

Продолжительности солнечного сияния в Приволжском федеральном округе: оценка состояния и трендов

М.В. Сабирова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Адрес для переписки: *Imarina.isaeva@mail.ru*

Реферат. Важной климатической характеристикой является солнечное сияние, его фактическая продолжительность. Исследования пространственной структуры распределения этой величины необходимы для решения различных прикладных задач, в частности, агрометеорологических. В работе проанализированы данные о месячных значениях продолжительности солнечного сияния (ПСС) в Приволжском федеральном округе (ПФО) за 1970-2019 гг. База данных создана и поддерживается во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных (ВНИИГМИ-МЦД). Исследования, представленные в этой работе, выполнены на основе данных о суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния на 30 станциях наблюдений в Приволжском федеральном округе и на прилегающих территориях. Были рассчитаны многолетние средние месячных и годовых сумм ПСС, стандартное отклонение и тренды. Результаты анализа режима ПСС и тенденций его изменения представлены в форме карт-схем.

На территории ПФО многолетние средние значения годовых сумм ПСС за 1970-2019 гг. в целом возрастают с севера на юг в соответствии с астрономической инсоляцией, за исключением некоторых районов Татарстана и Башкортостана. Соответственно, изолинии годовых сумм ПСС имеют практически везде широтный характер, за исключением некоторых районов в Среднем Поволжье.

Наименьшее многолетнее среднее годового значения ПСС наблюдается на севере ПФО и в Перми, а наибольшее – в Оренбурге и на юге Саратовской области. Максимальные значения этой величины довольно стабильны на юге ПФО.

В целом в ПФО наименьшие многолетние средние месячного значения ПСС отмечаются во время зимнего солнцестояния, а наибольшие приходятся на июль или июнь. В холодный период года изолинии многолетних средних месячных значений ПСС на исследуемой территории расположены практически зонально: значения возрастают с северо-запада на юго-восток. В летний период наименьшие значения ПСС наблюдаются в восточных и северо-восточных районах ПФО.

На большей части территории ПФО (кроме северных, восточных и юго-восточных районов) месячные значения ПСС в 1970-2019 гг. в теплый период

календарного года демонстрируют восходящие тренды (уровень значимости 0.05). Самые высокие темпы увеличения ПСС отмечаются в летние месяцы.

Ключевые слова. Солнечная радиация, продолжительность солнечного сияния, состояние, тенденции.

Duration of sunshine in the Volga Federal District: an assessment of status and trends

M.V. Sabirova

Kazan (Volga) Federal University,
18, Kremlevskaya str., 420008, Kazan, Russian Federation

Correspondence address: *Imarina.isaeva@mail.ru*

Abstract. An important climatic characteristic is sunshine and its actual duration. Studies of the spatial distribution structure of this value are necessary for various applications, in particular agrometeorological ones. The paper analyses the data on monthly values of sunshine duration in the Volga Federal District for 1970-2019. The database is created and maintained in the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Centre. The study presented in this paper were performed on the basis of data on the total monthly duration of sunshine at 30 observation stations in the Volga Federal District and adjacent territories. The multiyear averages of monthly and annual sums of sunshine duration, standard deviation and trends were calculated. The results of the analysis of sunshine duration regime and its trends are presented in the form of maps.

On the territory of the Volga Federal District the multiyear averages of annual of sunshine duration amounts for 1970-2019 generally increase from north to south in accordance with the astronomical insolation, except for some areas of Tatarstan and Bashkortostan. The lowest multiyear average annual of sunshine duration value is observed in the north of the Volga Federal District and in Perm, and the highest – in Orenburg and in the south of the Saratov Oblast.

In general in the Volga Federal District, the lowest multiyear mean of monthly sunshine duration are observed at the time of the winter solstice, and the highest values occur in July or June. In the cold period of the year, the isolines of multiyear mean monthly of sunshine duration in the study area are located almost zonally: the values increase from the north-west to the south-east. In summer, the lowest values of sunshine duration are observed in the eastern and north-eastern regions of the Volga Federal District.

In most of the territory of the Volga Federal District (except for the northern, eastern and south-eastern regions), the monthly values of sunshine duration in 1970-2019 in the warm period of the calendar year show upward trends (at significance level of 0.05). The highest rates of sunshine duration increase are observed in the summer months.

Keywords. Solar radiation, duration of sunshine, status, trends.

Введение

Солнечное сияние в заданной точке географического пространства в заданный момент времени есть освещение земной поверхности лучами Солнца (прямая радиация). Пространственно-временное распределение потока прямой солнечной радиации, поступающей к земной поверхности, исследовалось многими отечественными учеными (Будыко, 1956; Кондратьев, 1954; Климат России, 2001; Радиационный режим..., 1961; Мишенина, Севастьянов, 2018; Переведенцев, Николаев, 2002). Свойства этого распределения за климатически значимый период существенны для формирования климата. Одна из важных характеристик солнечного сияния – его продолжительность (далее – ПСС, продолжительность солнечного сияния). Считается, что в заданной точке географического пространства в заданный момент времени солнечное сияние имеет место, если Солнце не закрыто горизонтом, облаками, туманом или вследствие иных природных явлений (например, из-за пыльной бури).

Эта зависимость солнечного сияния не только от астрономической высоты Солнца над горизонтом, но и от состояния атмосферы, в первую очередь, от облачности, оказывает влияние на многолетние средние значения ПСС. Их пространственное распределение может отклоняться от ожидаемого широтного. При выполнении наблюдений на метеорологических станциях считается, что солнечное сияние имеет место, если это отмечено на ленте гелиографа. Значение ПСС измеряется, обычно, в часах в сутки. При выполнении обобщений суммарное время солнечного сияния оценивается, обычно, для месяца, сезона и года.

Изучаются также и многолетние средние значения ПСС за большие, климатически значимые периоды времени, а также тенденции изменения ПСС за периоды в нескольких десятилетиях. Это необходимо как для исследования процессов в климатической системе, так и для решения прикладных задач сельского хозяйства, гелиоэнергетики и климатотерапии (Переведенцев и др., 2013; Переведенцев и др., 2008). В отличие от работ, посвященных изменениям климата в конце XX века, в данном исследовании использовались метеорологические данные 50-летнего интервала времени, включающего 2000-2019 годы.

Цель данной работы: исследовать на основе данных наблюдений за 1970-2019 гг. режим продолжительности солнечного сияния на территории Приволжского федерального округа, его состояние и наблюдаемые тренды.

Данные и методы

Измерения ПСС, результаты которых используются в данной работе, выполнялись в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам» 1985 года (выпуск 3, часть I, раздел 8). Там же изложены требования к расположению пунктов наблюдений. Все пункты наблюдений соответствовали единым условиям, в том числе по открытости горизонта. Измерения производились сотрудниками метеостанций ПФО ежедневно в течение исследуемого периода. Результаты были обобщены в форме базы дан-

ных, которая хранится и поддерживается во ВНИИГМИ-МЦД – Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировом центре данных (Апасова, Клещенко, 2023).

Данные по каждому пункту наблюдений, представленные в этой базе, имеют месячное разрешение. Для заданного пункта обозначим через $x_{i,j}$ суммарную продолжительность (ч) солнечного сияния в j -й месяц календарного года в i -й год t_i из рассматриваемого промежутка времени. Месяцы нумеруются в естественном порядке от января до декабря, $j = 1, 2, \dots, 12$. Продолжительность исследуемого промежутка времени I лет. Годы t_i нумеруются по возрастанию ($i = 1, 2, \dots, I$).

Далее астериск (*) в индексе переменной означает арифметическое осреднение. Например, $x_{i,*}$ есть результат осреднения ПСС за 12 месяцев в год t_i , а $x_{*,j}$ есть результат осреднения значений j -го месяца за весь период наблюдений, т.е. за I лет. Знак (+) в индексе переменной означает суммирование. Например, $x_{i,+}$ есть результат суммирования ПСС по 12-ти месяцам в год t_i , т.е. годовое значение ПСС в i -й год.

В данных $x_{i,j}$ имеются некоторые пропуски, которые, за исключением данных за декабрь 2019 года, были заполнены нами с использованием значений на соседних пунктах наблюдений (Наровлянский, 1968). При отсутствии на станции А данных за какой-либо месяц какого-либо года выбиралась станция Б с полным рядом данных за этот месяц, демонстрирующая максимальный коэффициент корреляции (в большинстве случаев более 0.8) месячных значений ПСС с имеющимися для станции А. Далее, отсутствующие данные для станции А восстанавливались с помощью линейной регрессии.

На рис. 1 представлено расположение 30 станций наблюдений в ПФО и на прилегающих территориях, данные которых использованы в этой работе.

Для этих 30 пунктов наблюдений наличие данных за каждый месяц календарного года за 1970-2019 годы было не меньше 82% (исключение – Новоузенск Саратовской области, где всего 77%). Для Оренбурга, Ижевска и станции Чердынь Пермского края (без учета повсеместного отсутствия данных за декабрь 2019 года) наличие данных за исследуемый период достигает 100%.

В данной работе представлены оценки следующих количественных характеристик режима ПСС за период 1970-2019 гг. в пунктах наблюдения в рассматриваемой части географического пространства:

- многолетнее среднее годовое суммы: $x_{i,+}$;
- среднеквадратическое отклонение (СКО) годовых сумм (Исаев, 1988)

$$s = \sqrt{\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I (x_{i,+} - x_{*,+})^2} \quad (1)$$

- многолетнее среднее месячных значений: $x_{*j}, j = 1, 2, \dots, J$;
- среднее квадратическое отклонение (СКО) месячных значений ПСС

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I (x_{i,j} - x_{*j})^2}. \quad (2)$$

Для характеристики систематических изменений ПСС за исследуемый период времени использовались линейные тренды переменных $x_{i,+}$ и $x_{i,j}, j = 1, 2, \dots, J$, измеряемые коэффициентами линейной регрессии этих характеристик на время. Принятый уровень значимости для тренда 0.05.



Рисунок 1. Карта-схема расположения 30 станций ПФО и пограничных территорий

Figure 1. Location map of 30 stations of the Volga District and adjacent territories

Для визуализации географического распределения значений ПСС и их изменений использованы карты-схемы. В том числе строились изолинии (для ПСС употребляется термин «изогелии»). Для этого применено программное обеспечение Surfer.

Результаты и обсуждение

Многолетние средние значения продолжительности солнечного сияния

На рассматриваемой территории средние за 1970-2019 гг. годовых значений ПСС возрастают с севера на юг за исключением некоторых районов, где возрастание происходит в юго-западном (Башкортостан) и юго-восточном (Татарстан) направлениях (рис. 2). Изолинии ПСС имеют практически широтный характер, слегка изгибаясь к северу в Среднем Поволжье. Наименьшее многолетнее среднее годовое суммы ПСС в 1970-2019 годы наблюдается на севере округа (Чердын, 1722 ч) и в Перми (1752 ч). Наибольшие значения отмечаются в Оренбурге (2330 ч) и на юге Саратовской области (Ершов, 2306 ч). Диапазон изменения этой величины на исследуемой территории составляет около 600 часов.

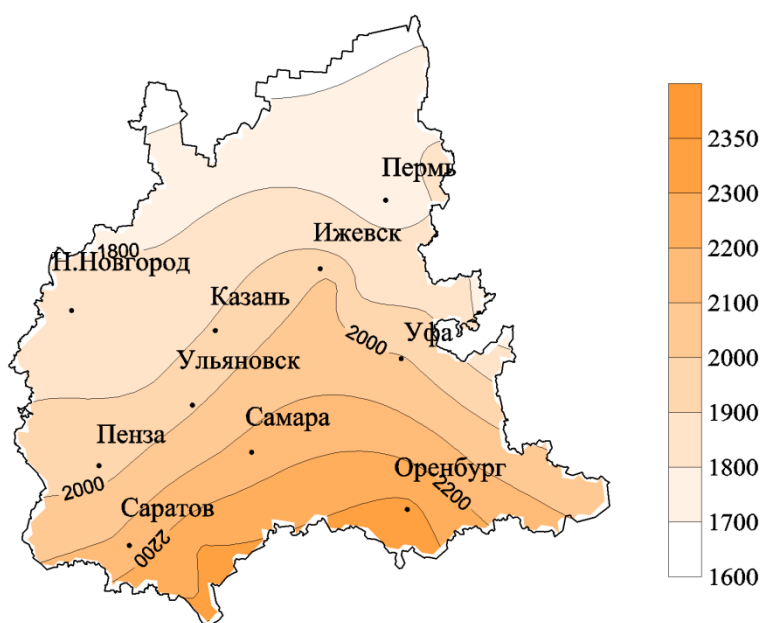


Рисунок 2. Многолетнее среднее годовое суммы ПСС $x^{*,+}$ в ПФО, ч

Figure 2. Long-term average of yearly total duration of sunshine $x^{*,+}$ in the Volga Federal District, hr

В годовом ходе месячных сумм ПСС минимум, как правило, приходится на время зимнего солнцестояния, максимум – на июль или июнь, (в зависимости от облачности).

В ПФО многолетнее среднее январских значений ПСС уменьшается постепенно с юго-востока (Оренбургская и Саратовская области, юг Башкортостана) на северо-запад (Кировская и северная часть Нижегородской области, Пермский край, Марий Эл и Чувашия). ПСС составляет здесь от 32-39 до 74-76 часов в месяц (рис. 3).

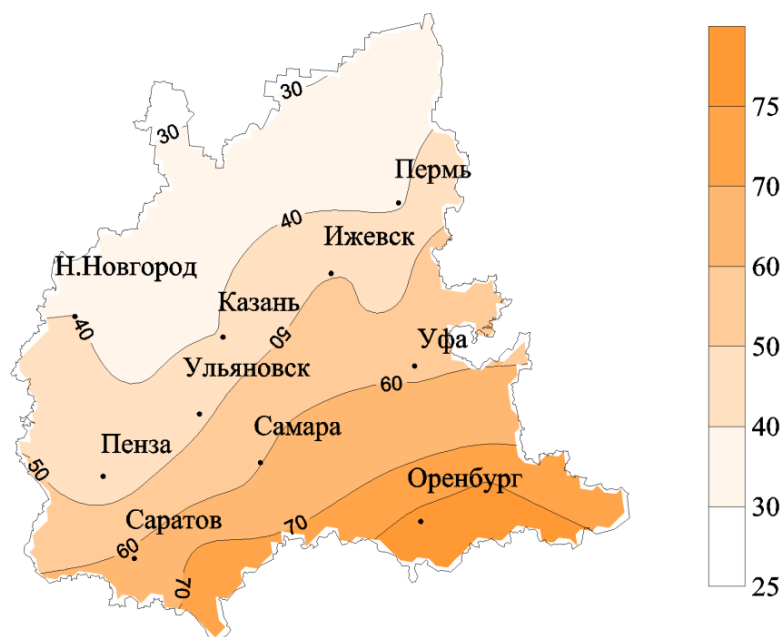


Рисунок 3. Многолетнее среднее январских значений ПСС $x^*, 1$ в ПФО, ч
Figure 3. Long-term average of January monthly duration of sunshine $x^*, 1$ in the Volga Federal District, hr

Аналогичная картина изогелий выявлена в феврале и марте. Меньшие значения ПСС для февраля наблюдаются в Пензе, на севере Пермского края (Чердынь, 75 ч), а большие – в Оренбурге и на юге Башкортостана (Зилаир, 114 ч). Для марта на северо-западной половине ПФО ПСС составляет 135-139 ч (Земетчино Пензенской области, Чердынь Пермского края, Пенза), а на юго-востоке – 165-167 ч (Ершов, Зилаир, Оренбург).

Для апреля наименьшие значения ПСС 196-197 ч наблюдаются на западе, севере и востоке ПФО (Порецкое Чувашской Республики, Чердынь, Пермь), а наибольшие (225-227 ч) – на юге (Ершов, Оренбург), см. рис. 4. Наблюдаемый диапазон изменения – 31 ч. Эти же закономерности характерны для распределения майских значений ПСС, но диапазон в этом случае шире (269-312 ч).

Летом, для июня-июля, на территории ПФО максимальные значения ПСС достигают 301-310 ч и более, а для августа – 256 ч и более (рис. 5). На северо-востоке и севере Башкортостана наблюдаются меньшие значения: Дуван – 283 ч, Янаул, – 288 ч, в Перми – 286 ч, на юго-западе Чувашии (Порецкое, 288 ч) и в столице Марий Эл (Йошкар-Ола, 289 ч). Наибольшие значения ПСС наблюдались в Оренбурге (325 ч) и на юго-востоке Саратовской области (Новоузенск – 325 ч и Ершов – 322 ч). Для июля минимальные значения ПСС отмечены в Дуване (285 ч) и в Перми (289 ч). Максимальные значения наблюдаются на юге округа (Оренбург – 324 ч).

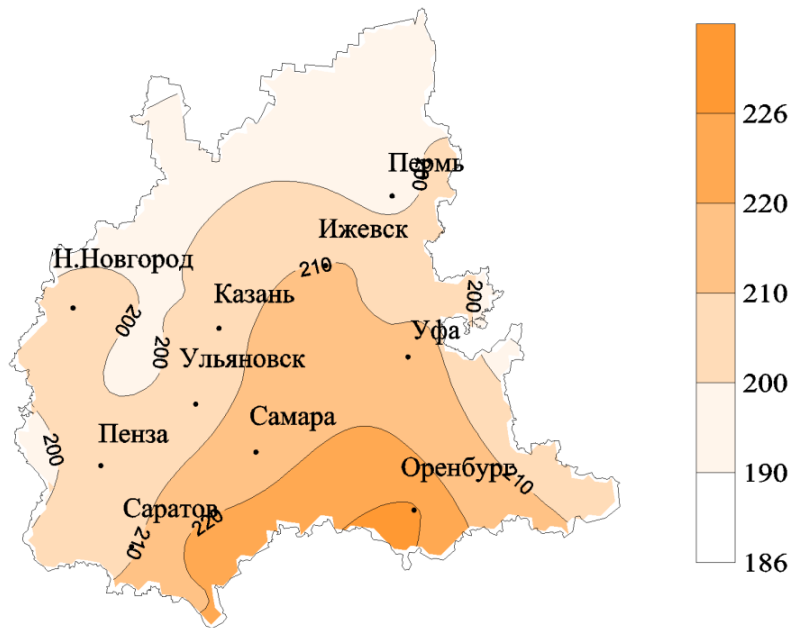


Рисунок 4. Многолетнее среднее апрельских значений ПСС $x^*,4$ в ПФО, ч

Figure 4. Long-term average of April monthly duration of sunshine $x^*,4$ in the Volga Federal District, hr



Рисунок 5. Многолетнее среднее июльских значений ПСС $x^*,7$ в ПФО, ч

Figure 5. Long-term average of July monthly duration of sunshine $x^*,7$ in the Volga Federal District, hr

Диапазон изменения августовских значений ПСС возрастает по сравнению с июнем-июлем – значения ПСС варьируют от 214 ч на северо-востоке и севере Пермского края и Башкортостана до 301 ч на юго-востоке Саратовской области.

Самый широкий диапазон изменений ПСС отмечается для сентября (107 ч). Минимальные значения ПСС отмечаются на севере Кировской области и на большей части Пермского края (114-126 ч). На уровне апрельских значений ПСС осень начинается в самых южных районах: в Оренбурге (218 ч) и Новоузенске Саратовской области (221 ч).

Широтное распределение изогелий на рассматриваемой территории наиболее выражено для октября (рис. 6). ПСС уменьшается от 143 ч на юге до 48 ч на севере ПФО. В ноябре к влиянию широты на распределение ПСС прибавляется существенное влияние фактора облачности (изменение траекторий прохождения циклонов, усиление циркуляционного фактора), и распределение значений ПСС становится аналогично зимнему. В северо-западных и северных районах ПФО (север Кировской области, Йошкар-Ола, большая часть Пермского края) ПСС составляет лишь 28-34 часа в месяц, а на юге и юго-востоке округа в два раза больше – 60-67 часов. Декабрь в годовом ходе ПСС отличается самыми низкими показаниями: от 11 (север Пермского края – Чердынь) до 60 часов (в Оренбурге).

Характер изолиний ПСС на каждом из рис. 3-6 типичен для соответствующего сезона календарного года.

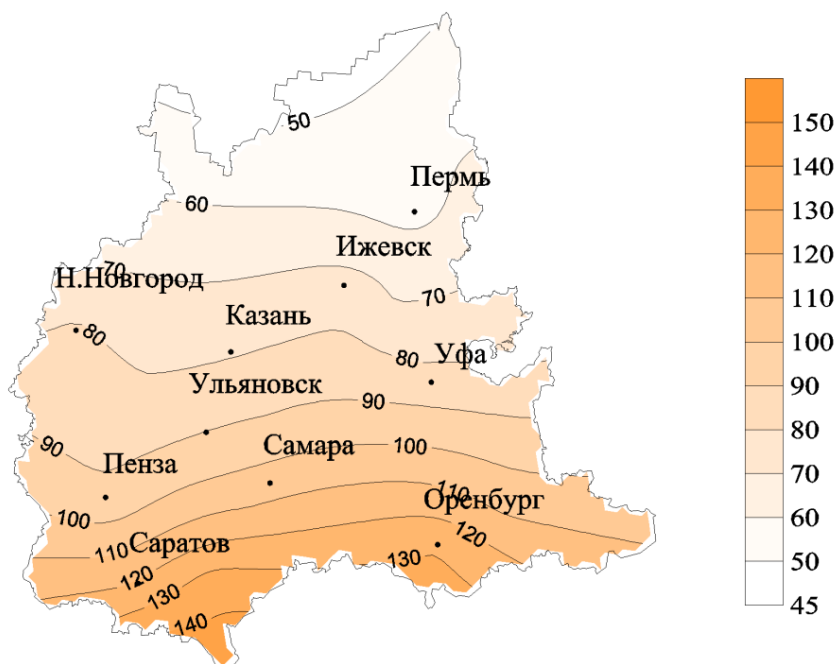


Рисунок 6. Многолетнее среднее октябрьских значений ПСС $x^*,10$ в ПФО, ч

Figure 6. Long-term average of October monthly duration of sunshine $x^*,10$ in the Volga Federal District, hr

Пространственное распределение среднеквадратического отклонения (СКО) годовых сумм ПСС на территории Приволжского округа представлено на рис. 7. Эта величина имеет сложную структуру изолиний. В северной части ПФО более выражено влияние фактора широты. Меньшие значения СКО наблюдаются в Кировской области, Пермском крае и на севере Удмуртии (130-160 ч). Остальная территория ПФО характеризуется большими значениями; значение 195 ч достигается в Оренбурге.

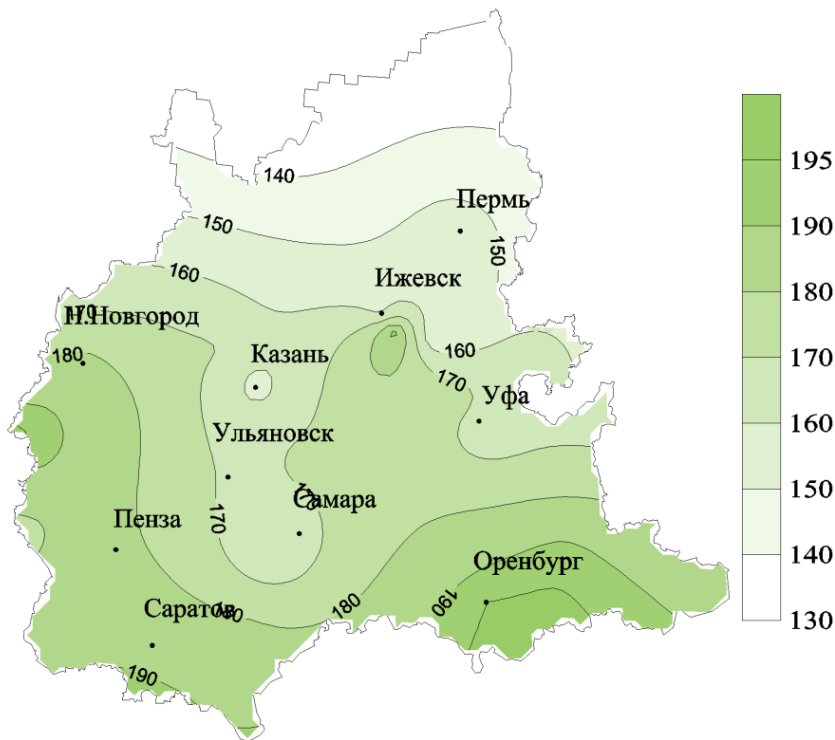


Рисунок 7. Среднеквадратическое отклонение s годовых сумм ПСС в ПФО, ч

Figure 7. Standard deviation s of yearly total duration of sunshine in the Volga Federal District, hr

Значения СКО для ПСС за отдельные месяцы календарного года s_j , $j = 1, 2, \dots, J$, на территории ПФО меняется в широких пределах: от 8 ч в декабре (Чердынь) до 61 ч в июле (Пермь).

Для ноября, декабря и января минимальные значения этой величины отмечаются на севере, северо-западе и северо-востоке ПФО (19-23 ч). На юге и юго-востоке ПФО в это время значения СКО максимальны (27-34 ч).

Февраль в годовом ходе СКО отличается тем, что различие между наибольшими и наименьшими значениями на территории округа минимально (7 ч), тогда как для других месяцев оно более 12 и достигает максимума в июле (29 ч).

Период календарного года с марта по сентябрь характеризуется наибольшими значениями СКО ПСС для отдельных месяцев – от 40 до 48 часов.

Единственный месяц, для которого изолинии СКО ПСС приобретают в целом меридиональное направление – март. Значения этой величины увеличиваются с запада Саратовской и Пензенской областей (34-35 ч, Октябрьский Городок, Пенза) на восток Пермского края, Оренбургской области и юг Башкортостана (49-53 ч, Бисер, Оренбург, Зилаир).

В весенне-летний период распределение СКО ПСС для отдельных месяцев имеет особенно сложный характер. Так, в Саратовской области в этот период отмечаются самые стабильные условия – значения СКО ПСС для отдельных месяцев меняются от 32 до 37 ч. Наибольшие значения СКО ПСС для отдельных месяцев наблюдаются в следующих пунктах: для апреля – 46 ч в Удмуртии и на севере Пермского края; для мая – 47 ч в западных районах Пензенской и Нижегородской области; для июня – 56 ч в Нижнем Новгороде; для июля и августа – в Перми 61 ч и 52 ч соответственно.

В сентябре ситуация несколько другая: наименьшее значение СКО ПСС отмечается на севере Пермского края (Чердынь, 32 ч), а наибольшее – в Удмуртии (48 ч, Сарапул).

Для октября распределение значений СКО ПСС в ПФО близко к широтному. Значения возрастают с севера (Чердынь, 18 ч) на юг (Оренбург, 43 ч).

Многолетние тренды продолжительности солнечного сияния

Для каждой из 30 станций были вычислены линейные тренды годовых значений ПСС и значений ПСС для каждого отдельного месяца календарного года. Все оценки трендов для пунктов наблюдений для летних месяцев, которые больше или равны по абсолютной величине 0.8 ч/год, являются статистически значимыми на уровне 0.05, однако в отдельных случаях и меньшие по модулю тренды оказывались значимыми.

Для марта на территории ПФО увеличение ПСС отмечено только в Пензе (около 0.7 ч/год). В апреле заметный рост ПСС (на 0.85-1.05 ч/год) наблюдается в западных пунктах наблюдений: Нижний Новгород, Йошкар-Ола, Пенза и Порецкое (Чувашия). Примерно такая же ситуация (с трендом 0.77-1.24 ч/год) наблюдается в мае: к таким пунктам можно отнести также Ижевск и Сарапул (Удмуртия) (рис. 8а).

В июне восходящий тренд ПСС от 0.79 ч/год (Зилаир, юг Башкирии) до 1.26 ч/год (Оренбург) наблюдается в Саратовской, Самарской, Оренбургской областях, а также в Пензе и Йошкар-Оле. Для июня изолинии представлены на рис. 8б.

Для июля (рис. 9а) совокупность станций с положительным трендом ПСС расширяется: к упомянутым выше можно добавить пункты наблюдений в Нижегородской, Пензенской и Самарской областях, Сарапул (Удмуртия), Порецкое (Чувашия), пункты Кушнаренково и Дуван Республики Башкортостан. Самые высокие темпы увеличения ПСС в июле отмечаются в Пензе, Н. Новгороде и Сарапуле (1.35, 1.32 и 1.21 ч/год соответственно).

Для августа линейный тренд ПСС меняется от 0.7 ч/год (Оренбург) до 1.18 ч/год (Н. Новгород). Значимыми трендами ПСС для этого месяца обладают станции Пензенской области (кроме Земетчино), Нижегородской,

Самарской и Саратовской областей, станции Республик Чувашии, Марий Эл и Татарстана, Сарапул (Удмуртии) и станции западной части Оренбургской области (рис. 9б).

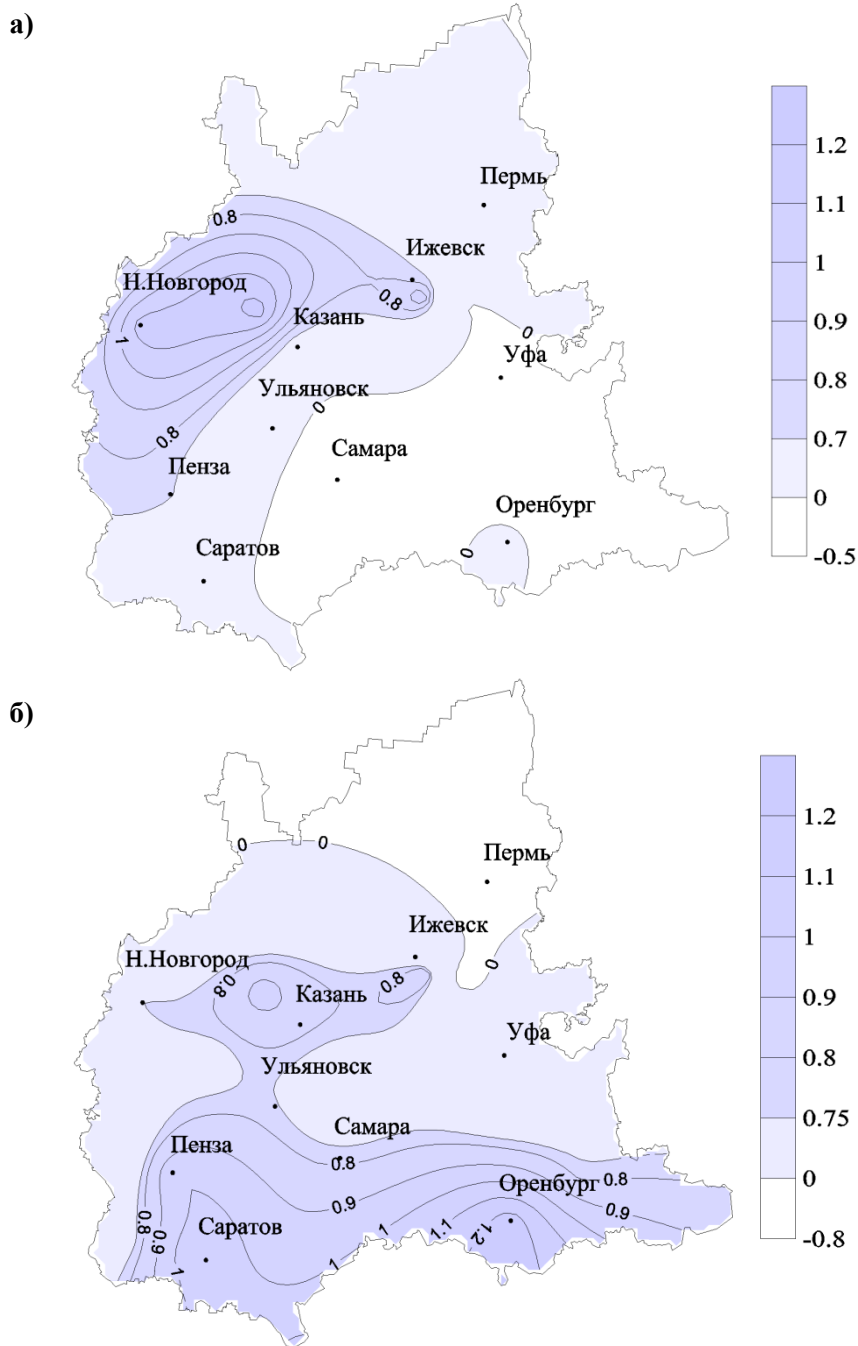


Рисунок 8. Линейный тренд ПСС (ч/год) на территории ПФО: а) май, б) июнь

Figure 8. Linear trends in monthly sunshine duration (hr/year) in the Volga District: a) May, b) June

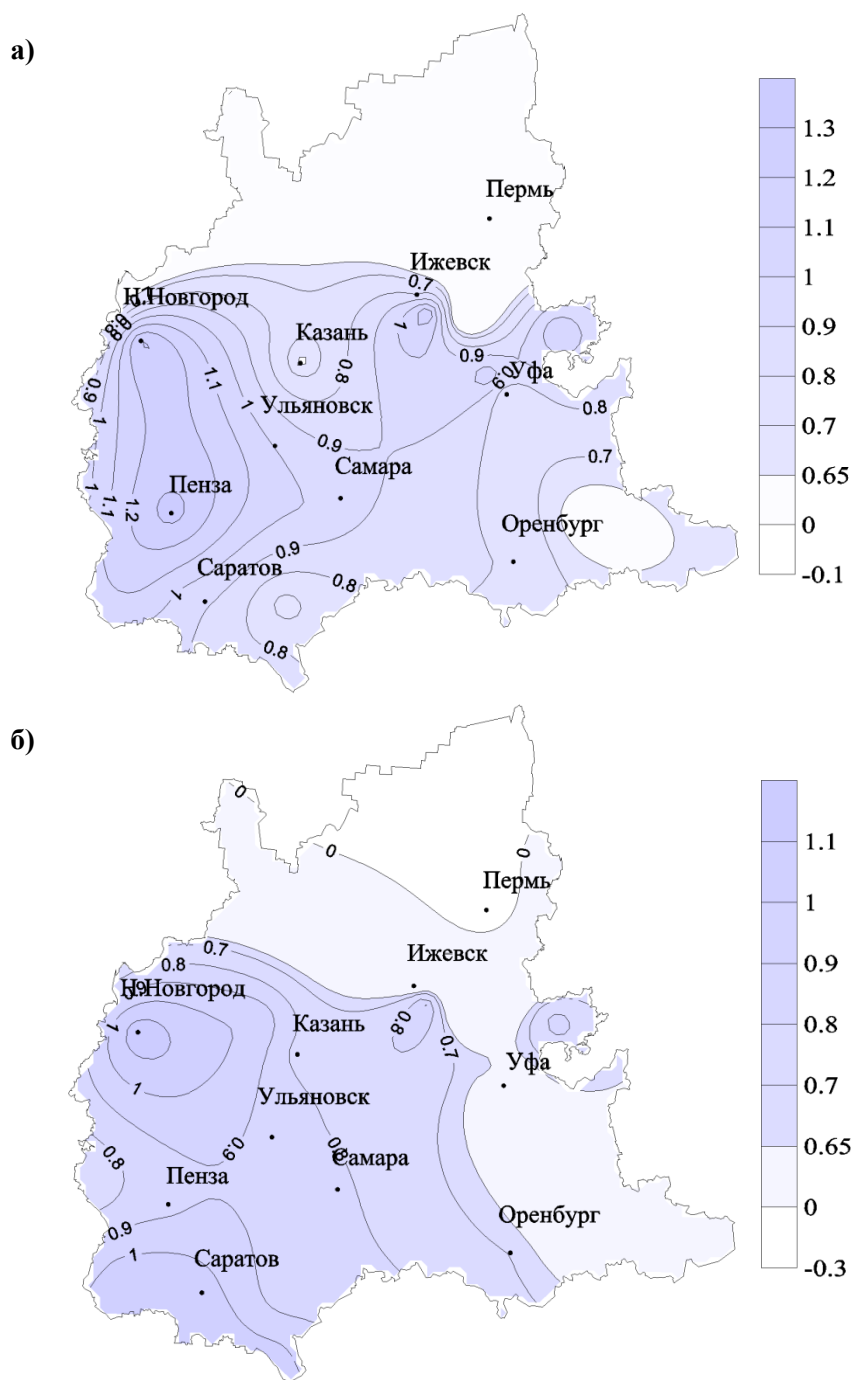


Рисунок 9. Линейный тренд ПСС (ч/год) на территории ПФО: а) июль, б) август
Figure 9. Linear trends in monthly sunshine duration (hr/year) in the Volga District: a) July, b) August

В многолетнем ходе продолжительности солнечного сияния для сентября и октября значимых трендов не обнаружено. В ноябре продолжительность солнечного сияния увеличивается со скоростью 0.4-0.98 ч/год только в самых южных городах округа: Земетчино (Пензенская область), Оренбург, Ершов и Новоузенск (Саратовская область). Среди всех метеостанций ПФО выделяется Сарапул (Удмуртия): только здесь в зимние месяцы отмечаются значимые положительные тренды ПСС (0.4-0.6 ч/год). В январе такой же тренд наблюдается еще и на станции в Ижевске.

Значимые положительные тренды годовой суммы ПСС обнаружены на станциях, находящихся в западных, центральных и южных районах ПФО, за исключением станций в Казани, Октябрьском Городке (Саратовской области) и Безенчуке (юго-запад Самарской области). Таких станций, где обнаружены тренды, 14. Наибольшие значения наблюдаются на станциях в Сарапуле (юго-восток Удмуртии) за счет зимнего периода и в Пензе и Нижнем Новгороде – за счет летнего (8.3 и 6.5-6.6 ч/год соответственно). Распределение изолиний линейного тренда годовых сумм ПСС по территории ПФО сходно с августовским.

В исследуемом периоде годовое значение ПСС на большей части ПФО была минимальной в 1990 году (от 1467 ч в Перми до 2062 ч в Новоузенске, Саратовская область) (табл. 1).

Таблица 1. Экстремальные значения годового значения ПСС на станциях в ПФО за период 1970-2018 гг.

Table 1. Extreme values of yearly total of sunshine duration at the stations of the Volga district in 1970-2018

Станция	Регион	Минимум ПСС в часах, (год наблюдения)	Максимум ПСС в часах, (год наблюдения)
Нижний Новгород	Нижегородская область	1500 (1990)	2458 (2018)
Йошкар-Ола	Марий Эл	1465 (1980)	2188 (2010)
Порецкое	Чувашская Республика	1520 (1983)	2229 (2018)
Пенза	Пензенская область	1646 (1992)	2397 (2009)
Земетчино	Пензенская область	1558 (1990)	2363 (2010)
Казань	Татарстан	1627 (1990)	2336 (2010)
Чулпаново	Татарстан	1702 (1990)	2482 (1996)
Безенчук	Самарская область	1840 (1990)	2531 (2010)
Ижевск	Удмуртская Республика	1648 (1978)	2328 (2010)
Сарапул	Удмуртская Республика	1591 (1983)	2478 (2010)
Пермь	Пермский край	1446 (1992)	2075 (1981)
Бисер	Пермский край	1565 (1994)	2120 (1988)
Чердынь	Пермский край	1481 (1978)	2001 (1981)
Уфа	Башкортостан	1669 (1990)	2373 (2010)

Станция	Регион	Минимум ПСС в часах, (год наблюдения)	Максимум ПСС в часах, (год наблюдения)
Янаул	Башкортостан	1565 (1978)	2332 (2010)
Кушнаренково	Башкортостан	1578 (1983)	2369 (2010)
Дуван	Башкортостан	1558 (1990)	2369 (2010)
Зилаир	Башкортостан	1619 (1990)	2413 (1996)
Оренбург	Оренбургская область	1872 (1990)	2706 (1996)
Октябрьский Городок	Саратовская область	1573 (1990)	2516 (1996)
Росташи	Саратовская область	1662 (1990)	2425 (1996)
Новоузенск	Саратовская область	1870 (1980)	2708 (1996)
Ершов	Саратовская область	1961 (1990)	2770 (1996)

Наибольшие годовые значения ПСС в ПФО наблюдались в 1996 г. (от 1813 ч в Пензе до 2770 ч в Ершове, Саратовская область) и 2010 годы (от 1835 ч, Чердынь, Пермский край до 2631 ч, Оренбург).

Наибольшие значения ПСС для отдельных месяцев календарного года приходятся в основном на 2009-2019 годы.

В исследуемый период в годовом ходе месячных сумм ПСС наблюдались заметные изменения. В западных и юго-западных районах ПФО со временем наиболее солнечными становятся весенние и летние месяцы. В Перми, Башкирии и Удмуртии максимумы месячных значений ПСС наблюдаются в последние годы не только летом, но и зимой.

Заключение

По данным наблюдений установлено, что на территории ПФО средние значения годовых сумм ПСС за 1970-2019 гг. возрастают с севера на юг в соответствии с астрономической инсоляцией, за исключением некоторых районов Татарстана и Башкортостана, что, вероятно, связано с фактором облачности. Изолинии годовых сумм ПСС имеют практически везде широтный характер, за исключением некоторых районов в Среднем Поволжье. Наименьшее многолетнее среднее годовое значение ПСС наблюдается на севере ПФО и в Перми, а наибольшее – в Оренбурге и на юге Саратовской области.

В целом в ПФО наименьшие месячные многолетние средние значения ПСС отмечаются во время зимнего солнцестояния, а наибольшие приходятся на июль или июнь в зависимости от облачности. В летний период наименьшие значения ПСС наблюдаются в северо-восточных и восточных районах ПФО. Максимальные значения довольно стабильны на юге ПФО. На большинстве метеостанций ПФО сезонные максимумы ПСС по месяцам приходятся в основном на 2009-2019 годы.

На большей части территории ПФО (кроме северных, восточных и юго-восточных районов) месячные значения ПСС в 1970-2019 гг. в теплый период

демонстрируют восходящие тренды (уровень значимости 0.05). Самые высокие темпы увеличения продолжительности солнечного сияния отмечаются в летние месяцы.

Благодарности

Автор выражает благодарность редакции журнала за полезные советы и критические замечания по форме и содержанию представленной работы.

Список литературы

Апасова, Е.Г., Клещенко, Л.К. (2023) *Описание массива данных суммарной за месяц продолжительности солнечного сияния на станциях России*, URL: <http://meteo.ru/data/160-sunshine-duration#описание-массива-данных> (дата обращения 12.02.2023).

Будыко, М.И. (1956) *Тепловой баланс земной поверхности*, Л., Гидрометеоздат, 254 с.

Исаев, А.А. (1988) *Статистика в метеорологии и климатологии*, М., Издательство МГУ, 244 с.

Климат России (2001) Под ред. Н.В. Кобышевой, СПб, Гидрометеоздат, 655 с.

Кондратьев, К.Я. (1954) *Лучистая энергия Солнца*, Л., Гидрометеоздат, 600 с.

Мишенина, Ю.А., Севастьянов, В.В. (2018) Продолжительность солнечного сияния в лесной зоне Западно-Сибирской равнины, *Географический вестник*, № 4 (47), с. 77-89.

Наровлянский, Г.Я. (1968) *Авиационная климатология*, Л., Гидрометеоздат, 267 с.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам (1985) Л., Гидрометеоздат, вып. 3, ч. 1, 300 с.

Переведенцев, Ю.П., Николаев, А.А. (2002) *Климатические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Среднего Поволжья и возможности их использования в энергетике*, Казань, Отечество, 122 с.

Переведенцев, Ю.П., Соколов, В.В., Наумов, Э.П. (2013) *Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа*, Казань, Издательство Казанского университета, 274 с.

Переведенцев, Ю.П., Шерстюков, Б.Г., Наумов, Э.П., Верещагин, М.А., Шанталинский, К.М. (2008) *Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан*, Казань, Издательство Казанского университета, 288 с.

Радиационный режим территории СССР (1961) Под ред. Е.П. Барашковой, В.Л. Гаевского, Л.Н. Дьяченко, К.М. Лугиной, З.И. Пивоваровой, Л., Гидрометеоздат, 528 с.

References

Apasova, E.G., Kleshchenko, L.K. (2023) *Opisaniye massiva dannykh summarnoy za mesyats prodolzhitel'nosti solnechnogo siyaniya na stantsiyakh Rossi* [Description of the data set of the total monthly duration of sunshine at the stations of Russia], available at: www.meteo.ru (accessed: 12 February 2023).

Budyko, M.I. (1956) *Teplovoy balans zemnoy poverkhnosti* [Thermal balance of the earth surface], Leningrad, Russia, 254 p.

Isaev, A.A. (1988) *Statistika v meteorologii i klimatologii* [Statistics in meteorology and climatology], Moscow, Russia, 244 p.

Klimat Rossii [The climate of Russia] (2001) In N.V. Kobysheva (ed.), St. Petersburg, 655 p.

Kondratyev, K.Ya. (1954) *Luchistaya energiya Solntsa* [Radiant energy of the Sun], Leningrad, Russia, 600 p.

Mishenina, Y.A., Sevastyanov, V.V. (2018) Prodolzhitel'nost' solnechnogo siyaniya v lesnoj zone Zapadno-Sibirskoy ravniny [Sunshine duration in the forest zone of the West Siberian Plain], *Geograficheskij vestnik*, no. 4(47), pp. 77-89.

Narovlyansky, G.Ya. (1968) *Aviatsionnaya klimatologiya* [Aviation climatology], Leningrad, Russia, 267 p.

Nastavleniye gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam [Instruction to hydrometeorological stations and posts] (1985) Leningrad, Russia, 300 p.

Perevedentsev, J.P., Nikolaev, A.A. (2002) *Klimaticheskie resursy solnechnoy radiacii i vetra na territorii Srednego Povolzh'ya i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v energetike* [Climatic resources of solar radiation and wind in the middle Volga region and the possibility of their use in the energy sector], Kazan', Russia, 122 p.

Perevedentsev, J.P., Sokolov, V.V., Naumov, E.P. (2013) *Klimat i okruzhayushchaya sreda Privolzhskogo federal'nogo okruga* [Climate and environment of the Volga Federal District], Kazan', Russia, 274 p.

Perevedentsev, J.P., Sherstukov, B.G., Naumov, E.P., Vereshchagin, M.A., Shantalinsky, K.M. (2008) *Klimaticheskie usloviya i resursy Respubliki Tatarstan* [Climatic conditions and resources of the Republic of Tatarstan], Kazan', Russia, 288 p.

Radiatsionnyy rezhim territorii SSSR [Radiation regime of the USSR territory] (1961) In Ye.P. Barashkova (ed.), Leningrad, Russia, 528 p.

Поступила в редакцию (Received): 10.09.2024.

Доработана после рецензирования (Revised): 26.11.2024.

Принята к публикации (Accepted): 13.12.2024.

Для цитирования / For citation:

Сабирова, М.В. (2025) Продолжительности солнечного сияния в Приволжском федеральном округе: оценка состояния и трендов, *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 11, № 1, с. 134-151, doi:10.21513/2410-8758-2025-1-134-151.

Sabirova, M.V. (2025) Duration of sunshine in the Volga Federal District: an assessment of status and trends, *Fundamental and Applied Climatology*, vol. 11, no. 1, pp. 134-151, doi:10.21513/2410-8758-2025-1-134-151.