

УДК 551.521.11(476)

**О. П. МЕШИК, М. В. БОРУШКО**

Беларусь, Брест, БрГТУ

E-mail: omeshik@mail.ru

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ**

Солнечная радиация – основной источник энергии на земле. Она играет первостепенную роль во многих биохимических процессах и формирует климат. В Республике Беларусь есть потребность в изучении особенностей пространственно-временного распределения характеристик солнечной радиации в связи с современными изменениями климата и его воздействиями на природу и жизнедеятельность человека, а также с внедрением энергосберегающих технологий и развитием возобновляемых, экологически безопасных энергоресурсов. Продолжительность солнечного сияния (далее – ПСС) является интегральным показателем, характеризующим приход солнечной радиации на земную поверхность. Продолжительность солнечного сияния зависит от широты местности, сезона года, режима облачности, который в свою очередь определяется характером циркуляционных процессов. Продолжительность солнечного сияния и режим облачности является одним из наиболее важных показателей, которые влияют на экологию, сельское хозяйство, здоровье человека и другие аспекты жизнедеятельности, поэтому их следует учитывать, в частности в градостроительстве, при планировании различных сельскохозяйственных мероприятий, для оценки гелиоэнергетических ресурсов территорий и других видов деятельности [1].

В настоящем исследовании использованы данные, характеризующие радиационный режим и облачность территории Беларуси [2; 3]. Временные ряды за репрезентативный 44-летний период с 1979 по 2022 г. приняты по 13 метеостанциям в соответствии с [4] 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.

Как уже было сказано, ПСС зависит не только от широты местности [5], сезона года, высоты солнца над горизонтом в разное время года, но также от режима облачности, который в свою очередь зависит от особенностей циркуляционных процессов. Наблюдения за режимом облачности, т. е. определение состояния и развития физических процессов в атмосфере, основываются на инструментальных измерениях

метеорологических параметров. Однако количество, формы, вид и разновидность облаков зачастую определяются визуально, что также может носить субъективную оценку. Наблюдается определенная связь между ростом средней годовой ПСС, балла общей 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 [6]. В таблице 1 приведены парные корреляции между исследуемыми характеристиками на метеостанции Минск.

Таблица 1 – Матрица парных коэффициентов корреляции (R) исследуемых характеристик (годовые значения) на метеорологической станции Минск

| Метеорологические характеристики                  | 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 | Продолжительность солнечного сияния за год, часов | ПСС средняя за день с солнцем, часов | $\Sigma R$ |
|---|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|--------------------------------------|------------|
| Балл общей облачности                             | –                     | 0,62                   | 0,67                                 | 0,60                                  | 0,82                                     | 0,46                                      | 0,53  | 0,34                                 | 4,04       |
| Балл нижней облачности                            | 0,62                  | –                      | 0,38                                 | 0,76                                  | 0,71                                     | 0,85                                      | 0,49  | 0,08                                 | 3,89       |
| Число ясных дней с общей облачностью              | 0,67                  | 0,38                   | –                                    | 0,60                                  | 0,47                                     | 0,30                                      | 0,30  | 0,52                                 | 3,24       |
| Число ясных дней с нижней облачностью             | 0,60                  | 0,76                   | 0,60                                 | –                                     | 0,58                                     | 0,54                                      | 0,52  | 0,20                                 | 3,8        |
| Число пасмурных дней с общей облачностью          | 0,82                  | 0,71                   | 0,47                                 | 0,58                                  | –  | 0,74                                      | 0,52  | 0,28                                 | 4,12       |
| Число пасмурных дней с нижней облачностью         | 0,46                  | 0,85                   | 0,30                                 | 0,54                                  | 0,74                                     | –   | 0,27  | 0,13                                 | 3,29       |
| Продолжительность солнечного сияния за год, часов | 0,53                  | 0,49                   | 0,30                                 | 0,52                                  | 0,52                                     | 0,27                                      | –   | 0,41                                 | 3,04       |
| ПСС средняя за день с солнцем, часов              | 0,34                  | 0,08                   | 0,52                                 | 0,20                                  | 0,28                                     | 0,13                                      | 0,41  | –                                    | 1,96       |

Наилучшая корреляция с большинством исследуемых характеристик имеет место у числа пасмурных дней с общей облачностью, о чем свидетельствует максимальная сумма парных коэффициентов корреляции ( $\Sigma R = 4,12$ ). Также по баллу общей и нижней облачности можно проводить

косвенные оценки других исследуемых параметров, при этом наблюдается наилучшая теснота связей и имеет место статистическая значимость. Однако статистически значимые связи для ПСС средней за день с солнцем с другими характеристиками отсутствуют [7].

В ходе исследования проведен комплексный анализ зависимостей наблюдаемых характеристик от широты метеорологической станции. Выполненный анализ характеризует исследуемые характеристики ежемесячно и в целом за год, что позволило оценить влияние сезонных факторов на исследуемые взаимосвязи. В таблице 2 приведены уравнения регрессии и коэффициенты корреляции связей исследуемых характеристик солнечной радиации с широтой местности. За отдельные месяцы приводятся худшие и лучшие оценки [7].

Таблица 2 – Статистические характеристики зависимостей между исследуемыми характеристиками (y) и широтой местности (x, °с. ш.)

| Метеорологические характеристики           | Год                       |                        | Отдельные месяцы                      |                        |
|--|---------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
|  | Уравнение регрессии       | Коэффициент корреляции | Уравнение регрессии                   | Коэффициент корреляции |
| Продолжительность солнечного сияния, часов | $y = 44557x^{-0,797}$     | $0,65 \pm 0,18$        | $y = -0,8357x + 308,12$ (май)         | $0,13 \pm 0,28$        |
|  |                           |                        | $y = 2E + 09x^{-4,237}$ (октябрь)     | $0,94 \pm 0,07$        |
| ПСС средняя за день с солнцем, часов       | $y = 111,19x^{-0,716}$    | $0,60 \pm 0,19$        | $y = -0,01x + 6,4698$ (март)          | $0,08 \pm 0,29$        |
|  |                           |                        | $y = -0,2187x + 16,392$ (октябрь)     | $0,95 \pm 0,07$        |
| Отношение фактической ПСС к возможной, %   | $y = -0,779x + 83,053$    | $0,76 \pm 0,23$        | $y = -0,0979x + 52,298$ (апрель)      | $0,06 \pm 0,29$        |
|  |                           |                        | $y = -128,5\ln(x) + 544,41$ (октябрь) | $0,94 \pm 0,10$        |
| Балл общей облачности                      | $y = -0,1929x + 16,97$    | $0,24 \pm 0,26$        | $y = -0,0269x + 9,5937$ (ноябрь)      | $0,06 \pm 0,29$        |
|  |                           |                        | $y = -0,3019x + 22,519$ (март)        | $0,37 \pm 0,24$        |
| Балл нижней облачности                     | $y = 4,2132\ln(x) - 12,2$ | $0,28 \pm 0,29$        | $y = 0,0268x + 1,9692$ (июнь)         | $0,08 \pm 0,29$        |
|  |                           |                        | $y = 16,323\ln(x) - 60,338$ (октябрь) | $0,73 \pm 0,21$        |

## Продолжение таблицы 2

|   |                             |                 |                                       |                 |
|---|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Число дней ясных с общей облачностью      | $y = 8E+07x^{-3,841}$       | $0,30 \pm 0,29$ | $y = -0,0436x + 4,334$ (март)         | $0,09 \pm 0,29$ |
|   |                             |                 | $y = 2E+13x^{-7,486}$ (октябрь)       | $0,60 \pm 0,24$ |
| Число дней ясных с нижней облачностью     | $y = 7113,7x^{-1,143}$      | $0,13 \pm 0,30$ | $y = -0,1135x + 10,901$ (февраль)     | $0,15 \pm 0,28$ |
|   |                             |                 | $y = 6E + 14x^{-8,065}$ (октябрь)     | $0,86 \pm 0,16$ |
| Число дней пасмурных с общей облачностью  | $y = 0,0027x^{2,7386}$      | $0,66 \pm 0,23$ | $y = 0,2133x + 0,7812$ (март)         | $0,30 \pm 0,25$ |
|   |                             |                 | $y = 59,257\ln(x) - 222,78$ (октябрь) | $0,84 \pm 0,16$ |
| Число дней пасмурных с нижней облачностью | $y = 100,74\ln(x) - 331,55$ | $0,27 \pm 0,29$ | $y = 0,2298x - 4,1829$ (февраль)      | $0,23 \pm 0,26$ |
|   |                             |                 | $y = 30,342\ln(x) - 114,68$ (октябрь) | $0,56 \pm 0,25$ |

Лучшую зависимость от широты местности демонстрирует ПСС практически в течение всего года, причем в октябре наблюдается наилучшая связь ( $R = 0,94 \pm 0,07$ ). Такие параметры, как балл нижней облачности, число ясных дней с общей облачностью, число пасмурных дней с нижней облачностью не имеют статистически значимых связей с широтой в течение всего года и в целом за год. Наилучшие связи большинства характеристик с широтой местности приходятся на сентябрь – ноябрь, наихудшие соответствуют февралю – маю. Октябрь характеризуется определенным изменением циркуляционных процессов в атмосфере. С октября в Беларуси формируется тип барического поля, наблюдается рост атмосферного давления, образуются мощные антициклоны, приводящие в итоге к увеличению повторяемости «бабьего лета», несколько увеличивается число ясных дней с нижней облачностью.

Полученные результаты являются ориентирующей основой для оценки характеристик солнечной радиации на территории Беларуси и позволяют с определенной точностью переходить от значений балла облачности и широты местности к оценкам числа ясных и пасмурных дней и продолжительности солнечного сияния.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешик, О. П. Оценка гелиоэнергетических ресурсов климата Беларуси / О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова // Вестн. БрГТУ. Сер. Водохоз. стр-во, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2 (120). – С. 93–99.
2. Справочник по климату Беларуси. Ч. 5. Влажность воздуха. Солнечное сияние. Метеорологическая дальность видимости / под. общ. ред. В. И. Мельника. – Минск : Минприроды, 2007. – 48 с.
3. Справочник по климату Беларуси. Ч. 6. Облачность. Атмосферные явления / под. общ. ред. В. И. Мельника. – Минск : Минприроды, 2007. – 56 с.
4. Климатический кадастр Республики Беларусь : метеорол. ежемесячник. – Минск : Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды, 1979–2022 гг.
5. Метеопрогностическое регулирование в гелиоэнергетике / О. П. Мешик [и др.] // Вестн. БрГТУ. Сер. Техн. науки (стр-во, машиностроение, геоэкология); экон. науки. – 2022. – № 3 (129). – С. 40–42.
6. Climate Resource Potential to Develop Solar Power in Belarus / A. Meshyk [et al.] // E3S Web Conf. – 2020. – Vol. 212. – P. 1–12.
7. Мешик, О. П. Современные оценки характеристик солнечной радиации территории Республики Беларусь / О. П. Мешик, М. В. Борушко, В. А. Морозова // Вестн. БрГТУ. Сер. Геоэкология. – 2023. – № 2 (131). – С. 115–122.

УДК 628.4.03

**Н. В. МИХАЛЬЧУК<sup>1</sup>, Е. Н. БАСАЛАЙ<sup>1</sup>, А. В. БЕЗРУЧКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт  
НАН Беларуси

<sup>2</sup>Беларусь, Брест, Брестский областной комитет природных ресурсов  
и охраны окружающей среды

E-mail: basalaiekaterina@yandex.ru; alena-bezruchko@yandex.by

**ТИПИЗАЦИЯ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ  
КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

В условиях стремительного развития цивилизации в мире обострилась проблема утилизации накапливающихся отходов [1]. Ежегодно в Республике Беларусь образуется около 4 млн т отходов; та их часть,