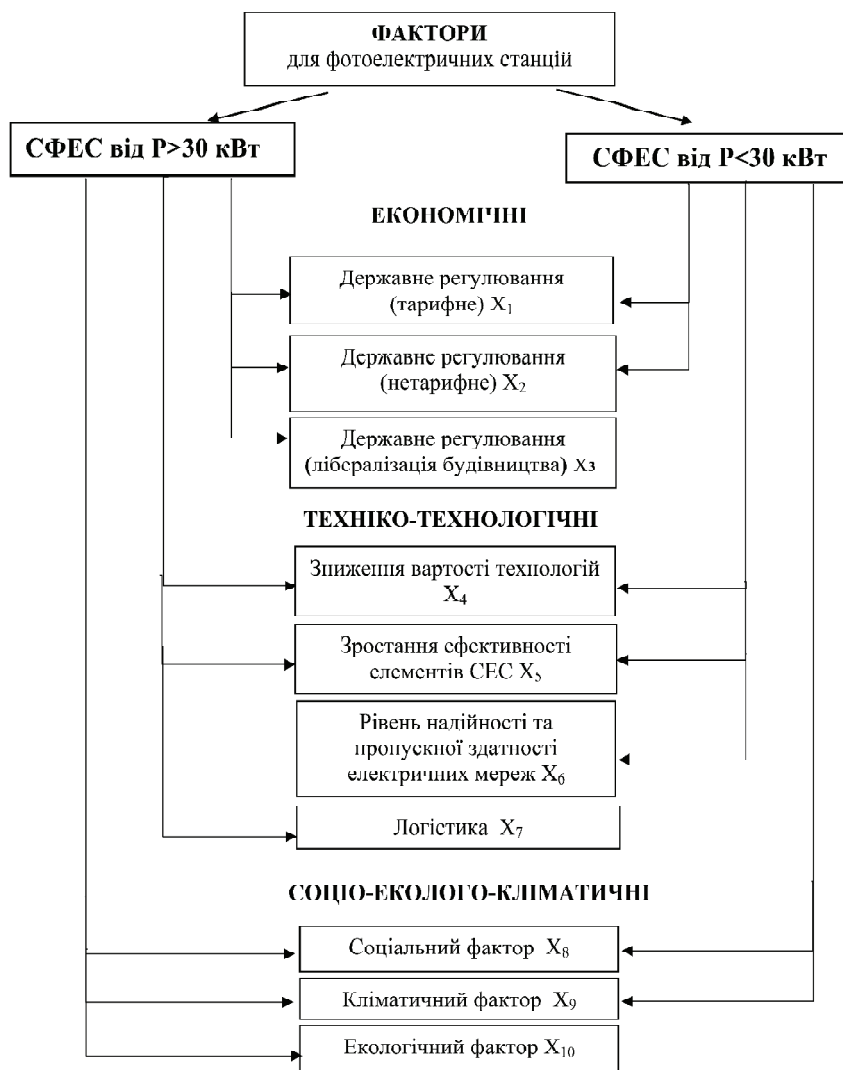
Крім цього, на сьогодні серйозною проблемою, що стоїть перед світовою спільнотою, є глобальна зміна клімату, котра заважає людству забезпечувати агроєкологічну і продовольчу безпеку, боротися із бідністю населення та досягати цілей сталого сільського розвитку. Зміна клімату підвищує ризики для здоров'я населення через розбалансованість біогеоценозів, природних ресурсів та екологічних систем, викиди вуглекислого газу в атмосферу. Згідно з Кіотським протоколом країни повинні знизити викиди парникових газів на 5% з метою запобігання глобальному потеплінню. У свою чергу в Україні на виконання розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 року № 878 "Про затвердження плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року" здійснюється розроблення "Стратегії адаптації до зміни клімату сільського, лісового та рибного господарств України до 2030 року", одним із завдань якої є стимулювання запровадження енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій, використання відновлюваних джерел енергії. У результаті реалізації даної Стратегії очікується одержання у тому числі такого результату, як дотримання взятих Україною зобов'язань за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату та іншими міжнародними угодами у сфері зміни

клімату, Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [10].

Досягнення цих результатів потребує від України значних зусиль, спрямованих на підвищення енергоефективності та збільшення частки відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії. Основними напрямками використання відновлюваних джерел енергії в Україні є енергія вітру, сонячна енергія, гідроенергія, енергія з біомаси, геотермальна енергія.

Як зазначено у Національному плані дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року, перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід здійснювати насамперед з використанням фотоелектричних пристроїв. Наявність значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення фотоелектричних пристроїв може задовольнити повністю не тільки потреби вітчизняних споживачів, але і представляти для експортних поставок більше двох третин виробленої продукції. З урахуванням досвіду з впровадження сонячних електростанцій в європейських країнах із схожим рівнем сонячного випромінювання, а також з огляду на світові тенденції постійного зниження собівартості будівництва сонячних електростанцій в результаті розвитку технологій в Україні виробництво електроенергії може бути збільшено шляхом вдосконалення технологій та введення в експлуатацію нових потужностей до 1050 ГВт·г у 2015 році (загальною потужністю 1000 МВт) та до 2420 ГВт·г у 2020 році (загальною потужністю 2300 МВт) [11].

З метою стимулювання розвитку сонячної енергетики в Україні вважаємо за необхідне застосування інструментів державного регулювання даної підгалузі енергетики, до яких належить планування (як довго-, так і короткострокове), програмування (розроблення цільових комплексних програм) та прогнозування. У системі державного регулювання використовуються такі складові: економічне регулювання, правове регулювання, адміністративне регулювання. У свою чергу, економічне регулювання поділяється на пряме (застосування фіксованих тарифів, державного цільового фінансування) та непряме (заходи антициклічного, інноваційного та іншого регулювання). Для розвитку сонячної енергетики доцільно використовувати як тарифні, так і нетарифні методи регулювання [12].



**Рис. 1. Функціональна схема взаємозв'язків факторів розвитку сонячної електроенергетики**

Джерело: розроблено авторами.

В умовах України практика показала, що дієвим фактором державного регулювання є "зелений" тариф, який сприяє розвитку сонячної енергетики (табл. 1).

Як свідчать дані таблиці 1, сьогодні в Україні застосовується досить високий тариф, але у відповідності до Закону України "Щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії" з 2020 року планується знизити зелений тариф для сонячних електростанцій (СЕС) на 25%, і перейти до системи аукціонів з метою одночасного забезпечення подальшого розвитку відновлюваної енергетики та зменшення зростання фінансового навантаження на кінцеву ціну [14].

Станом на 01.01.2019 року встановлена потужність об'єктів сонячної електроенергетики, що працюють за "зеленим" тарифом становить 1545 МВт (з урахування СЕС домогосподарств).

Стрімке здешевлення технологій у сонячній енергетиці, позитивно впливає на динаміку росту. Наприклад, технологія виготовлення фотоелементів удосконалюється з кожним роком, при цьому витрати на їх виготовлення та ціна генерованої ними електроенергії постійно зменшуються, а коефіцієнт корисної дії збільшується.

За останні роки досягнуто значного технічного прогресу в фотоелектричному перетворенні сонячної енергії, що дозволило суттєво знизити питомі капіталовкладення в установки такого типу і собівартість електроенергії, ними виробленої. Станом на 02.03.2018 р. інвестиції в 1 МВт потужності в Україні коливаються на рівні 0,75—1,05 млн євро. Собівартість будівництва сонячних електростанцій знизилась на 20—28% у порівнянні з 2017 роком. Терміни окупності проєктів в середньому складають 6—7 років в залежності від регіону та інсоляції з використанням "зеленого" тарифу і 13—15 років — без нього. Застосування цього інструменту робить проєкти в галузі сонячної енергетики економічно доцільними.

В Україні застосовуються ще два важливих механізми стимулювання виробництва енергії з відновлюваних джерел: податкові пільги (наприклад, звільнення від сплати податку на додану вартість і митних зборів на імпорту устаткування, пов'язаного з виробництвом електроенергії з сонячної енергетики, яке міститься в переліку, затвердженому урядом України; 75-відсоткове зниження земельного податку на землі, які використовуються під потужності електростанцій, що виробляють електроенергію з відновлюваних джерел; обмеження на орендну плату за землі державної й комунальної власності та ін.) та пільговий режим приєднання до електричної мережі.

Таким чином, у загальному балансі виробництва електричної енергії частка відновлювальних джерел енергії, до якої входить і сонячна енергетика, становить 1,9 відсотка. На сьогодні збільшення частки СЕС відбувається переважно завдяки великим проєктам наземних сонячних електростанцій. Але поточні темпи переходу на відновлювальні джерела енергії в Україні не дозволять досягти національної цілі в 11% до 2020 року [11]. Проаналізувавши стан сонячної фотоелектричної енергетики на нинішньому етапі, можна стверджувати, що діючі механізми підтримки відновлювальних джерел енергії мають низку суттєвих недоліків та потребують удосконалення, особливо для сегменту сонячної фотоелектричної енергетики.

Варто зазначити, що фотоенергетична галузь в Україні динамічно розвивається. Цьому сприяє наявність таких виробничих потужностей, якими володіє завод чистих металів у Світловодську, титаново-магнієвий комбінат у Запоріжжі, низка приладобудівних підприємств і підприємств мікроелектронного профілю для серійного випуску "Квазар", "Гравітон", "Гамма", "Родон", "Дніпро" та інші, що суттєво впливає на зниження собівартості будівництва СЕС.



**Таблиця 2. Експертна оцінка впливу факторів на розвиток сонячної електроенергетики для фотоелектричних станцій**

№ з/п	Фактори	Для електростанцій потужністю P>30 кВт		Для електростанцій потужністю P<30 кВт	
		експертна оцінка	ваговий коефіцієнт, $K_{1(i)}$	експертна оцінка	ваговий коефіцієнт, $K_{2(i)}$
1	Державне регулювання (тарифне)	240	$K_{1(1)}=0,172$	214	$K_{2(1)}=0,171$
2	Державне регулювання (не тарифне)	189	$K_{1(2)}=0,135$	171	$K_{2(2)}=0,136$
3	Державне регулювання (лібералізація будівництва)	173	$K_{1(3)}=0,124$	0	$K_{2(3)}=0$
4	Зниження вартості технологій	216	$K_{1(4)}=0,155$	221	$K_{2(4)}=0,176$
5	Зростання ефективності елементів СЕС	160	$K_{1(5)}=0,115$	165	$K_{2(5)}=0,132$
6	Рівень надійності та пропускної здатності електричних мереж	0	$K_{1(6)}=0$	162	$K_{2(6)}=0,129$
7	Логістика	150	$K_{1(7)}=0,107$	0	$K_{2(7)}=0$
8	Соціальний фактор	0	$K_{1(8)}=0$	172	$K_{2(8)}=0,137$
9	Кліматичний фактор	141	$K_{1(9)}=0,101$	152	$K_{2(9)}=0,121$
10	Екологічний фактор	132	$K_{1(10)}=0,095$	0	$K_{2(10)}=0$

Джерело: розроблено авторами.

До теперішнього часу виробництво більшості комерційних модулів сонячних елементів було засновано на кристалічному Si (перше покоління фотоелементів) та аморфних тонкоплівкових СЕ з великою площею ФЕ з величиною  $\eta \sim 5-8\%$  (друге покоління ФЕ). Поява концепції третього покоління, що базується на використанні нано- та мікроструктур (мікродротів) привело суттєвого зростання ефективності елементів. Таким чином, такий фактор як удосконалення технологій СЕС вивело сонячну генерацію в лідери за приростом потужностей не тільки в Україні, але і в світі.

Важливим чинником розвитку сонячної енергетики є аспекти логістики. Від локалізації об'єкта залежать транспортно-логістичні витрати, які можуть складати від 3% до 18% від загальної вартості СЕС.

Також суттєвий вплив на розвиток сонячної енергетики чинить фактор рівня надійності та пропускної здатності електричних мереж. На сьогодні розподільні електричні мережі перебувають у незадовільному стані, що зумовлено високим рівнем фізичного і морального зносу електроустаткування, великими втратами електричної енергії при її передаванні, низьким рівнем автоматизації тощо. Електромережі в Україні було спроектовано з розрахунку на централізоване електропостачання, тому вони мають обмежену пропускну здатність, а багато з них перебувають зараз в аварійному стані, відтак встановлювати сонячні електростанції необхідно з врахуванням особливостей електроспоживання конкретного регіону, перспектив його подальшого розвитку, а також технічного стану самої мережі.

Збільшення обсягів генеруючих потужностей у сонячній енергетиці призводить до збільшення числа робочих місць і пред'являє попит на кваліфіковані кадри, що стимулює розвиток малого і середнього бізнесу, що у свою чергу, позитивно впливає на величину надходжень до бюджету. Відтак, соціальний фактор, також перебуває у фокусі уваги при аналізі сонячної енергетики.

Переходячи до аналізу факторів, що зумовлюють розвиток галузі, слід зазначити, що всі вони чинять різний вплив. Нами було проведено опитування експертів з метою визначення вагомості впливу факторів на розвиток сонячної електроенергетики для фотоелектричних станцій різної потужності. Було ідентифіковано низку факторів, котрі згруповано таким чином: економічні, техніко-технологічні, соціо-еколого-кліматичні (рис. 1).

На рисунку 1 представлено функціональну схему взаємозв'язків факторів для двох типів сонячних фотоелектричних станцій з потужністю  $P > 30$  кВт і  $P < 30$  кВт (приватний сектор).

Визначення вагових коефіцієнтів запропоновано здійснити методом На основі експертних оцінок було визначено вагові коефіцієнти впливовості десяти факторів, зазначених на рисунку 1. Результати наведено у таблиці 2.

Базуючись на даних, наведених у таблиці 2, нами було встановлено аналітичний взаємозв'язок між результатами розвитку сонячних фотоелектричних станцій та низкою факторів X, який відображається рівняннями (1) та (2):

$$Y_{P>30\text{кВт}} = K_{1(1)} \cdot X_1 + K_{1(2)} \cdot X_2 + K_{1(3)} \cdot X_3 + K_{1(4)} \cdot X_4 + K_{1(5)} \cdot X_5 + K_{1(6)} \cdot X_6 + K_{1(7)} \cdot X_7 + K_{1(8)} \cdot X_8 + K_{1(9)} \cdot X_9 + K_{1(10)} \cdot X_{10} \quad (1)$$

$$Y_{P<30\text{кВт}} = K_{2(1)} \cdot X_1 + K_{2(2)} \cdot X_2 + K_{2(3)} \cdot X_3 + K_{2(4)} \cdot X_4 + K_{2(5)} \cdot X_5 + K_{2(6)} \cdot X_6 + K_{2(7)} \cdot X_7 + K_{2(8)} \cdot X_8 + K_{2(9)} \cdot X_9 + K_{2(10)} \cdot X_{10} \quad (2)$$

де Y — функціональне значення для вказаної потужності з урахуванням факторів та вагових коефіцієнтів;

$K_{1(i)}$  та  $K_{2(i)}$  — вагові коефіцієнти;

$X_{(1-10)}$  — фактори впливу.

На підставі отриманих даних було виведено функціональну залежність, представлену рівняннями (3) та (4):

$$Y_{P>30\text{кВт}} = 0,172X_1 + 0,135X_2 + 0,124X_3 + 0,155X_4 + 0,115X_5 + 0,107X_6 + 0,101X_7 + 0,095X_{10} \quad (3),$$

$$Y_{P<30\text{кВт}} = 0,171X_1 + 0,136X_2 + 0,176X_4 + 0,132X_5 + 0,129X_6 + 0,137X_7 + 0,121X_9 \quad (4).$$

Графічну інтерпретацію впливу досліджених факторів на розвиток сонячної фотоелектричної енергетики подано на рисунку 2.

Проведене дослідження показало, що найбільш важливим фактором для збільшення кількості та підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій потужністю більше 30 кВт є тарифне державне регулювання, в той час, як для розвитку сонячних електростанцій потужністю менше 30 кВт — зниження вартості технологій. Також важливим фактором для розвитку СЕС потужністю як більше 30 кВт, так і менше 30 кВт, є нетарифне державне регулювання, яке включає в себе заходи державної політики країни в даній сфері, зокрема затвердження законів, які полегшують реалізацію проектів встановлення СЕС.

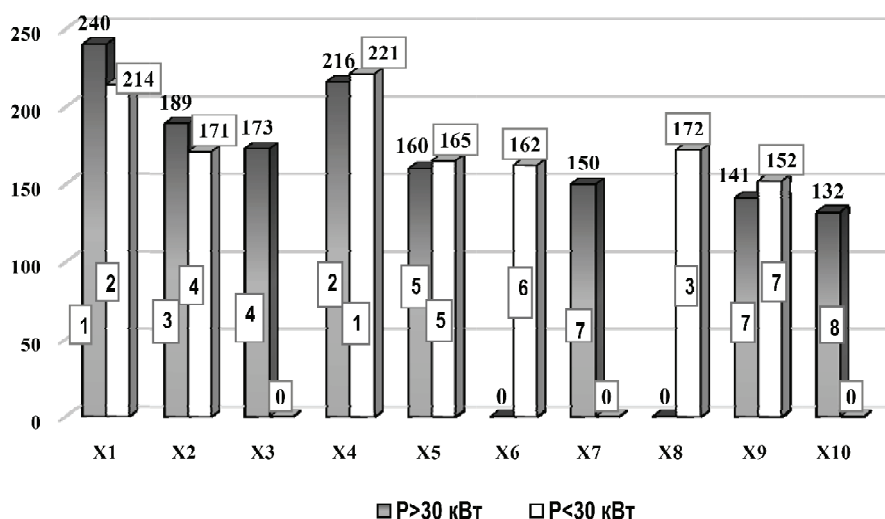
Фактор рівня надійності та пропускної здатності електричної мережі має вплив тільки на розвиток СЕС потужністю до 30 кВт. Потужніші електростанції підключаються до високовольтних ліній електропередачі, які є більш надійними, тому вказаний фактор не чинить значного впливу на їх діяльність. Нестабільність та нерівномірність напруги в лініях електропередачі, які розташовані в обласних, районних центрах, селах є значною проблемою для фотоелектричних станцій домогосподарств.

Соціальний фактор також відіграє більшу роль для розвитку СЕС потужністю до 30 кВт. Окрім того, що такі СЕС можуть задовольняти локальні потреби в електроенергії, вони дають можливість одержувати додатковий дохід їх власникам — домогосподарствам, що позитивно впливає на їх матеріальний стан та соціальний статус.

Найменшим впливовими факторами для розвитку всіх СЕС незалежно від потужності виявились стан клімату та екології.

### ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ЦЬОМУ НАПРЯМІ

В умовах виснаження запасів викопних видів ресурсів все більшої актуальності набуває альтернативна енергетика, однією з галузей якої є сонячна. На сучасному етапі найбільш динамічно розвивається саме вона. У зв'язку з цим важливо дослідити фактори, що впливають на можливості розвитку та ефективність функціонування сонячних електростанцій. У ході дослідження було ідентифіковано у якості значущих такі групи факторів: економічні (державне тарифне регулювання, державне нетарифне регулювання, лібералізація будівництва), техніко-технологічні (зниження вартості технологій, зростання ефективності елементів СЕС, рівень надійності та пропускної



де  $X_1$  — державне регулювання (тарифне);  $X_2$  — державне регулювання (нетарифне);  $X_3$  — державне регулювання (лібералізація будівництва);  $X_4$  — зниження вартості технологій;  $X_5$  — зростання ефективності елементів СЕС;  $X_6$  — рівень надійності та пропускної здатності електричних мереж;  $X_7$  — логістика;  $X_8$  — соціальний фактор;  $X_9$  — кліматичний фактор;  $X_{10}$  — екологічний фактор.

**Рис. 2. Вплив факторів на розвиток сонячної фотоелектричної енергетики за оцінкою експертів**

Джерело: розроблено авторами.

здатності електричних мереж, логістика), соціо-еколого-кліматичні фактори.

Для СЕС потужністю більше 30 кВт значущими виявились такі фактори, як тарифне державне регулювання, нетарифне державне регулювання, для СЕС потужністю менше 30 кВт — нетарифне державне регулювання, рівень надійності та пропускної здатності електричної мережі та соціальний фактор. Еколого-кліматичні фактори не здійснюють значного впливу на розвиток СЕС будь-якої потужності. Перспективи подальших досліджень полягають у формуванні та реалізації довгострокової стратегії розвитку сонячної енергетики, яка забезпечить ефективну диверсифікацію енергоресурсів і подальший розвиток економіки України.

#### Література:

1. Прогнозний баланс електроенергії об'єднаної електроенергетичної системи України на 2019 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245354826&cat\\_id=245183250](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245354826&cat_id=245183250)
2. Кудря С.О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Вісник Національної академії наук України. 2015. № 12. С. 19—26. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu\\_2015\\_12\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2015_12_6)
3. Касич А.О., Литвиненко Я.О., Мельничук П.С. Альтернативна енергетика: світовий та вітчизняний досвід. Наукові записки. Серія "Економіка": збірник наукових праць, Острог: Видавництво національного університету "Острозька академія", 2013. Вип. 23. С. 43—47.
4. Сохацька О. М., Стрельбіцька Н.Є. Сучасні тенденції на світовому ринку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії. Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2011. № 11. С. 38—52. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eeee\\_2011\\_11\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/eeee_2011_11_7)

5. Адаменко Я.О., Архипова Л.М., Москальчук Н.М. Методика екологічної оцінки використання відновлюваних джерел енергії. Екологічна безпека. 2015. Вип. 2. С. 37—42. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2015_2_8)

6. Денисов В.А., Іваненко Н.П., Чуприна Л.В. Оцінки собівартості та можливих обсягів виробництва електроенергії сонячними електростанціями в Україні. Проблеми загальної енергетики. 2012. Вип. 3. С. 45—52. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE\\_2012\\_3\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2012_3_10)

7. Ташеев Ю.В. Факторы, влияющие на инновационное развитие солнечной электроэнергетики на предприятиях. Инновации в економіці: всеукраїнська науково-практична online конференції аспірантів, молодих учених та студентів, м. Житомир, 16 травня 2014 року: тези доповіді. ЖДТУ, 2014. С. 111—112.

8. Маляренко В.А., Галетич І.К., Вергелес Ю.І. Відновлювані джерела енергії для Харківської області: сучасний стан, тенденції. Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2012. № 7. С. 36—43. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee\\_2012\\_7\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_7_7)

9. Возняк О.Т., Янів М.Є. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2010. № 664. С. 7—10.

10. Стратегія адаптації до зміни клімату сільського, лісового та рибного господарств України до 2030 року. URL: <https://u.to/JHVAfG>

11. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р. Розпорядження КМУ №902-р від 01.10.2014р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>

12. Трофименко О.О., Войтко С.В. Функціонування, стратегічний розвиток і регулювання у відновлювальній енергетики. М-во освіти та науки НТУУ "КПІ". Київ, 2014. 178 с.

13. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України "Дорожня карта розвитку сонячної енергетики на період до 2020 року". URL: <https://saee.gov.ua/uk/regulations>

14. Про внесення до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України №2712-VIII від 25.04.2019 URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19>

#### References:

1. The official site of Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine (2019), "The forecast balance of electricity of the unified electricity system of Ukraine for 2019", available at: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245354826&cat\\_id=245183250](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245354826&cat_id=245183250) (Accessed 2 Sep 2019).

2. Kudria, S. O. (2015), "Status and prospects of renewable energy development in Ukraine", Visnyk Natsional'noi akademii nauk Ukrainy, vol. 12, pp. 19—26, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu\\_2015\\_12\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2015_12_6) (Accessed 2 Sep 2019).

3. Kasych, A.O. Lytvynenko, Ya. O. and Mel'nychuk, P. S. (2013), "Alternative energy: world and domestic experience", Naukovi zapysky. Seriya "Ekonomika": zbirnyk naukovykh prats', vol. 23, pp. 43—47.

4. Sokhats'ka, O. M. and Strel'bits'ka, N. Ye. (2011), "Current trends in the world market of non-traditional and renewable energy sources", Enerhosberezhenye. Enerhetyka. Enerhoaudyt, vol. 11, pp. 38—52, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee\\_2011\\_11\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2011_11_7) (Accessed 2 Sep 2019).

5. Adamenko, Ya. O. Arkhypova, L. M. and Moskal'chuk, N. M. (2015), "Methods of ecological assessment of the use of renewable energy sources", Ekologichna bezpeka, vol. 2, pp. 37—42, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez\\_2015\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2015_2_8) (Accessed 2 Sep 2019).

6. Denysov, V. A. Ivanenko, N. P. and Chupryna, L. V. (2012), "Estimation of cost and possible volumes of electricity production by solar power plants in Ukraine", Problemy zahal'noi enerhetyky, [Online], vol. 3, pp. 45-52, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE\\_2012\\_3\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2012_3_10) (Accessed 2 Sep 2019).

7. Tascheev, Yu. V. (2014), "Factors influencing the innovative development of solar electricity in enterprises", Materialy vseukrains'koi naukovopraktychnoi online konferentsii aspirantiv, molodykh uchenykh ta studentiv. Innovatsii v ekonomitsi [Materials of the All-Ukrainian scientific-practical online conference of postgraduate students, young scientists and students. Innovation in Economics], Zhytomyr, Ukraine, 16 May, pp. 111—112.

8. Maliarenko, V. A. Haletych, I. K. and Verheles, Yu. I. (2012), "Renewable energy sources for Kharkiv region: current state, trends", Enerhosberezhenye. Enerhetyka. Enerhoaudyt, vol.7, pp. 36—43, available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee\\_2012\\_7\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_7_7) (Accessed 2 Sep 2019).

9. Vozniak, O. T. and Yaniv, M. Ye. (2010), "Solar energy potential and prospects for its use in Ukraine", Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika", vol. 664, pp. 7—10.

10. The official site of Ukrainian Association of Hunters and users of hunting grounds (2019), "Strategy of adaptation of agriculture, forestry and fishery to climate change in Ukraine by 2030", available at: <https://u.to/JHVAfG> (Accessed 2 Sep 2019).

11. The official site of Cabinet of Ministers of Ukraine (2014), "National Renewable Energy Action Plan for 2020", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80> (Accessed 2 Sep 2019).

12. Trofymenko, O.O. and Vojtko S.V. (2014), Funktsionuvannia, stratehichnyy rozvytok i rehuliuivannia u vidnovliuvai'noi enerhetyky [Functioning, strategic development and regulation in renewable energy], Vydavnytstvo NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine.

13. The official site of State Agency Of Energy Efficiency And Energy Saving of Ukraine (2015), "Road map of solar energy development by 2020", available at: <https://saee.gov.ua/uk/regulations> (Accessed 2 Sep 2019).

14. The Verkhovna Rada of Ukraine (2019), The Law of Ukraine "On Amendments to Some Laws of Ukraine on Ensuring Competitive Conditions for The Generation of Electricity from Alternative Energy Sources", available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19> (Accessed 2 Sep 2019).

Стаття надійшла до редакції 10.09.2019 р.