

УДК 551.580

МОНІТОРИНГ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

Л. С. Рибченко, канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.,
С. В. Савчук, наук. співроб.

*Український гідрометеорологічний інститут,
пр. Науки, 37, 03028, Київ, Україна, L.S.Rybchenko@gmail.com*

Внаслідок політичних, економічних та екологічних негараздів в Україні актуальним є кліматичне обґрунтування можливості використання природного потенціалу відновлювальних джерел енергії, рентабельності сонячних енергетичних установок. Мета роботи – оцінка геліоенергетичного потенціалу та перспектив розвитку геліоенергетики. Методом математичної статистики розраховано внесок прямої сонячної радіації в склад сумарної за радіаційно-теплий період. Наведені спеціалізовані показники геліоенергетичних кліматичних ресурсів за 1961-1990 рр., і 1991-2015 рр. Збільшення кліматичних ресурсів сонячної радіації у 1991-2015 рр. відносно 1961-1990 рр.; та складових радіаційного режиму у 2001-2015 рр. відносно 1991-2000 рр. засвідчує доцільність використання геліоенергетичних ресурсів. Високим є потенціал сонячної радіації у геліоенергетиці у Криму, Степу, східному Лісостепу, окремих районах Полісся.

Ключові слова: геліоенергетичні ресурси; спеціалізовані показники геліоенергетичних ресурсів; пряма і сумарна сонячна радіація; тривалість сонячного сьйва.

1. ВСТУП

Використання природних ресурсів може забезпечувати надійність та стійкість роботи окремих галузей економіки та життєдіяльності населення країни. Сучасне оцінювання змін клімату зумовлює необхідність проведення моніторингу кліматичних ресурсів сонячної радіації, як одного з відновлюваних джерел енергії.

Мета дослідження – визначити потенціал геліоенергетичних ресурсів для можливості запровадження системи технічних установок та отримання електричної енергії протягом радіаційно-теплого періоду (квітень-вересень).

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Кліматичні ресурси сонячної енергії вже традиційно використовуються для виробництва електричної енергії у Скандинавії, Німеччині, Данії та інших країнах Західної та Східної Європи, як один із важливих чинників сучасної енергетики, що виробляє подекуди близько 20 % електроенергії [1-4; 5; 6; 7]. В нашій країні геліоенергетика досліджувалась рядом науковців і в теперішніх умовах розглядається, як природний потенціал сталого розвитку енергетичної незалежності [8; 9; 10; 11-12; 13-15]. Так, на початку жовтня 2016 р. у Черкаській області запрацювала електрична станція на сонячних батареях, що подає енергію для населених пунктів і сільськогосподарських підприємств та у подальшому буде розвиватись і нарощувати потенціал. На території Вінницької області успішно розвива-

ється геліоенергетика для потреб населення і промисловості та знаходить підтримку у місцевих органах влади.

3. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вхідні фактичні дані спостережень за тривалістю сонячного сьйва та потоками короткохвильової радіації (прямої, розсіяної та сумарної) отримано на актинометричній та метеорологічній мережі Держкомгідромету за 1991-2015 рр. Дані щодо кліматологічної стандартної норми за 1961-1990 рр. отримано з «Кліматичного кадастру України»: стандартні кліматичні норми за період 1961-1990 рр» [16]. В роботі використано методи математичної статистики.

4. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Комплекс геофізичних параметрів зумовлює режим роботи сонячних енергетичних установок (СЕУ) для визначення енергетичного потенціалу з використанням параметрів, що враховують хронологічний постійний хід сонячної радіації та її мінливість у часі внаслідок впливу атмосферних явищ.

Вирішення спроможності роботи сонячних енергетичних систем проводять за спеціалізованими показниками кліматичних ресурсів, що виявились достатніми для розвитку геліоенергетики в Україні [17].

Головною складовою радіаційного балансу для розрахунку геліоенергетичного потенціалу є сумарна сонячна радіація (табл. 1, 2).

Таблиця 1 - Показники геліоенергетичних ресурсів. 1961-1990 рр.

СТАНЦІЯ	Річна сума сумарної радіації на горизонтальну поверхню, МДж / м ²	Річна сума прямої радіації на горизонтальну поверхню, МДж / м ²	Річна тривалість сонячного сьйва, год	Середня добова сума сумарної радіації за радіаційно-теплий період, МДж / м ²	Кількість днів без Сонця, дні	Внесок сумарної радіації за радіаційно-теплий період у річну суму, %
Покошичі	3810	1725	1830	16,43	102	79
Конотоп	3730	1795	1850	17,88	98	79
Ковель	3540	1554	1810	17,93	91	77
Бориспіль	4250	2060	1930	17,87	91	77
Нова Ушиця	3770	1755	1850	15,73	88	76
Полтава	4120	2150	2050	17,14	89	76
Велико-Анадоль	4140	2135	1990	17,03	86	75
Міжгір'я	3250	1235	1520	10,77	96	73
Берегове	3870	1790	1890	16,20	89	76
Одеса	4490	2435	2165	18,84	75	77
Болград	4770	2510	2220	19,36	67	74
Херсон	4440	2260	2210	18,60	70	77
Асканія Нова	4560	2350	2190	18,74	74	75
Карадаг	4780	2620	–	19,53	–	75
Нікітський Сад	4670	2700	2300	19,12	47	75

Таблиця 2 - Внесок прямої радіації у сумарну. 1961-1990 рр.

СТАНЦІЯ	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Покошичі	43	49	49	48	50	51
Конотоп	47	51	52	51	53	51
Ковель	42	48	48	46	50	44
Бориспіль	46	51	53	52	56	52
Нова Ушиця	44	49	49	50	53	52
Полтава	49	57	55	59	59	58
Велико-Анадоль	46	52	54	55	57	57
Міжгір'я	36	38	36	40	43	40
Берегове	44	48	49	49	51	49
Одеса	51	57	58	60	61	59
Болград	49	54	56	57	58	58
Херсон	46	52	52	49	59	58
Асканія Нова	46	54	57	56	59	58
Карадаг	49	55	60	60	61	61
Нікітський Сад	53	57	62	63	64	64

Вона застосовується для оцінки показників у геліоенергетиці. Тривалість сонячного сьйва, як важлива характеристика радіаційного режиму, є ресурсним критерієм окремих територій. Аналіз найбільш значущих параметрів геліоенергетики зумовлює розвиток енергетичної спроможності на значній частині території України.

Проведені розрахунки за період 1961-1990 рр. показали перспективність застосування геліоенергетичних станцій на півдні степової зони та на морському узбережжі [9].

Відбувалось подальше збільшення потенціалу геліоенергетичних ресурсів внаслідок зростання сумарної сонячної радіації за радіаційно-теплий період відносно річної суми та тривало-

сті сонячного сьйва у кінці ХХ ст. і на початку ХХІ ст. за 1991-2015 рр. (табл. 3).

За 1991-2015 рр. збільшився внесок прямої радіації у складі сумарної за радіаційно-теплий період, що перевищує 40 % у середині весни. Починаючи з травня він зростає до 50 %, а у літні місяці досягає 60 % і вище на півдні та в Криму (табл. 4). Застосування геліоенергетики стало можливим у степовій і східній частині лісостепової зони.

На початку ХХІ ст. (2001-2015 рр.) збільшилась пряма радіація та її внесок у сумарну. Розрахунки показали зростання прямої радіації до 50 % і більше у складі сумарної, що стало важливим показником підвищення перспективи

Таблиця 3 - Показники ґеліоенергетичних ресурсів. 1991-2015 рр.

СТАНЦІЯ	Річна сума сумарної радіації на горизонтальну поверхню, МДж / м ²	Річна сума прямої радіації на горизонтальну поверхню, МДж / м ²	Річна тривалість сонячного саява, год	Внесок сумарної радіації за радіаційно-теплий період у річну суму, %
Покошичі	3946	1999	1916	81
Конотоп	3871	2098	1942	80
Ковель	3603	1654	1866	79
Бориспіль	3682	1849	2037	79
Нова Ушиця	3635	1789	1951	77
Полтава	4132	2202	2016	79
Міжгір'я	3115	1390	1608	75
Берегове	3789	1827	1987	75
Одеса	4600	2679	2306	77
Болград	4663	2655	2323	76
Херсон	4531	2557	—	77
Асканія Нова	4130	2188	2269	76
Карадаг	4854	2851	2371	75
Нікітський Сад	4739	2875	2305	75
Ай-Петрі	—	—	2257	—
Луганськ	—	—	2074	—
Дебальцеве	—	—	2046	—

Таблиця 4 - Внесок прямої радіації у сумарну (%). 1991-2015 рр.

СТАНЦІЯ	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Покошичі	48	55	56	57	56	53
Конотоп	52	58	59	60	59	55
Ковель	45	50	51	51	52	46
Бориспіль	48	54	54	57	56	52
Нова Ушиця	48	53	54	54	54	51
Полтава	48	57	58	59	59	60
Міжгір'я	43	47	48	51	51	46
Берегове	56	52	55	55	57	50
Одеса	55	62	64	65	66	61
Болград	52	58	62	64	62	59
Херсон	53	60	61	63	63	60
Асканія Нова	51	56	56	60	59	56
Карадаг	54	62	63	67	66	63
Нікітський Сад	55	63	65	69	69	65

Таблиця 5 - Внесок прямої радіації у сумарну (%). 2001-2015 рр.

СТАНЦІЯ	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
Покошичі	50	57	58	59	58	54
Конотоп	54	61	60	61	60	55
Ковель	50	52	52	54	55	50
Бориспіль	51	54	57	59	58	54
Нова Ушиця	51	54	54	56	55	54
Полтава	51	59	59	60	60	63
Міжгір'я	47	49	47	52	56	48
Берегове	48	51	56	56	61	51
Одеса	57	63	66	66	67	61
Болград	55	61	63	65	63	59
Херсон	57	62	63	66	66	62
Асканія Нова	49	57	55	60	60	54
Карадаг	55	64	66	69	69	64
Нікітський Сад	59	65	67	70	71	64

геліоенергетичних станцій для більшої частини території (табл. 5).

За даними розподілу річної суми сумарної радіації за 2001-2015 рр. перспективною для геліоенергетики можна вважати значну частину території країни, де сумарна радіація перевищує 4000 МДж / м². На півдні та у Криму сумарна радіація наближається до максимальних значень геліоенергетичних ресурсів (рис. 1).

За рис. 2 тривалість сонячного сяйва вище 2000 год / рік свідчить про перспективність що-

до рентабельності використання СЕУ у Криму, Степу, Східному Лісостепу, окремих районах Полісся, крайньому Закарпатті.

За співставленням з висновками зробленими в останніх публікаціях [17], ця територія розширилась на північ відносно попередніх років, займаючи майже все Правобережжя України. Територію західного Лісостепу із значеннями тривалості сонячного сяйва вище 1850 год. можна вважати наближеною до них. Передкарпаття,

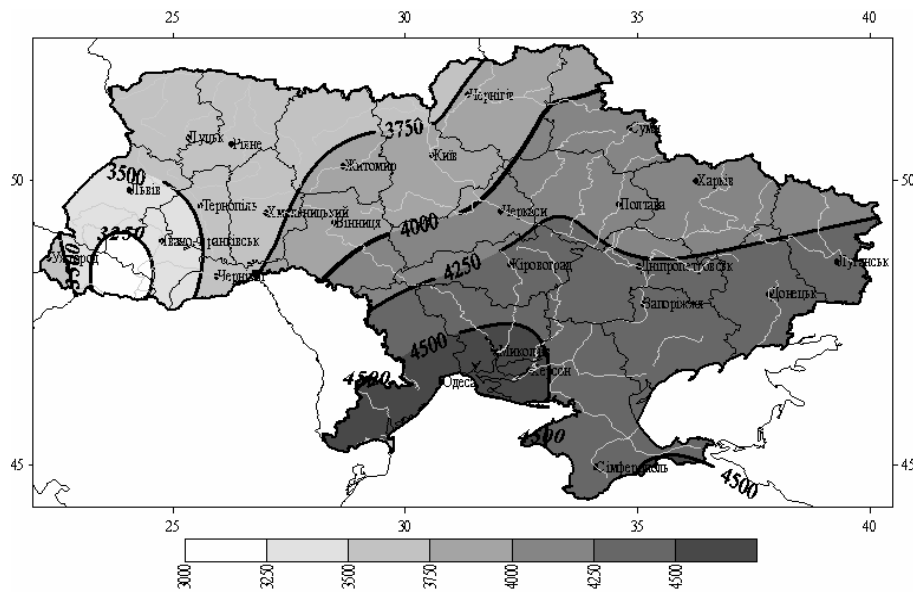


Рис. 1 – Річна сумарна сонячна радіація (МДж / м²). 2001 - 2015 рр.

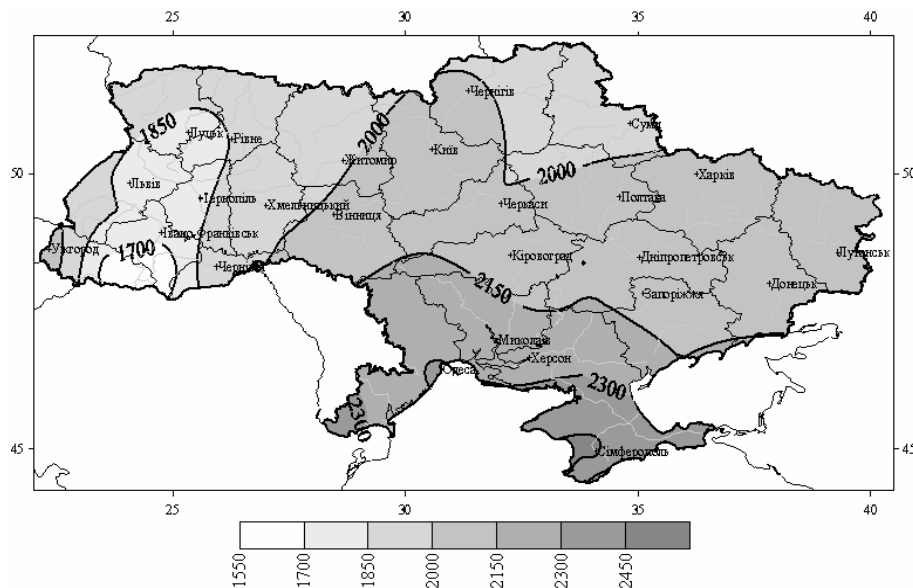


Рис. 2 – Річна тривалість сонячного сяйва (год). 2001 - 2014 рр.

деякі межуючі райони західних областей і гірських районів Українських Карпат є територіями обмеженими, щодо запровадження СЕУ.

5. ВИСНОВКИ

За період 1991-2015 рр. відмічалось збільшення кліматичних ресурсів сонячної радіації відносно кліматологічної стандартної норми 1961-1990 рр. За 2001-2015 рр. річна сума прямої та сумарної сонячної радіації підвищилась відносно 1991-2000 рр. ще більше. Відмічено зростання тривалості сонячного сьйва. У потоці сумарної радіації спостерігалось зростання прямої радіації, що характеризує потенціал конкурентоспроможності запровадження геліоенергетики. Ресурси сонячної радіації не мають негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Перспективи для використання сонячної радіації у геліоенергетиці підтверджуються високим потенціалом на території Криму, Степу, на сході Лісостепу та навіть в окремих районах Полісся. За тривалістю сонячного сьйва ця територія розширилась на північ відносно попередніх років. Обмеження, щодо впровадження, стосуються західного Лісостепу та гірських районів Українських Карпат. Моніторинг сонячної радіації на початку ХХІ сторіччя засвідчує зростання потенціалу геліоенергетичних ресурсів в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Абакумова Г. М., Горбаренко Е. В., Незваль Е. И., Шилова О. А. Климатические ресурсы солнечной энергии Московского региона. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 312 с.
- Атлас энергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. / К.: Ін-т. возобновляемой энергетики НАНУ, 2005. 44 с.
- Атласы теплового и солнечного климатов России / под ред. М. М. Борисенко, В. В. Стадник. СПб.: Изд. ГГО, 1997. 173 с.
- Берлянд Т. Г., Стадник В. В. Климатические исследования радиационного и теплового баланса Земли // Современные исследования Главной геофизической обсерватории. СПб., 2001. Т. 2. С. 273-296.
- Дзензерский В. А. Перспективы развития солнечной электроэнергетики в Украине // Наука та інновації. 2007. № 3. С. 36-42.
- Пивоварова З. И. Разработка климатических параметров для оценки потенциальных ресурсов энергии солнечной радиации на территории СССР // Материалы XII совещания по актинометрии. Иркутск, 1984. С. 57-61.
- Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под. ред. Н. В. Кобышевой, К. Ш. Хайруллина. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 319 с.
- Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України. К.: Наук. думка, 1967. 132 с.
- Дмитренко Л. В. Геліоенергетичні ресурси // в кн. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Вид. Раєвського, 2003. С. 267-274.
- Дмитренко Л. В., Барандіч С. Л. Оцінка кліматичних ресурсів сонячної енергії в Україні // Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 121-129.
- Кудря Т. С., Резцов В. Ф., Суржик Т. В. Деякі особливості трансформації енергії сонячного випромінювання в елементах сонячних колекторів і фотобатарей // Доповіді НАН України. 2005. № 3. С. 88-92.
- Мхитарян Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. К.: Наук. думка, 1999. 314 с.
- Селихов Ю. А., Коцаренко В. А. Оценка эффективности теплоэнергетического преобразования солнечных коллекторов // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2006. № 1. С. 8-12.
- Сухин Е. И. Нетрадиционная энергетика в обеспечении экономической безопасности государства. К.: Знання України, 2004. 299 с.
- Щокін А. Р. Рішення та Директиви Європейського Союзу щодо створення сприятливих умов використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, які необхідно враховувати на шляху України до вступу у Європейський Союз // Енергоефективність-2005: 36. наук. пр. Міжнар. наук.-техн. конф., м. Одеса, 14 жовтня 2005 р. Одеса, 2005. С. 22-28.
- Кліматичний кадастр України: у 6 частинах. Ч. 1: Сонячна радіація та сонячне сьйво / Київ: УкрНДГМІ; ЦГО, 2006. Ч. 1. 136 с.
- Рибченко Л. С., Савчук С. В. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні // Український географічний журнал. 2015. № 4. С. 16-23.

REFERENCES

- Abakumova G. M., Gorbarenko Ye. V., Nezval Ye. I., Shilovtseva O. A. *Klimaticheskie resursy solnechnoy energii Moskovskogo regiona* [Climatic resources of solar energy in the Moscow region]. Moscow: Knizhny dom LIBROKOM, 2012. 312 p.
- Atlas of the energy potential of renewable and alternative energy sources*. Kiev: Institute of renewable energy of NASU, 2005. 44 p. (In Ukrainian)
- Atlases of heat and sunny climates in Russia*. St. Petersburg: Publ. MGO, 1997. 173 p. (Ed.: M. M. Borisenko, V. V. Stadnik). (In Russian)
- Berliand T. G., Stadnik V. V. Climatic studies of radiation and heat Earth balance. *Sovremennye issledovaniya Glavnoy geofizicheskoy observatorii* [Modern research Main Geophysical Observatory]. St. Petersburg, 2001, Vol. 2, pp. 273-296. (In Russian)
- Dzenzerskii V. A. Prospects of solar power development in Ukraine. *Nauka ta innovatsiyi - Science and innovations*, 2007, no. 3, pp. 36-42. (In Russian)
- Pivovarova Z. I. Development of climatic parameters for potential solar radiation energy resources evaluation on the territory of the USSR. *Materialy XII soveshchaniya po aktinometrii* [Proceedings of XII conference on actinometry]. Irkutsk, 1984, pp. 57-61. (In Russian)
- Kobysheva N. V., Khairullin K. S. (Eds). *Entsiklopediya klimaticheskikh resursov Rossiyskoy Federatsii* [Encyclopedia of the Russian Federation climatic resources]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2005, 319 p.
- Volevakha M. M., Goisa M. I. *Enerhetychni resursy klimatu Ukrayiny* [Energy resources of Ukraine climate]. Kyiv: Naukova Dumka, 1967. 132 p.

9. Lipinskiy V. M., Dyachuk V. A., Babichenko V. M. (Eds). *Klimat Ukrainy* [Climate of Ukraine]. Kyiv: Rayevs'kyy Publ., 2003. 343 p.
10. Dmytrenko L. V., Barandich S. L. Assessment of solar power climatic resources in Ukraine. *Naukovi pratsi UkrNDHMI - Scientific papers the UkrSRHI*, 2007, issue 256, pp. 121-129. (In Ukrainian).
11. Kudria T. S., Reztsov V. F., Surzhyk T. V. Some features of solar energy transformation in the elements of solar collectors and solar batteries. *Dopovidi NAN Ukrainy - Reports of the NAS of Ukraine*, 2005, issue 3, pp. 88-92. (In Ukrainian)
12. Mkhitarian N. M. *Energetika netraditsionnykh i vobnovlyaemykh istochnikov* [Alternative and renewable energy sources]. Kiev: Naukova Dumka, 1999. 314 p.
13. Selikhov Yu. A., Kotsarenko V. A. Evaluation of the solar collectors' thermal energy conversion effectiveness. *Eko-tehnologii i resursoberezhennie - Ecological technologies and resource conservation*, 2006, issue 1, pp. 8-12. (In Russian)
14. Sukhin Ye. I. *Netraditsionnaya energetika v obespechenii ekonomicheskoy bezopasnosti gosudarstva* [Alternative energy in the state economic security provision]. Kiev: Znania Ukraini, 2004. 299 p.
15. Shchokin A. R. Decisions and Directives of the European Union to create favorable conditions for energy produced from renewable energy sources use that must be considered on the Ukraine's way to join the European Union. *Zbirnyk naukovykh prats' Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi "Enerhoefektyvnist'-2005", misto Odesa, 14 zhovtnya 2005 roku* [Proceedings of the International Scientific Conference "Energy efficiency-2005" city Odessa, October 14, 2005]. Odesa, 2005, p. 22-28. (In Ukrainian)
16. *Climate cadastre Ukraine: 6 parts. Part 1: Solar radiation and sunshine*. Kyiv: USRHMI; CGO, 2006. 136 p. (In Ukrainian)
17. Rybchenko L. S., Savchuk S. V. Potential of helioenergetic and climatic resources of solar radiation in Ukraine. *Ukrayins'kyy heohrafichnyy zhurnal - Ukrainian Geographical Journal*, 2015, issue 4, pp. 16-23. (in Ukrainian)

MONITORING THE SOLAR ENERGY RESOURCES OF UKRAINE

L. S. Rybchenko, Cand. Sci. (Geogr.), senior research fellow

S. V. Savchuk, research fellow

Ukrainian Hydrometeorological Institute,

37, Nauki Ave., 03028 Kyiv, Ukraine, L-Rybchenko@yandex.ru

Amid political and, consequently, economic and environmental problems engulfing Ukraine one of the today's challenges consists in studying the possibility of use of natural potential of renewable energy sources. Resources of solar radiation have no negative impact on the natural environment and human activity. Therefore development of helioenergetics and at the same time climatic substantiation of solar power plants use research become more and more important. The purpose of this article is to evaluate of the solar radiation potential opportunities for implementation of technical innovations within the territory of Ukraine and to identify prospects of helioenergetics development. Special indicators of solar radiation components for 1961-1990 s are showed. Using the method of mathematical statistics we defined a value of direct solar radiation contribution forming a part of the total radiation for the warm season (April-September). During the period of 1991-2015 an increase of solar radiation climatic resources relative to climatological standard norm of 1961-1990 was revealed. Over 2001-2015 annual direct and total solar radiation values increased even more in comparison to 1991-2000. Increase of duration of sunshine was also observed. Due to changes of radiation characteristics special indicators of solar for 1991-2015 were specified. The prospects of solar radiation use in helioenergetics proved their feasibility in Crimea, steppe zone, eastern part of forest-steppe zone and even in some parts of Polissya. Comparing to previous years, in terms of sunshine duration over 2000 hours per annum the territory expanded northward. Restrictions on innovations implementation apply to western forest-steppe zone and mountainous areas of Ukrainian Carpathians. Increase of solar radiation regime components determining the feasibility of solar power energy resources form the basis for their countrywide use.

Keywords: solar energy climatic resources; special indicators the solar energy resources; direct and total solar radiation; duration sunshine

МОНИТОРИНГ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ

Л. С. Рыбченко, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр.,
С. В. Савчук, науч. сотр.

*Украинский гидрометеорологический институт,
пр. Науки, 37, 03028, Киев, Украина, L-Rybchenko@yandex.ru*

Вследствие политических, экономических и экологических проблем в Украине актуальным является климатическое обоснование возможности использования природного потенциала возобновляемых источников энергии, рентабельности солнечных энергетических установок. Цель работы – оценка гелиоэнергетического потенциала и перспектив развития гелиоэнергетики. Методом математической статистики рассчитан вклад прямой солнечной радиации в состав суммарной за радиационно-теплый период. Приведены специализированные показатели гелиоэнергетических климатических ресурсов за 1961-1990 гг. и 1991-2015 гг. Увеличение климатических ресурсов солнечной радиации в 1991-2015 гг. относительно 1961-1990 гг.; и составляющих радиационного режима в 2001-2015 гг. относительно 1991-2000 гг. свидетельствует о целесообразности использования гелиоэнергетических ресурсов. Высок потенциал солнечной радиации в гелиоэнергетике в Крыму, Степи, восточной Лесостепи, отдельных районах Полесья.

Ключевые слова: гелиоэнергетические ресурсы; специализированные показатели солнечных энергетических ресурсов; прямая и суммарная солнечная радиация; продолжительность солнечного сияния.

Дата першого подання: 27. 03. 2017

Дата надходження остаточної версії: 16. 05. 2017

Дата публікації статті: 29. 06. 2017