

DOI: 10.26565/2075-1893-2024-40-06
УДК: 620.91:551.521.9(477)»1990/2020»

Людмила Рибченко*

к. геогр. наук, старший науковий співробітник лабораторії прикладної кліматології відділу прикладної метеорології та кліматології; e-mail: L.S.Rybchenko@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0007-6517-3630>

Світлана Савчук*

науковий співробітник лабораторії прикладної кліматології відділу прикладної метеорології та кліматології; e-mail: SvetlanaSVS120676@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0007-7861-9419>

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, проспект Науки, 37, м. Київ, 03028, Україна

Геліоенергетичні ресурси України за 1990 - 2020 рр.

Метою даної статті є оцінка потенціалу геліоенергетичних ресурсів України для визначення перспектив застосування природних джерел енергії за 1991 - 2020 рр.

Основний матеріал. В умовах сучасної зміни клімату важливого значення набуває енергетична незалежність нашої держави з використанням альтернативних відновлюваних джерел енергії, що визначають економічну доцільність їх застосування в енергопозалежних галузях економіки та різних сферах діяльності людства.

Для цього сформована база даних окремих складових радіаційного режиму з використанням архіву спостережень метеорологічної й актинометричної мережі Центральної Геофізичної Обсерваторії імені Бориса Срезневського ДСНС України. При отриманні їх просторово-часового розподілу використано методи математичної статистики та картографії.

Представлено спеціалізовані показники кліматичних ресурсів геліоенергетики для окремих актинометричних і метеорологічних станцій країни. Згідно до зміни складових радіаційного режиму наведено значення цих показників за: 1991 - 2000 рр., 2001 - 2010 рр., 2011 - 2020 рр. Визначено внесок прямої сонячної радіації у сумарну за квітень - вересень, внесок сумарної радіації за квітень - вересень у річну суму. На основі моніторингу потоків короткохвильової радіації представлено збільшення тривалості сонячного сяйва та сумарної сонячної радіації протягом періоду дослідження. Наведено їх просторово-часовий розподіл і встановлено можливості запровадження ресурсів геліоенергетики за умов зростання річної суми тривалості сонячного сяйва вище 2000 год і річної суми сумарної сонячної радіації понад 4000 МДж / м².

Висновки. У статті отримано поступове зростання потенціалу ресурсів геліоенергетики в Україні.

Ключові слова: геліоенергетичні ресурси, складові радіаційного режиму.

Як цитувати: Рибченко Л., Савчук С. Геліоенергетичні ресурси України за 1990 – 2020 рр. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2024. Вип. 40. С. 51–57. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2024-40-06>

In cites: Rybchenko, L., Savchuk, S. (2024). Solar energy resources of Ukraine for 1990 – 2020. *The problems of continuous geographical education and cartography*, (40), 51–57. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2024-40-06> (in Ukrainian)

Вступ. Динамічний розвиток світового господарства в умовах глобалізації визначає ріст попиту на різні ресурси, зокрема нетрадиційні. Актуальною є проблема обмеження запасів, територіальної нерівномірності енергетичних ресурсів. Для сталого розвитку енергозалежних галузей економіки стратегічний характер має енергоощадність, відновлювальні джерела енергії. Енергетична незалежність зумовлена розвитком геліоенергетики, вітроенергетики, гідроенергетики, задіяння біомаси, заснованих на природному потенціалі. Сонячна радіація не шкодить довкіллю, є кліматичним ресурсом, що вивчають в Європі, Америці, світі. Вона застосовується у Західній, Східній Європі (Норвегії, Швеції, Фінляндії, Німеччині, Данії тощо), становить коло 20 % електричної енергії. До вивчення складових радіаційного режиму залучено геостаціонарні та полярні орбітальні супутники. В альтернативній енергетиці, перспективі її впровадження зацікавлені виробники технологій [1-4, 6].

Вихідні передумови. Рентабельність сонячних енергетичних установок (СЕУ) визначається режимом і мінливістю комплексу геліофізичних параметрів, зокрема характеристик складових радіаційного режиму. Для оцінки геліоенергетичних ресурсів слугують певні критерії, зокрема сумарної сонячної радіації, тривалості сонячного сяйва (ТСС). За 1991 - 2020 рр. істотно змінилось надходження короткохвильової радіації, через проходження крізь земну атмосферу й атмосферну циркуляцію.

Метою статті є оцінка геліоенергетичного потенціалу України за 1991 - 2020 рр. у радіаційно-теплий період року (квітень - вересень) із визначенням можливості запровадження СЕУ для отримання та накопичення електричної енергії.

Сформована база даних окремих складових радіаційного режиму за архівом метеорологічної й актинометричної мережі ЦГО ім. Бориса Срезневського ДСНС України. При отриманні їх просторово-часового розподілу використано методи математичної статистики та картографії.

Виклад основного матеріалу. Доцільність роботи СЕУ визначають за спеціалізованими показниками кліматичних ресурсів, згідно з якими за сучасний період збільшилась річна ТСС, зокрема середня річна кількість понад 2000 год, і сумарна сонячна радіація, зокрема середня річна понад 4000 МДж / м², середня добова сума сумарної радіації за радіаційно-теплий період року [3]. Істотно зріс внесок прямої сонячної радіації у сумарну та внесок сумарної за квітень - вересень у річну суму, що зумовлює збільшення потенціалу ресурсів геліоенергетики. Зменшення їх потенціалу визначає збільшення: коефіцієнту варіації річних сум сумарної радіації, середньої річної кількості загальної та нижньої хмарності, кількості днів без Сонця.

Для актинометричних і метеорологічних станцій України розраховані найбільш значущі характеристики геліоенергетичних ресурсів, що зумовлюють доцільність запровадження СЕУ в Україні: річні суми прямої та сумарної сонячної радіації, ТСС, внесок сумарної сонячної радіації за радіаційно-теплий період у річну суму (табл.1). В 1991-2020 рр. річна сума сумарної радіації зростає від 3635 МДж / м² на північному заході (Ковель) до 4632 МДж / м² на Південному узбережжі Криму (ПБК) (Карадаг), а на схилах Українських Карпат (Міжгір'я) збільшення хмарності влітку зумовлює її зменшення до 3155 МДж / м². Річна сума прямої радіації варіює від 1723 МДж / м² на північному заході (Ковель) до 2850 МДж / м² на ПБК (Карадаг) і

Таблиця 1 / Table 1

Показники геліоенергетичних ресурсів за 1991 - 2020 рр. в Україні
Indicators of solar energy resources for 1991 - 2020 in Ukraine

| Станція | Річна сума сумарної радіації, МДж / м ² | Річна сума прямої радіації на горизонтальну поверхню, МДж / м ² | Річна ТСС, год | Внесок сумарної радіації за квітень - вересень у річну суму, % |
|----------------|--|--|----------------|--|
| Покошичі | 3886 | 2015 | 1937 | 80 |
| Конотоп | 3898 | 2131 | 1965 | 80 |
| Ковель | 3635 | 1723 | 1871 | 79 |
| Бориспіль | 3745 | 1901 | 2080 | 80 |
| Нова Ушиця | 3689 | 1845 | 1994 | 77 |
| Світловодськ | 4498 | 2707 | 2217 | 80 |
| Полтава | 4170 | 2264 | 2046 | 80 |
| Міжгір'я | 3155 | 1433 | 1627 | 77 |
| Берегове | 3705 | 1764 | 1980 | 76 |
| Одеса | 4599 | 2709 | 2307 | 78 |
| Болград | 4693 | 2724 | 2353 | 76 |
| Херсон | 4604 | 2630 | 2241 | 79 |
| Асканія Нова | 4177 | 2268 | 2304 | 79 |
| Карадаг | 4632 | 2850 | - | 79 |
| Нікітський Сад | 4544 | 2716 | 2305 | 80 |

найменша (1433 МДж / м²) – на південно-західних схилах Українських Карпат (Міжгір'я). ТСС становить 1870 год за рік на північному заході (Ковель), зростаючи до 2305 год у Криму (Нікітський Сад), а у горах Українських Карпат – знижується до 1625 год (Міжгір'я). Внесок сумарної радіації за квітень - вересень у річну суму досить рівномірній територіально та становить від 76 % на Закарпатті (Берегове) до 80 % на більшості країни.

Критерієм рентабельності СЕУ в Україні є річні суми сумарної сонячної радіації вище 4000 МДж/м², прямої – вище 2400 МДж / м², ТСС – понад 2000 год. У 1991 - 2020 рр. істотний внесок сумарної радіації за радіаційно-теплий період у річну суму веде до його значного зростання (майже 80 %). Зростає річна ТСС вище 2000 год. Порівняно з 1961 - 1990 рр. засвідчується розширення площ із їх перевищенням цих критеріїв.

За 3 останні 10-річчя відбувались поступові зміни надходження окремих складових радіаційного режиму: прямої, сумарної сонячної радіації та ТСС майже на всій території. Проте є деяка нестабільність у надходженні найбільш значущих показників геліоенергетики у деяких регіонах (табл.2). На більшості території поступово зростала пряма та сумарна радіація, ТСС із найбільшими значеннями в 2010 - 2020 рр. На півдні Степової зони й у Криму вони збільшуються майже до максимальних значень: 5000 МДж / м² для сумарної і 3000 МДж / м² – для прямої сонячної радіації за рік. Поступово зростає ТСС при максимальному значенні – 2500 год. Істотно впливала на складові радіаційного режиму зміна атмосферної циркуляції, зокрема на Закарпатті (Берегове), де їх надходжен-

ня були дещо нестабільними; проте в Українських Карпатах (Міжгір'я), наближених до Закарпаття, її коливання не вплинули на їх надходження в окремі 10-річчя.

Пряма сонячна радіація – головна складова сумарної. Її коливання дуже впливають на поширення потенціалу геліоенергетики в світі. Вона зростає майже у всій Україні за 1991 - 2020 рр. разом із кількістю ясної, малохмарної погоди зі зміною атмосферної циркуляції [5]. Показником рентабельності СЕУ є поступове зростання внеску прямої радіації у сумарну в країні за місяці радіаційно-теплого періоду року окремих 10-річ 1991 - 2020 рр. і відносно 1961 - 1990 рр. (табл.3). Внесок прямої радіації у сумарну збільшився в 1991 - 2020 рр. щодо 1961 - 1990 рр. за територією від 48 % до 53 %: у квітні він зростає у кожному 10-річчі щодо попереднього та досяг 61 % на півдні; з травня – збільшився до 63 % і влітку досяг 68 % на півдні. Навіть у горах Українських Карпат (Міжгір'я) у квітні-червні він становить 49 % й продовжував підвищуватись, не досягаючи середнього рівня на більшості території через атмосферну циркуляцію зі збільшенням хмарності у весняно-літні місяці. На Закарпатті (Берегове) складались дещо відмінні умови. В окремі місяці цей внесок не відрізнявся стабільним зростанням у деяких регіонах.

За 1991 - 2020 рр. ТСС – характеристика надходження прямої радіації, поступово зростає територією, через збільшення ясної та малохмарної погоди внаслідок особливостей атмосферної циркуляції. Річна ТСС зростає: у 1991 - 2010 рр. до найбільшої на півдні, переважно у Степу; в 2001- 2010 рр. – істотно майже на половині території (Степ, Лісостеп),

Таблиця 2 / Table 2

**Річні показники геліоенергетичних ресурсів в Україні, усереднені за 10-річні періоди: сума сумарної радіації (Q, МДж/м²), сума прямої радіації (S, МДж/м²), тривалість сонячного сйва (τ₀, год)
Annual indicators of solar energy resources in Ukraine, averaged over 10-year periods: sum of total radiation (Q, MJ/m²), sum of direct radiation (S, MJ/m²), duration of sunshine (τ₀, h)**

| Станція | 1991-2000 | | | 2001-2010 | | | 2011-2020 | | |
|----------------|-----------|------|----------------|-----------|------|----------------|-----------|------|----------------|
| | Q | S | τ ₀ | Q | S | τ ₀ | Q | S | τ ₀ |
| Покошичі | 3431 | 1950 | 1849 | 3093 | 1955 | 1925 | 3377 | 2130 | 2036 |
| Конотоп | 3609 | 1858 | 1897 | 4019 | 2218 | 1948 | 4065 | 2317 | 2040 |
| Ковель | 2853 | 1465 | 1878 | 3059 | 1729 | 1854 | 3228 | 1976 | 1882 |
| Бориспіль | 3505 | 1616 | 1998 | 3679 | 1892 | 2026 | 4050 | 2195 | 2185 |
| Нова Ушиця | 2825 | 1604 | 1883 | 3069 | 1848 | 1963 | 3271 | 2084 | 2124 |
| Світловодськ | 3386 | 2245 | 2277 | 3503 | 2446 | 2118 | 3944 | 2851 | 2258 |
| Полтава | 3396 | 2065 | - | 3434 | 2190 | 1981 | 3672 | 2517 | 2103 |
| Міжгір'я | 3303 | 1397 | 1605 | 2958 | 1383 | 1561 | 3202 | 1520 | 1713 |
| Берегове | 3874 | 1876 | 2007 | 3594 | 1891 | 1960 | 3640 | 1824 | 1977 |
| Одеса | 3682 | 2532 | 2293 | 3858 | 2712 | 2324 | 3778 | 2883 | 2303 |
| Болград | 4767 | 2628 | 2281 | 4590 | 2608 | 2322 | 4715 | 2636 | 2449 |
| Херсон | 4376 | 2305 | 2147 | 4565 | 2650 | 2180 | 4570 | 2936 | 2365 |
| Асканія Нова | 3850 | 2055 | 2236 | 4514 | 2230 | 2276 | 4168 | 2480 | 2399 |
| Карадаг | 4782 | 2662 | 2291 | 4883 | 2979 | 2400 | 4925 | 3000 | - |
| Нікітський Сад | 4742 | 2544 | 2234 | 4736 | 2931 | 2348 | 4598 | 2918 | - |

Таблиця 3 / Table 3

Внесок прямої сонячної радіації у сумарну (%) за радіаційно-теплий період року (квітень - вересень) в Україні: 1961 - 1990 рр. (I), 1991 - 2020 рр. (II), 1991 - 2000 рр. (II а), 2001 - 2010 рр. (II б), 2011 - 2020 рр (II в)
Contribution of direct solar radiation to the total (%) for the radiation-warm period of the year (April - September) in Ukraine: 1961 - 1990 (I), 1991 - 2020 (II), 1991 - 2000 (II а), 2001 - 2010 (II б), 2011 - 2020 (II с)

| I | II | IIa | IIб | IIв | I | II | IIa | IIб | IIв | I | II | IIa | IIб | IIв | I | II | IIa | IIб | IIв | I | II | IIa | IIб | IIв | I | II | IIa | IIб | IIв |
|----------------|----|-----|-----|-----|---------|----|-----|-----|-----|---------|----|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|-----|---------|----|-----|-----|-----|----------|----|-----|-----|-----|
| Місяць | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Квітень | | | | | Травень | | | | | Червень | | | | | Липень | | | | | Серпень | | | | | Вересень | | | | |
| Покошичі | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | 49 | 44 | 52 | 52 | 49 | 56 | 50 | 57 | 59 | 49 | 57 | 55 | 58 | 60 | 48 | 57 | 53 | 61 | 56 | 50 | 57 | 53 | 58 | 62 | 51 | 53 | 51 | 55 | 54 |
| Конотоп | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 53 | 49 | 54 | 56 | 51 | 59 | 54 | 60 | 62 | 52 | 60 | 59 | 59 | 63 | 51 | 60 | 57 | 62 | 60 | 53 | 60 | 56 | 60 | 63 | 51 | 55 | 54 | 55 | 57 |
| Ковель | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 48 | 41 | 50 | 53 | 48 | 50 | 46 | 51 | 55 | 48 | 52 | 48 | 51 | 57 | 46 | 51 | 46 | 53 | 52 | 50 | 54 | 48 | 52 | 60 | 44 | 48 | 39 | 49 | 53 |
| Бориспіль | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 49 | 41 | 51 | 55 | 51 | 53 | 49 | 55 | 56 | 53 | 56 | 50 | 55 | 63 | 52 | 57 | 53 | 59 | 58 | 54 | 57 | 51 | 57 | 62 | 52 | 53 | 49 | 52 | 57 |
| Нова Ушиця | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 49 | 42 | 50 | 54 | 49 | 53 | 50 | 55 | 54 | 49 | 54 | 53 | 54 | 55 | 50 | 54 | 51 | 57 | 54 | 53 | 58 | 53 | 54 | 65 | 52 | 52 | 48 | 50 | 56 |
| Світловодськ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 55 | 48 | 55 | 61 | 60 | 62 | 61 | 63 | 63 | 62 | 65 | 61 | 65 | 68 | 63 | 65 | 63 | 64 | 68 | 63 | 65 | 61 | 66 | 69 | 59 | 61 | 60 | 60 | 63 |
| Полтава | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | 50 | 45 | 50 | 56 | 57 | 57 | 53 | 57 | 61 | 55 | 59 | 57 | 57 | 63 | 59 | 60 | 56 | 59 | 63 | 59 | 60 | 56 | 57 | 68 | 58 | 60 | 55 | 64 | 61 |
| Межгір'я | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 45 | 37 | 49 | 49 | 38 | 47 | 45 | 49 | 48 | 36 | 48 | 48 | 48 | 49 | 40 | 51 | 49 | 52 | 51 | 43 | 54 | 47 | 56 | 60 | 40 | 48 | 43 | 49 | 51 |
| Берегове | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 45 | 46 | 50 | 40 | 48 | 50 | 54 | 53 | 42 | 49 | 53 | 56 | 58 | 45 | 49 | 53 | 53 | 57 | 50 | 51 | 57 | 52 | 60 | 59 | 49 | 48 | 48 | 53 | 45 |
| Одеса | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 56 | 51 | 57 | 61 | 57 | 62 | 58 | 64 | 63 | 58 | 65 | 62 | 65 | 67 | 60 | 66 | 63 | 65 | 69 | 61 | 67 | 63 | 66 | 72 | 59 | 62 | 59 | 60 | 66 |
| Болград | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | 54 | 49 | 54 | 61 | 54 | 59 | 54 | 61 | 62 | 56 | 62 | 60 | 61 | 66 | 57 | 64 | 62 | 63 | 68 | 58 | 64 | 60 | 62 | 70 | 58 | 60 | 58 | 57 | 66 |
| Херсон | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 55 | 47 | 56 | 61 | 52 | 60 | 57 | 62 | 60 | 52 | 62 | 59 | 62 | 65 | 55 | 64 | 60 | 64 | 68 | 59 | 65 | 59 | 65 | 69 | 58 | 61 | 58 | 60 | 65 |
| Асканія Нова | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 53 | 55 | 47 | 59 | 54 | 57 | 55 | 56 | 59 | 57 | 58 | 57 | 53 | 65 | 56 | 62 | 61 | 57 | 67 | 59 | 61 | 58 | 58 | 67 | 58 | 58 | 58 | 50 | 66 |
| Карадаг | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | - | 51 | 55 | - | 55 | - | 58 | 65 | - | 60 | - | 60 | 66 | - | 60 | - | 64 | 68 | - | 62 | - | 63 | 69 | - | 61 | - | 62 | 63 | - |
| Нікітський Сад | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | - | 48 | 59 | - | 57 | - | 60 | 66 | - | 62 | - | 61 | 67 | - | 63 | - | 66 | 70 | - | 64 | - | 66 | 69 | - | 64 | - | 68 | 62 | - |

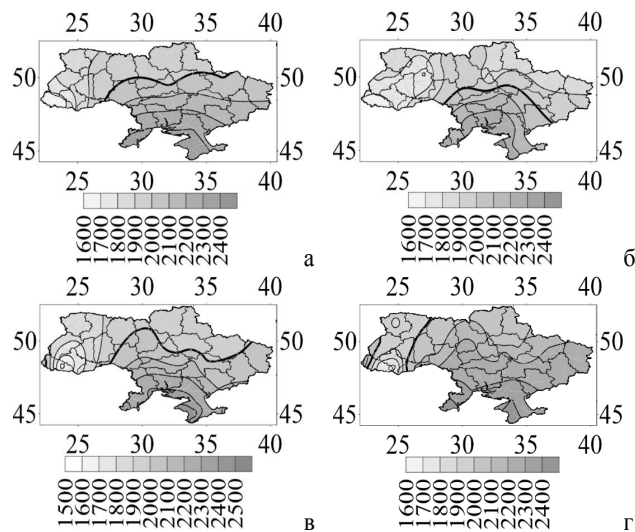


Рис.1. Річна тривалість сонячного сяйва (год) в Україні за: 1991 - 2020 рр. (а), 1991 - 2000 рр. (б), 2001 - 2010 рр. (в), 2011 - 2020 рр. (г) / Fig. 1. Annual duration of sunshine (hours) in Ukraine for: 1991 - 2020 (and), 1991 - 2000 (b), 2001 - 2010 (c), 2011 - 2020 (d)

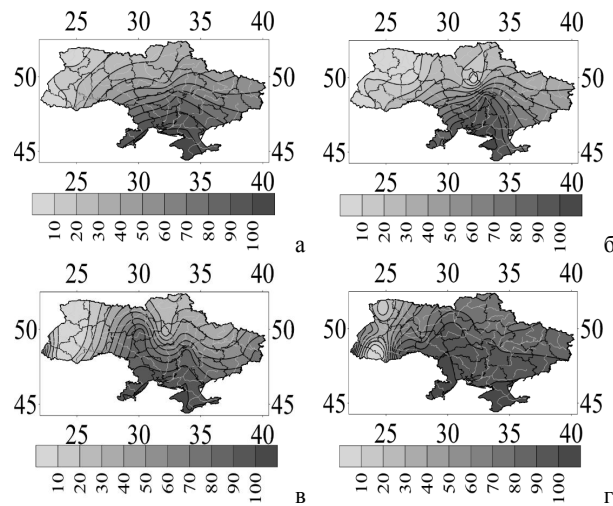


Рис.2. Повторюваність (%) річної тривалості сонячного світла вище 2000 год в Україні у: 1991 - 2020 рр. (а), 1991 - 2000 рр. (б), 2001 - 2010 рр. (в), 2011 - 2020 рр. (г)

Fig. 2. Repeatability (%) of the annual duration of sunshine above 2000 h in Ukraine in: 1991 - 2020 (a), 1991 - 2000 (b), 2001 - 2010 (c), 2011 - 2020 (g)

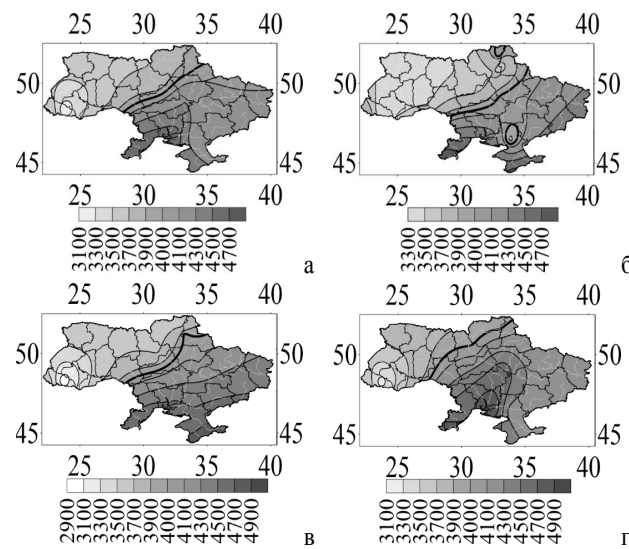


Рис.3. Річна сумарна сонячна радіація (МДж / м²) в Україні за: 1991 - 2020 рр. (а), 1991 - 2000 рр. (б), 2001 - 2010 рр. (в), 2011 - 2020 рр. (г) / Fig. 3. Annual total solar radiation (MJ / m²) in Ukraine for: 1991 - 2020 (and), 1991 - 2000 (b), 2001 - 2010 (c), 2011 - 2020 (d)

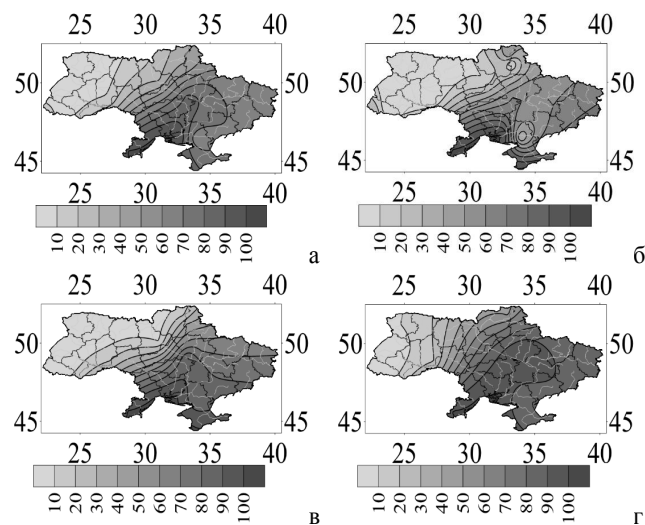


Рис.4. Повторюваність (%) річної сумарної радіації вище 4000 МДж / м² за: 1991 - 2020 рр. (а), 1991 - 2000 рр. (б), 2001 - 2010 рр. (в), 2011 - 2020 рр. (г) /

Fig. 4. Repeatability (%) of annual total radiation above 4000 MJ / m² for: 1991 - 2020 (a), 1991 - 2000 (b), 2001 - 2010 (c), 2011 - 2020 (d)

окрім заходу; в 2011 - 2020 рр. – на більшій, крім деякого регіону заходу. Це підтверджує зріст потенціалу ресурсів геліоенергетики у 1991 - 2020 рр. (рис.1).

Доцільність використання СЕУ обумовлена зростанням в 1991 - 2020 рр. річної суми ТСС понад 2000 год. Її повторюваність: у 1991 - 2000 рр. значною була переважно на півдні, в 2001 - 2010 рр. – на більшості країни; в 2011 – 2020 рр. – майже повсюдно, крім невеликих регіонів заходу (рис.2).

Річна величина сумарної радіації істотно зросла за 1991-2020 рр. і є суттєвою на переважній території, в окремі 10-річчя поступово зростаючи з півдня на захід, північний захід: у 1991 - 2000 рр. – найбільша вона на півдні, південному сході; в 2001 - 2010 рр. – найменша на Закарпатті, збільшуючись до заходу; в 2011 - 2020 рр. – найменшою є на Закарпатті, переважно зростаючи країною (рис.3).

За 1991 - 2020 рр. поступово зростала повторюваність річної сумарної радіації понад 4000 МДж / м² – ознаки доцільності впровадження СЕУ, майже повсюдно, крім крайнього заходу: в 1991 - 2000 рр. найбільша вона на півдні, сході; в 2001 - 2010 рр. – значна на Лівобережжі; в 2011 - 2020 рр. – фіксувалась майже повсюдно, крім незначного регіону заходу (рис.4).

Висновки. Україна, крім Закарпаття, гірських районів Українських Карпат, є сприятливою для за-

провадження СЕУ. Їх конкурентноздатність при виробництві електричної енергії зумовлюють сучасні коливання окремих складових і показників радіаційного режиму: поступове зростання річних сум ТСС, сумарної сонячної радіації й істотно – прямої. Це призвело до зміни співвідношення між прямою та сумарною радіацією у більшості регіонів із збільшенням внеску прямої радіації у сумарну та внеску сумарної радіації за радіаційно-теплий період року в річну суму. Їх перерозподіл зумовлений зміною атмосферної циркуляції, зменшенням загальної та нижньої хмарності, збільшенням ясної, малохмарної погоди в Європі, зокрема в Україні. Це вказує на збільшення впродовж 1991 - 2020 рр. потенціалу ресурсів геліоенергетики, що не шкодять довкіллю та не впливають на рентабельність використання СЕУ.

Перспективи подальших пошуків для застосування сонячної енергії засвідчуються просторово-часовим розподілом сонячної радіації зі значним зростанням в Криму, Степу, Лісостепу, Поліссі. Обмеження використання СЕУ стосується невеликого регіону заходу, Закарпаття, Українських Карпат.

Таким чином, моніторинг сонячної радіації встановлює поступове зростання потенціалу ресурсів геліоенергетики в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Андрілк Р.О. Розвиток відновлювальної енергетики в країнах Європи як приклад для України / Р.О. Андрілк. *Вісник Національного педагогічного університету ім. Михайла Драгоманова*. 2014. Вип. 19 (31). С. 279-295.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії : атлас / під ред. С.О. Кудрі. Київ: Ін-т відновлювальної енергії НАНУ, 2005. 44 с. Режим доступу: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>
3. Дмитренко Л.В., Барандіч С.Л. Оцінка кліматичних ресурсів сонячної енергії в Україні. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 121-129.
4. Душина Г.П., Анякін В.Н. Інформаційно-аналітична система оцінки енергетичного потенціалу ВДЕ в Україні. *Відновлювальна енергетика XXI століття* : матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Миколаївка). Київ: Вікторія, 2012. С. 34-39.
5. Кихтенко Я.В., Тимофеев В.Є. Порівняння супутникових та наземних даних спостережень тривалості сонячного сьйва на прикладі території України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. Вип. 3 (65). С. 117-127.
6. 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.
7. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003 № 555-IV (станом на 01.01.2024). *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 24. С. 155.
8. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні. *Укр. географ. журнал*. 2015. Вип. 4. С. 16-23.
9. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Геліоенергетичні ресурси України за 1986 - 2015 рр. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. Вип. 1 (52). С. 88-97.
10. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Визначення змін складових радіаційного режиму сонячної радіації за 1991 - 2020 рр. відносно 1961 - 1990 рр. в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2022. Вип. 3 (65). С. 96-104.
11. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ЛЕВЧЕНКО Б.О. Проблеми енергетики на межі XXI століття. Харків: НТУ «ХПІ», 2006. 200 с.
12. Усик Б.В. Розвиток альтернативної енергетики в Україні. *Часопис картографії*. 2015. Вип. 12. С. 198-218.
13. Щокін А.Р. Енергоефективність. *Рішення та Директиви Європейського Союзу щодо створення сприятливих умов використання енергії, виробленої з відновлювальних джерел енергії, які необхідно враховувати на шляху України до вступу в Європейський Союз*: Зб. наук. пр. міжнар. наук. - техн. конф. (м. Одеса), 2005. С. 22-28.
14. McGrath, J., Seltin, J.P., Chant, D. Long-term trends in sunshine duration and its association with schizophrenia birth rates and age at first registration-data from Australia and the Netherlands. *Schizophrenia Research*. 2002. No 54(3). P.199-212.
15. WMO Library. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3720
16. Zhu, X.C., Qiu, X.F., Zeng, Y., Gao, J.Q., He, Y.J. A remote sensing model to estimate sunshine duration in the Ningxia Hui autonomous region. *Journal of Meteorological Research. China*, 2015. No 29. P. 144-154.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2024

Стаття рекомендована до друку 17.06.2024

Rybchenko Ludmila Stepanivna – PhD of Sciences (Geography), Senior Research Officer laboratory of Applied Climatology of the Department of Applied Meteorology and Climatology, Ukrainian Hydrometeorological Institute of the SESU and NASU; e-mail: L.S.Rybchenko@gmail.com ; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0007-6517-3630>

Savchuk Svitlana Valentynivna – Research Officer laboratory of Applied Climatology of the Department of Applied Meteorology and Climatology, Ukrainian Hydrometeorological Institute of the SESU and NASU; e-mail: SvetlanaSVS120676@gmail.com ; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0007-7861-9419>

SOLAR ENERGY RESOURCES OF UKRAINE FOR 1990 - 2020

The purpose of this article is to assess the potential of solar energy resources of Ukraine to determine the prospects for the use of natural energy sources for 1991 - 2020.

Main material. In the conditions of modern climate change, the energy independence of our country with the use of alternative renewable energy sources, which determine the economic feasibility of their use in energy-dependent sectors of the economy and various spheres of human activity, is gaining importance.

For this, a database of individual components of the radiation regime was formed using the archive of observations of the meteorological and actinometric network of the Borys Sreznovsky Central Geophysical Observatory of the SESU. When obtaining their spatio-temporal distribution, the methods of mathematical statistics and cartography were used.

Specialized indicators of climatic resources of solar energy for individual actinometric and meteorological stations of the country are presented. According to the changes in the components of the radiation regime, the values of these indicators are given for: 1991 - 2000, 2001 - 2010, 2011 - 2020. The contribution of direct solar radiation to the total for April - September, the contribution of total radiation for April - September to the annual sum was determined. Based on the monitoring of short-wave radiation flows, the increase in the duration of sunshine and total solar radiation during the study period is presented. Their spatio-temporal distribution is given and the possibilities of introducing solar energy resources are established under the conditions of growth of the annual sum of the duration of sunshine above 2000 h and the annual sum of total solar radiation above 4000 MJ / m².

Conclusions. The article has obtained gradual increase in the potential of solar energy resources in Ukraine was obtained.

Keywords: *solar energy resources, components of the radiation regime.*

REFERENCES:

1. Andriuk R.O. (2014). Development of renewable energy in European countries as an example for Ukraine. Bulletin of the National Pedagogical University named after Mikhail Dragomanov, 19 (31), 279-295 [in Ukrainian].
2. Atlas of energy potential of renewable and non-traditional energy sources : atlas. (2005). / edited by S.O. Kudri. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences, 44. Access mode: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf> [in Ukrainian].
3. Dmytrenko L.V., Barandych S.L. (2007). Assessment of climate resources of solar energy in Ukraine. Scientific works of UHMI, 256, 121-129 [in Ukrainian].
4. Dushina G.P., Anyakin V.N. (2012). Information and analytical system for assessing the energy potential of renewable energy sources in Ukraine. Materials of the XIII international scientific and practical conference (Ukraine, Mykolaivka). Renewable energy of the XXI century, 34-39 [in Ukrainian].
5. Kykhtenko, Ya.V. Tymofeyev, V.E. (2020). Comparison of satellite and ground data of observations of the duration of sunshine on the example of the territory of Ukraine. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, 3 (65), 117-127 [in Ukrainian].
6. Kudrya T.S., Reztsov V.F., Surzhik T.V. (2005). Some features of the transformation of solar radiation energy in solar collector and photovoltaic elements. Reports of the NAS of Ukraine, № 3, 88-92 [in Ukrainian].
7. About alternative energy sources: Verkhovna Rada of Ukraine. Law of Ukraine № 555-IV of February 20, 2003 as of January 1, 2024. (2003). Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVR), 24, 155 [in Ukrainian].
8. Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2015). The potential of solar energy climate resources of solar radiation in Ukraine. Ukrainian Geographical Journal, № 4, 16-23 [in Ukrainian].
9. Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2019). Solar energy resources of Ukraine for 1986 - 2015. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, 1 (52), 88-97 [in Ukrainian].
10. Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2022). Determination of changes in the components of the radiation regime of solar radiation for 1991 - 2020 relative to 1961 - 1990 in Ukraine. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, 3 (65), 96-104 [in Ukrainian].
11. Tovazhnyanskyi L.L., Levchenko B.O. (2006). Problems of energy on the verge of the XXI. Xarkiv, Ukraine: NTU «XPI», 200 [in Ukrainian].
12. Usyk B.V. (2015). Development of alternative energy in Ukraine. Journal of Cartography, 12, 198-218 [in Ukrainian].
13. Shchokin A.R. (2005). Decisions and Directives of the European Union on the creation of favorable conditions for the use of energy produced from renewable energy sources, which must be taken into account on Ukraine's path to joining the European Union. Collection of scientific proceedings of international scientific and technical conferences (Ukraine, Odesa). Energy Efficiency, 22-28 [in Ukrainian].
14. McGrath, J., Selden, J.P., Chant, D. (2002). Long-term trends in sunshine duration and its association with schizophrenia birth rates and age at first registration-data from Australia and the Netherlands. Schizophr. Res., 54, 199-212 [in English].
15. WMO Library. Available at: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3720 [in English].
16. Zhu, X.C., Qiu, X.F., Zeng, Y., Gao, J.Q., He, Y.J. (2015). A remote sensing model to estimate sunshine duration in the Ningxia Hui autonomous region, China. J. Meteorol. Res., 29, 144-154 [in English].

The article was received by the editors 01.05.2024

The article is recommended for printing 17.06.2024