

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИЮ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*М. В. Борушко<sup>1</sup>, О. П. Мешук<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Старший преподаватель кафедры лингвистических дисциплин и межкультурных коммуникаций, учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, borushko.marina@mail.ru

<sup>2</sup> Декан факультета инженерных систем и экологии, учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, omeshyk@gmail.com

### **Аннотация**

В статье дается современная оценка пространственно-временной изменчивости интегральных показателей, характеризующих приход солнечной радиации на земную поверхность территории Республики Беларусь. Обобщенные и систематизированные данные о продолжительности солнечного сияния и режиме облачности охватывают репрезентативный период с 1979 по 2022 гг.

**Ключевые слова:** продолжительность солнечного сияния, балл облачности, количество ясных дней, количество пасмурных дней

## INTEGRAL PARAMETERS OF SOLAR RADIATION REACHING THE GROUND SURFACE IN BELARUS

*M. V. Barushka<sup>1</sup>, A. P. Meshyk<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The research provides an up-to-date assessment of time-space variability of the integral parameters that determine the solar radiation reaching the land surface in Belarus. The summarised data about sunshine duration and cloudiness cover the time period from 1979 to 2022.

**Keywords:** sunshine duration, cloudiness, number of clear days, number of cloudy days.

**Введение.** Продолжительность солнечного сияния является интегральным показателем, характеризующим приход солнечной радиации на земную поверхность. Продолжительность солнечного сияния зависит от широты местности, сезона года, режима облачности, которая в свою очередь определяется характером циркуляционных процессов.

Целью исследования является обобщение и систематизация данных о пространственно-временной изменчивости продолжительности солнечного сияния и режима облачности на территории Республики Беларусь, ранее представленных в работах [1, 2, 3, 4 и др.], для дальнейшего их применения при составлении гелиоэнергетического кадастра изучаемой территории.

Для достижения поставленной цели исследования решались следующие задачи: систематизировать исследуемые характеристики и установить их современные численные значения; оценить характер пространственно-временной изменчивости месячных и годовых сумм продолжительности солнечного сияния (ПСС) и средней ПСС за день с солнцем, числа дней пасмурных с нижней и общей облачностью, числа дней ясных с нижней и общей облачностью, месячных и годовых значений балла нижней и общей облачности; установить закономерности влияния широтных факторов, сезонности, циркуляционных процессов атмосферы на распределение исследуемых характеристик.

**Материалы и методы.** В настоящем исследовании использованы материалы государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», характеризующие радиационный режим и облачность территории Беларуси [5, 6]. Временные ряды за репрезентативный 44-летний период с 1979 по 2022 годы приняты по 13 метеостанциям в соответствии с данными климатического кадастра Республики Беларусь, публикуемыми в метеорологических ежемесячниках [7], и включают данные о фактической продолжительности солнечного сияния, средней ПСС за день с солнцем, возможной ПСС, количестве дней пасмурных по нижней и общей облачности, количестве дней ясных по нижней и общей облачности, балле нижней и общей облачности. Также использованы материалы Государственного кадастра возобновляемых источников энергии [8].

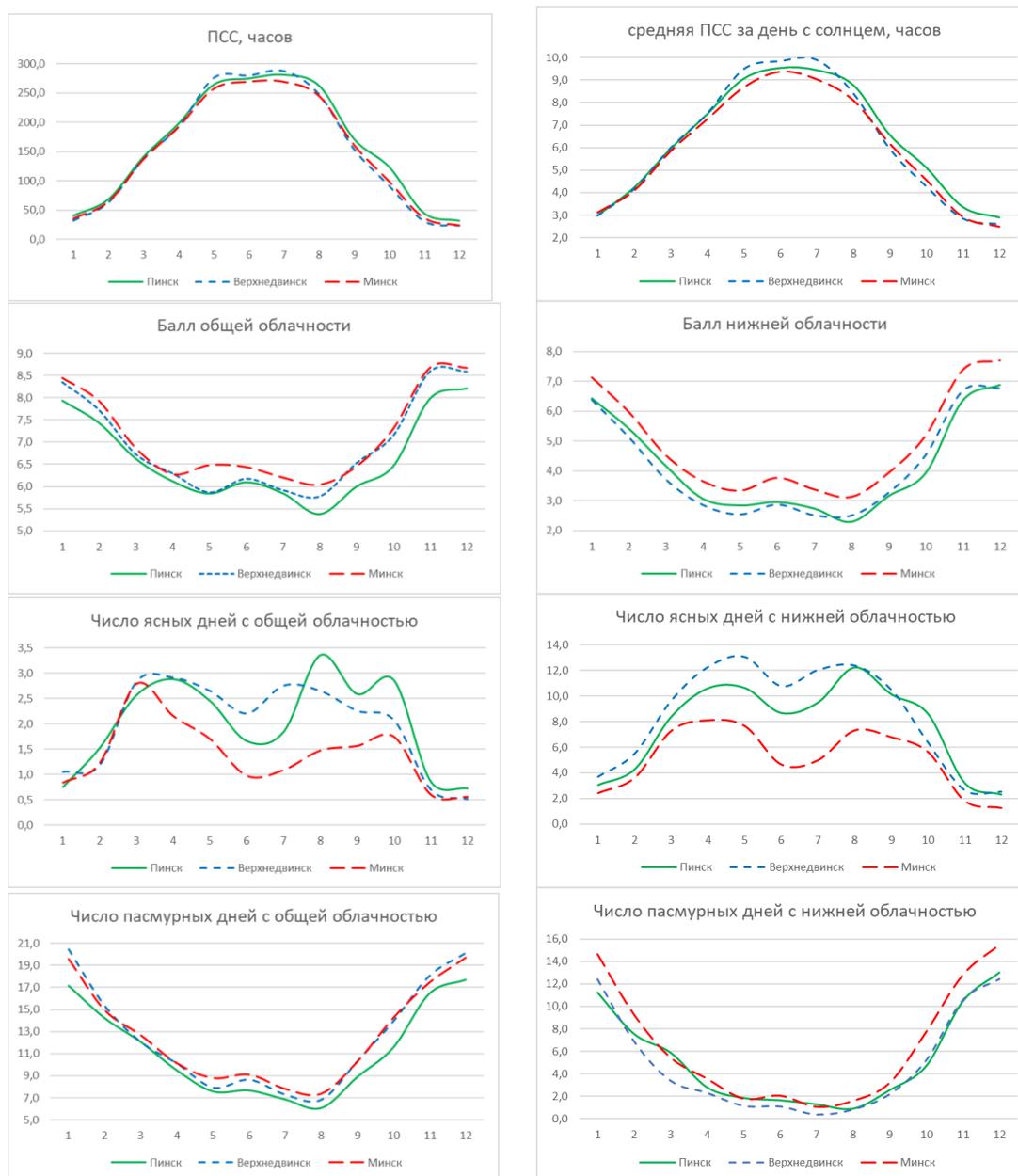
В работе реализованы методы статистической обработки данных наблюдений, в частности, методы корреляционного и регрессионного анализа, аналитических расчетов, анализ временных рядов, пространственное обобщение метеорологической информации и др. Обработка данных расчетов проводилась с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Office.

**Результаты и обсуждение.** В ходе исследования проведен анализ внутригодового хода таких характеристик, как продолжительность солнечного сияния, средняя ПСС за день с солнцем, количество дней пасмурных по нижней облачности, количество дней пасмурных по общей облачности, количество дней ясных по нижней облачности, количество дней ясных по общей облачности, балл нижней облачности, балл общей облачности.

На рисунке 1 представлено сравнение внутригодового хода изучаемых параметров на метеорологических станциях Пинск, Минск, Верхнедвинск. Выбор станций обусловлен их географическим положением. Пинск (52,12°с.ш.) представляет юг республики, Минск (53,90°с.ш.) – центральную часть, Верхнедвинск (55,75°с.ш.) – север. Как видно из графиков, в целом все анализируемые характеристики имеют примерно одинаковый внутригодовой ход. Так, ПСС практически одинаковая с января по май, в остальное время года наблюдаются некоторые незначительные различия, определяемые широтным фактором.

Средняя ПСС за день с солнцем также имеет однородный внутригодовой ход на всех трех станциях в течение года. Она практически синхронна с января по май. Начиная с мая, средняя ПСС за день с солнцем в Верхнедвинске начи-

нает немного отличаться; с мая по август она выше, чем в Минске и Пинске, а с сентября становится ниже средней ПСС за день с солнцем в Минске и Пинске.



**Рисунок 1** – Внутригодовой ход исследуемых характеристик солнечной радиации на метеорологических станциях Пинск, Минск, Верхнедвинск

Отмечается больший балл нижней облачности в Минске, что, вероятно, объясняется влиянием мегаполиса на режим метеорологических характеристик. При этом балл общей облачности в Пинске заметно ниже, чем в Минске в течение всего года за исключением марта–апреля.

Наибольшие различия наблюдаются в количестве ясных дней с общей и нижней облачностью. Заметно значительно большее количество ясных дней в Пинске, чем на остальных станциях в период с августа по октябрь. В целом внутригодовой ход числа ясных дней как с общей, так и с нижней облачностью не демонстрирует такой же синхронности, как все остальные интегральные ха-

рактеристики; на протяжении всего года их значения отличаются и только в зимний период схожи.

Число пасмурных дней с общей и нижней облачностью практически полностью коррелируют друг с другом на всех метеорологических станциях.

В таблице 1 представлены современные оценки характеристик солнечной радиации за исследуемый репрезентативный период 1979–2022 гг.

**Таблица 1** – Средние и экстремальные (минимальные, максимальные) годовые значения исследуемых характеристик

Метеостанция	Продолжительность солнечного сияния за год, часов	ПСС средняя за день с солнцем, часов	Балл общей облачности	Балл нижней облачности	Число ясных дней с общей облачностью	Число ясных дней с нижней облачностью	Число пасмурных дней с общей облачностью	Число пасмурных дней с нижней облачностью
Верхнедвинск	1813 1603-2154	6,5 5,3-7,7	7,0 6,4-7,7	4,2 3,5-4,8	24 13-43	101 74-143	152 129-203	59 39-88
Шарковщина	1865 1645-2048	6,1 5,4-7,2	7,3 6,7-7,9	4,8 3,8-5,7	18 9-39	68 42-104	168 148-192	74 42-103
Березинский заповедник	1822 1583-2076	6,3 5,3-7,4	7,7 7,3-8,1	4,6 3,7-5,5	8 2-18	63 41-98	185 72-214	74 44-108
Ошмяны	1833 1559-2089	6,3 5,5-7,2	7,1 6,4-7,9	5,2 4,2-6,5	21 5-40	62 26-98	151 131-203	87 62-142
Горки	1855 1540-2221	6,4 5,5-7,2	6,8 6,3-7,4	4,5 3,7-5,4	22 11-39	80 52-117	135 99-171	66 38-93
Минск	1793 1443-2030	6,3 5,3-7,4	7,1 6,5-7,6	4,9 4,1-5,8	17 7-35	61 33-105	153 113-207	78 53-114
Марьина Горка	1805 1434-2094	6,3 5,4-7,7	7 6,5-7,5	4,9 3,2-6,3	20 9-41	63 29-128	146 116-197	75 26-139
Костюковичи	1831 1539-2113	6,6 5,6-7,7	6,9 6,3-7,6	4,5 3,5-5,4	19 8-32	74 38-130	147 115-179	72 37-108
Волковыск	1940 1703-2220	6,2 5,4-6,7	6,9 6,3-7,8	4,6 3-6,8	22 6-36	92 45-153	137 106-171	62 23-116
Гомель	1949 1564-2337	6,6 5,7-8,1	6,8 6,3-7,4	4,3 3,2-4,7	24 13-44	98 64-142	143 111-176	64 41-96
Василевичи	1927 1574-2306	6,7 5,6-7,3	7,1 6,6-7,5	4,1 3,1-5,3	14 6-28	75 45-119	148 120-180	56 25-88
Пинск	1897 1525-2125	6,6 5,7-7,5	6,6 6,1-8	4,2 3,3-5,7	24 6-37	92 45-141	135 93-211	63 36-120
Брест	1887 1392-2239	6,5 5,4-7,2	6,5 6-7,3	4,8 4,1-5,7	24 14-44	64 37-89	130 105-175	75 48-107

Как видно из таблицы, среднегодовая ПСС варьируется от 1793 часов в Минске до 1949 часов в Гомеле. Причины того, почему наименьшее среднее значение ПСС соответствует Минску, отражены выше. Минимальное значение ПСС (1392 часа) зарегистрировано в Бресте в 1980 году, а максимальное – в Гомеле (2337 часов), что также не подтверждает прямую зависимость ПСС от

широты метеостанции, так как Брест и Гомель находятся практически на одной параллели, 52,08 °с.ш. и 52,43 °с.ш., соответственно. Очевидно, есть другие причины, влияющие на величину ПСС, такие как облачность, обусловленная особенностями циркуляционных процессов в атмосфере под воздействием Атлантики, Балтийского моря и континентальных воздушных масс.

Среднегодовое значение средней ПСС за день с солнцем варьируется на территории Республики Беларусь незначительно в диапазоне 0,6 часа: от 6,1 часа в Шарковщине до 6,7 часа в Василевичах. Минимальное значение средней ПСС за день с солнцем составляет 5,3 часа в Верхнедвинске, Березинском заповеднике и Минске, а максимальное (8,1 часа) – в Гомеле.

Средний балл общей облачности уменьшается с севера на юг. Максимальный среднегодовой балл общей облачности наблюдается в Березинском заповеднике (7,7 балла), а минимальный – в Бресте (6,5 балла), при этом разница между минимальными и максимальными значениями не имеют широких амплитуд (1,1 – 2,0 балла).

Средний балл нижней облачности не демонстрирует явной зависимости от широты и варьируется в диапазоне от 4,1 балла в Василевичах до 5,2 в Ошмянах, при том, что более северные станции Верхнедвинск, Шарковщина и Березинский заповедник имеют среднегодовые значения в 4,2 – 4,8 балла, такие как и южный Брест (4,8 балла). Минимальное среднегодовое значение балла нижней облачности наблюдается в Василевичах (3,1), а максимальное – в Волковыске (6,8).

Наибольшее среднегодовое число ясных дней с общей облачностью имеет место в разных широтах на территории Беларуси: по 24 дня в Верхнедвинске, Гомеле, Бресте и Пинске, минимальное – в Березинском заповеднике (8 дней). При этом минимальное (2 дня за год) – в Березинском заповеднике в 2016 году, а максимальное (44 дня) – в Гомеле в 1996 году и Бресте в 1982 году.

Количество ясных дней с нижней облачностью в среднем за год наибольшее в Верхнедвинске (101 день), а наименьшее – в Ошмянах (62 дня). Минимальное значение зарегистрировано в Ошмянах (26 дней) в 1980 году, а максимальное – в Волковыске (153 дня) в 2014 году.

Среднегодовое число пасмурных дней по общей облачности демонстрирует явную широтную зависимость, уменьшаясь с севера на юг от 184 (Березинский заповедник) до 130 дней (Брест). При этом и минимальное значение (72 дня в 1979 году), и максимальное (214 дней в 2012 году) наблюдалось в Березинском заповеднике.

Среднегодовое количество пасмурных дней по нижней облачности также снижается с севера на юг: наибольшее (87 дней) в Ошмянах, наименьшее (56 дней) – в Василевичах. Различия между минимальными и максимальными значениями довольно велико: от 23 дней в Волковыске в 2022 году до 142 дней в 1980 году в Ошмянах.

**Заключение.** Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наблюдается определенная корреляция между исследуемыми интегральными характеристиками солнечной радиации, поступающей на территорию Респуб-

лики Беларусь. Наблюдается связь между ростом среднегодовых значений ПСС, средней ПСС за день с солнцем, балла общей и нижней облачности, количества ясных дней с общей и нижней облачностью и уменьшением числа пасмурных дней по общей и нижней облачности с севера, северо-запада на юг, юго-восток. Полученные результаты могут использоваться при дополнении Государственного кадастра возобновляемых источников энергии [8] и планировании мероприятий по развитию гелиоэнергетики в Республике Беларусь [9, 10].

### Список цитированных источников

1. Мешик, О. П. Оценка гелиоэнергетических ресурсов климата Беларуси / О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова // Вестник БрГТУ. – 2020. – № 2(120) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 93–99. <https://doi.org/10.36773/1818-1212-2020-120-2.1-93-99>.
2. Мешик, О. П. Продолжительность солнечного сияния как основной фактор, формирующий гелиоэнергетические ресурсы климата Беларуси / О. П. Мешик, М. В. Борушко, М. М. Мирзоев, В. А. Морозова, К. О. Мешик // Peasant. – 2022. – № 3 (96). – С. 127–133.
3. A. Meshyk, M. Barushka, V. Marozava, E. Sarkynov, An. Meshyk, Climate Resource Potential to Develop Solar Power in Belarus, E3S Web Conf., 212 (2020) 01012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021201012>
4. Мешик, О. П. Метеопрогностическое регулирование в гелиоэнергетике / О. П. Мешик, К. О. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова // Вестник БрГТУ. – 2022: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология); экономические науки. – № 3 (129). – С. 40–42. <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2022-129-3-40-42>
5. Справочник по климату Беларуси. Часть 5. Влажность воздуха. Солнечное сияние. Метеорологическая дальность видимости / Под. общ. ред. В. И. Мельника. – Минск : Минприроды, 2007. – 48 с.
6. Справочник по климату Беларуси. Часть 6. Облачность. Атмосферные явления / Под. общ. ред. В. И. Мельника. – Минск : Минприроды, 2007. – 56 с.
7. Климатический кадастр Республики Беларусь. Метеорологический ежемесячник. – Минск : Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 1979–2022 гг.
8. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] / Минприроды Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – Режим доступа : [http://www.minpriroda.gov.by/ru/new\\_url\\_19948904-ru/](http://www.minpriroda.gov.by/ru/new_url_19948904-ru/). – Дата доступа : 20.04.2023.
9. Врублевский, Б. И. Направления использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в Республике Беларусь / Б. И. Врублевский, И. В. Сенько // Потребительская кооперация. – 2015. – № 2. – С. 27–32.
10. Пашинский, В. А. Оценка падающей солнечной радиации на горизонтальную поверхность территории в условиях Республики Беларусь / В. А. Пашинский, А. А. Бутько, А. А. Черкасова // Экологический вестник. – 2015. – № 2 (32). – С. 77–82.