

Оценка туристического климатического индекса для Приволжского федерального округа

Е. М. Парубова , Ю. П. Переведенцев

Казанский Федеральный университет,
Институт экологии и природопользования, Российская Федерация
(420097, г. Казань, ул. Товарищеская, 5)

Аннотация: Цель – оценка благоприятности биоклиматических условий на основе анализа пространственно-временной изменчивости туристического климатического индекса (ТСИ) на территории Приволжского федерального округа (ПФО) за многолетний период.

Материалы и методы. Информационной базой послужили ежедневные метеорологические данные 16 станций, расположенных на территории ПФО, за период 1966 – 2019 годы. Главное внимание уделено анализу ТСИ по месяцам, что позволило оценить биоклиматические условия региона для развития туристической деятельности в течение года.

Результаты и обсуждение. Выявлена зависимость величины ТСИ от циркуляционных процессов, характеризующихся известными индексами атмосферной циркуляции (АО, NAO, SCAND, EAWR). Распределение значений индекса ТСИ по территории ПФО изменяется от «неприемлемого» уровня комфортности в зимние месяцы на большей части территории до «очень хорошего» уровня комфорта в летний период в южной и центральной частях округа.

Выводы. Корреляционные связи ТСИ с индексами АО, NAO, SCAND оказались более тесными зимой, а с индексом EAWR – в период с апреля по октябрь. Наблюдается рост климатической привлекательности региона в связи с продолжающимся потеплением климата.

Ключевые слова: туристический климатический индекс, Приволжский федеральный округ, метеорологические данные, индексы атмосферной циркуляции.

Источник финансирования: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-55-00014).

Для цитирования: Парубова Е. М., Переведенцев Ю. П. Оценка туристического климатического индекса для Приволжского федерального округа // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 1, с. 3-15. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9081>

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы много внимания уделяется проблеме современного глобального потепления климата и оценке последствий этого явления для регионов. Как известно, природные и социально-экономические системы чутко реагируют на погодноклиматические изменения особенно негативного характера. Многочисленные исследования показывают, что жизнедеятельность и здоровье человека зависят от состояния окружающей среды, включая и погодноклиматические факторы. Так, в статьях Б. А. Ревича [8, 9] показано, что во время тепловых и холодных волн происходит уве-

личение смертельных исходов в регионах России. В работе Ю. П. Переведенцева с соавт. [14] приводятся сведения о дополнительных потерях населения в Татарстане из-за сильной жары в 2010 г. Безусловно, это проявление экстремальных условий. Тем не менее, в связи с климатическими изменениями происходят и изменения климатических ресурсов, включая биоклиматические, непосредственно влияющие на здоровье и жизнедеятельность населения различных регионов страны. Ранее в авторских работах [2–7] рассматривались различные аспекты состояния климата и окружающей среды в Приволжском федеральном округе.

© Парубова Е. М., Переведенцев Ю. П., 2022

✉ Парубова Екатерина Михайловна, e-mail: parubovaem@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Согласно этим работам к числу наиболее заметных региональных климатических событий можно отнести следующие закономерности.

Выявленные повышения среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) в Казани за период 1828 – 2019 годы составили примерно 4 °С, в то время как вклад глобальных процессов в изменение температуры составил 37 % зимой и 23 % летом.

В начале XX века осредненная по территории ПФО СГТВ скачкообразно увеличилась на 1,2 °С, при этом вдвое уменьшилась величина межгодовой изменчивости температуры, и минимальный показатель СГТВ значительно повысился от 0,55 °С (1969) до 3,58 °С (2018).

Начиная с 1850 года до настоящего времени в ПФО и Северном полушарии (СП) наблюдается тенденция роста температуры воздуха (ТВ), до середины 1970-х годов эти изменения в СП и ПФО носили колебательный противофазный характер, в последние же десятилетия рост ТВ в ПФО и в СП происходит согласованно.

По данным длиннорядных станций выявилось, что в западной части округа интенсивная фаза современного потепления началась на 5-6 лет раньше, чем на его востоке.

На территории ПФО произошло уменьшение дисперсий отклонений суточной температуры от годового хода в период 1966 – 2019 годы.

В частности, анализ характеристик биоклимата с помощью ряда апробированных биоклиматических показателей (эквивалентно-эффективной температуры, индекса суровости Бодмана, индекса ветрового охлаждения, индекса патогенности и др.) показал, что в целом уровень климатического комфорта в регионе повышается, что является благоприятным фактором для расширения региональной сферы деятельности, в том числе и для туризма. В данной статье главное внимание уделяется оценке привлекательности климатических условий для развития туризма на территории ПФО, а, учитывая современную неблагоприятную

мировую санитарно-эпидемиологическую обстановку (пандемия), всё более востребованным становится местный туризм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследований использовались ежедневные метеоданные 16 станций, расположенных на территории ПФО, за период 1966 – 2019 годы, отобранные из фонда ВНИИГМИ-МЦД, а также индексы атмосферной циркуляции (*NAO*, *AO*, *SCAND*, *EAWR*), которые брались с сайта NOAA EarthSystemResearchLaboratory'sPhysicalSciences Division (PSD) <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>.

Оценка привлекательности климатических условий на территории ПФО проводилась на основе анализа туристического климатического индекса (*TCI*), расчёт которого производился с использованием ежедневных метеорологических данных согласно формуле (1), приведенной в работе [12]:

$$TCI = 2 * (4 * CId + CIa + 2 * R + 2 * S + W), \quad (1)$$

где *CId* – дневной субиндекс комфорта, *CIa* – субиндекс суточной комфортности, *S* – субиндекс продолжительности светового дня, *R* – субиндекс осадков, *W* – субиндекс скорости ветра.

Наиболее значительными по общему вкладу в величину индекса *TCI* считаются субиндексы температурного (теплого) комфорта *CId* и *CIa*. Индекс дневного комфорта (Daytime Comfort Index, *CID*) характеризует условия тепловой комфортности в сезоне с максимальной активностью туристов (физический и психологический комфорт человека) и составляет 40 % от *TCI*. Индекс суточного комфорта (*Daily Comfort Index*, *CIA*) показывает температурный комфорт в течение суток и равен 10 % от величины *TCI* [11]. Субиндексы *CId* и *CIa* рассчитываются по производной от температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра, что является эквивалентно-эффективной температурой (ЭЭТ). Расчет осуществлялся по формуле (2), приведенной в работе А. Миссенарда [13]:

$$ЭЭТ = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014 * f + \frac{1}{1.76 + 1.4 * v^{0.75}}} - 0.29 * t * \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (2)$$

где *t* – температура воздуха, °С; *v* – скорость ветра, м/с; *f* – относительная влажность, %.

Для расчетов субиндекса *CId* применялись максимальная температура за день и соответствующие ей показатели относительной влажности и скорости ветра, а при субиндексе *CIa* – среднесуточные данные [10].

Солнечный субиндекс *S* составляет 20 % от *TCI* и рассчитывается как разность между временем заката и восхода солнца для каждого дня года при учете широты местности и склонения солнца (формулы 3 и 4):

$$T_s = 12 + \frac{12}{\pi} \arccos \left(\frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right), \quad (3)$$

$$T_r = 12 - \frac{12}{\pi} \arccos \left(\frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right), \quad (4)$$

где T_s – время заката, T_r – время восхода, φ – широта местности, δ – склонение солнца.

Субиндекс ветра W . В жарких условиях охлаждающая сила ветра оказывает положительное воздействие, но в холодных условиях охлаждающая сила ветра может иметь негативные последствия для человека. При увеличении скорости ветра увеличивается и дискомфорт, в связи с чем этот показатель считается негативным (10 % от TCI) [15]. При температуре воздуха менее 15 °С, индекс ветрового охлаждения рассчитывается в соответствии с формулой Сайпла, а также, следуя работе [10], производится пересчет ккал в Вт по формуле (5) [1]:

$$ОВ = (\sqrt{100v} + 10,45v)(33 - t_b), \quad (5)$$

где $ОВ$ – охлаждение в ккал/м²ч; v – скорость ветра, м/с; t_b – температура воздуха, °С.

При расчёте субиндекса осадков R показатели осадков за день умножались на число дней в месяце, что дает возможность более подробно описать


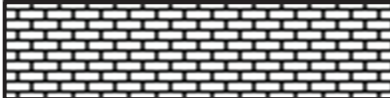




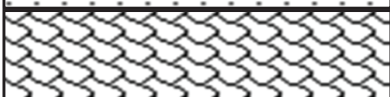

временные и региональные различия в туристическом потенциале региона в определенный период года (20 % в TCI) [10].

При расчете индекса TCI субиндексам присваиваются баллы климатической привлекательности, которые варьируют от 5 (оптимально) до –3 (крайне неблагоприятно). Максимальный показатель TCI составляет 100 баллов, что является характерным для «идеальной климатической привлекательности». В таблице 1 представлены категории климатической привлекательности в зависимости от значений индекса. Индекс TCI был рассчитан для «среднего человека», не учитывая индивидуальные особенности адаптационных механизмов.

Рассчитанные значения туристического климатического индекса для периода 1966-2019 гг. были статистически обработаны, чтобы определить средние величины, средние квадратические отклонения σ (СКО), коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ). Методами корреляционного анализа определялась связь между значениями индекса TCI и индексами атмосферной циркуляции.

Таблица 1

Схема классификации для отображения туристического климатического индекса (TCI) (в баллах) [15]
 [Table 1. Classification scheme for displaying the Tourist Climate Index (TCI) (in points), 15]

Категория отображения / Display category	Описательная категория / Descriptive category	Категория отображения / Display category
	«Очень хороший»	От 70 до 79
	«Хороший»	От 60 до 69
	«Приемлемый»	От 50 до 59
	«Маргинальный»	От 40 до 49
	«Неблагоприятный»	От 30 до 39
	«Очень неблагоприятный»	От 20 до 29
	«Экстремально неблагоприятный»	От 10 до 19
	«Неприемлемый»	От 9 до -9

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде чем анализировать результаты расчетов индекса ТСІ, рассмотрим вкратце пространственно-временное распределение по исследуемой территории основных климатических показателей (средних значений, средних квадратических отклонений (СКО), коэффициентов наклона линейных трендов) температуры воздуха и атмосферных осадков, рассчитанных для каждого месяца года по данным 16 метеостанций для периода 1966-2019 годы. В данный период многолетняя средняя температура воздуха, осредненная по всей территории ПФО, составляет $-11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом она понижается в самом холодном месяце года (январе) от $-8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на юго-западе до $-16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке. Наиболее суровые погодноклиматические условия формируются в предгорьях Уральских гор и на крайнем северо-востоке. Средняя весенняя температура по региону составляет $4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в мае, в самый теплый месяц сезона, средняя многолетняя температура растет от $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ с северо-востока до $16,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на юго-запад. Разница в тепловом режиме северных и южных районов заметно сокращается по сравнению с зимним периодом. Осредненная многолетняя температура за летние месяцы по всем станциям региона составляет $18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в самый жаркий месяц года – июль, причем она возрастает с севера от $17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в южной части региона. Осенью средняя многолетняя температура опускается до $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перепад температуры с севера на юг округа в центральном месяце сезона (октябре) составляет $6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (на севере среднеоктябрьская температура понижается до $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Средняя годовая температура воздуха, осредненная по всей территории, составляет $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом годовая амплитуда температуры достигает $32,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о формировании в ПФО умеренно-континентального климата с наиболее холодными северо-восточными районами и жарким, засушливым юго-востоком.

Межгодовая изменчивость температуры, характеризующаяся величиной СКО, изменяется во времени и по территории ПФО не столь значительно, как температура. Максимальное значение СКО, равное $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, отмечается на станции Лальск (северо-запад) в январе, а минимальное – в июле на юго-западной станции Саратов (СКО= $1,87\text{ }^{\circ}\text{C}$), что свидетельствует о более устойчивом температурном режиме в летние месяцы.

Расчитанные за 54-летний период коэффициенты наклона линейного тренда температуры воздуха (КНЛТ) свидетельствуют об устойчивой тенденции её роста (потепление климата). Так, осредненная величина КНЛТ по региону изменяется от $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10$

лет в апреле до $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет в январе. При этом в зимние месяцы температура воздуха повышается заметно с большей скоростью, чем в летние. Величина КНЛТ, осредненная за зимние месяцы, составляет $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, а за летние – $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Таким образом, на территории округа в последние десятилетия, как и на всем Северном полушарии, происходит достаточно интенсивное потепление со скоростью, превышающей скорость потепления климата всей России. Наибольшие значения КНЛТ отмечаются в январе на северо-востоке территории и в Предуралье, а наименьшие – в апреле в центральной и южной частях ПФО. Естественно, что с потеплением климата изменяются климатические ресурсы и характеристики вегетационного периода. Продолжительность теплого периода увеличивается и сокращается продолжительность холодного. Заметно уменьшается число морозных дней с температурой ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и возрастает число жарких летних дней с температурой выше $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Следует также отметить изменения, происходящие во влажностном режиме, характеризующимся режимом атмосферных осадков, при этом хорошо прослеживается их годовой ход: в июле выпадает максимальное число осадков – 63 мм , а в феврале и марте – минимальное – 29 мм . По территории осадки распределяются неравномерно. Так, в Саратове годовая сумма осадков составляет 395 мм , а на станции Зерносовхоз Озерный (Оренбургская область) всего лишь 271 мм , что свидетельствует о повышении континентальности и сухости климата юго-востока ПФО. Следует также отметить, что Уральские горы способствуют росту осадков на западном склоне. Так, годовая сумма осадков на метеостанции Улу-Теляк достигает 707 мм .

Расчитанные значения КНЛТ атмосферных осадков показывают неоднородный характер их изменения во времени на территории округа. Осредненные по сезонам и по территории ПФО значения КНЛТ положительны и равны соответственно: зима – $1,2\text{ мм}/10$ лет; весна – $1,8\text{ мм}/10$ лет; лето – $0,1\text{ мм}/10$ лет и осень – $0,13\text{ мм}/10$ лет, что свидетельствует о небольшой скорости увлажнения территории. Выделяется юго-восток региона, где на станции Оренбург годовое значение КНЛТ отрицательное и равно $-2,9\text{ мм}/10$ лет. Выделяется также месяц июль, в котором значение КНЛТ, осредненное по всей территории округа, равно $-1,3\text{ мм}/10$ лет, что свидетельствует о росте засушливости особенно в центральной и южной частях региона в этот период.

Таким образом, анализ характеристик изменчивости температурно-влажностного режима на тер-

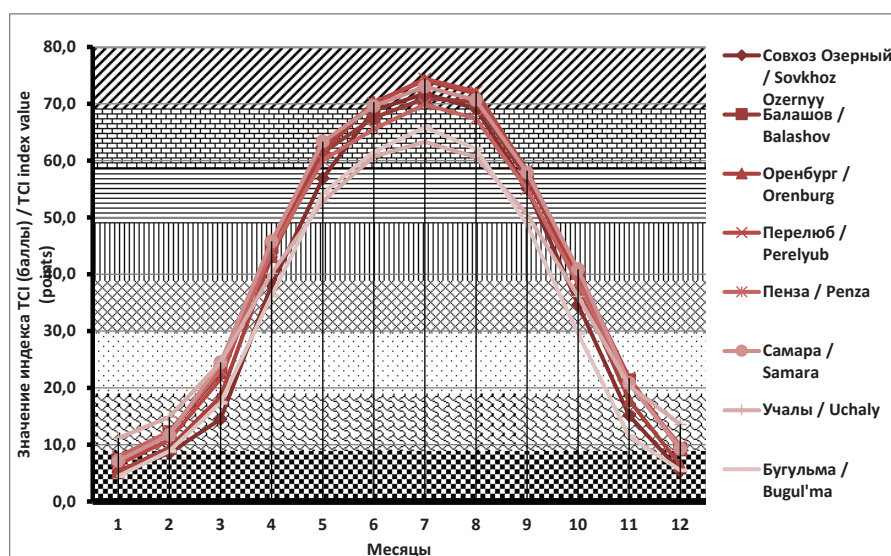
ритории округа в период 1966-2019 годы свидетельствует о заметном росте его теплообеспеченности и слабом приросте атмосферных осадков, особенно в летний период. В целом же климатический фон в Среднем Поволжье и Предуралье, особенно в теплое время года, благоприятен для жизнедеятельности населения и туристической активности.

Рассмотрим результаты расчетов индекса TCI за 54-летний период (1966 – 2019 годы) для различных станций, покрывающих всю территорию ПФО.

Распределение среднегодовых значений индекса TCI (в баллах) на территории ПФО характеризуется максимумом в теплый летний период и минимумом в холодный зимний период, что соответствует годовому ходу метеорологических величин. По террито-

рии ПФО значения индекса изменяются от «неприемлемого» в зимние месяцы до «очень хорошего» в летние. «Очень хороший» уровень комфорта наблюдается в теплый летний период на юге округа (станции с/х Озерный, Балашов, Оренбург, Перелюб, Самара), а также на станции Казань (центральная часть округа), в северной части округа в летние месяцы выделяются «хорошие», «приемлемые» или же «маргинальные» уровни комфортности. В основном по территории ПФО в декабре наблюдается «неприемлемый» уровень комфорта, а «экстремально неблагоприятный» или же «очень неблагоприятный» – в ноябре и феврале, а также в декабре, но только на станции Учалы, расположенной на востоке в Уральских горах (рис. 1).

А)



Б)

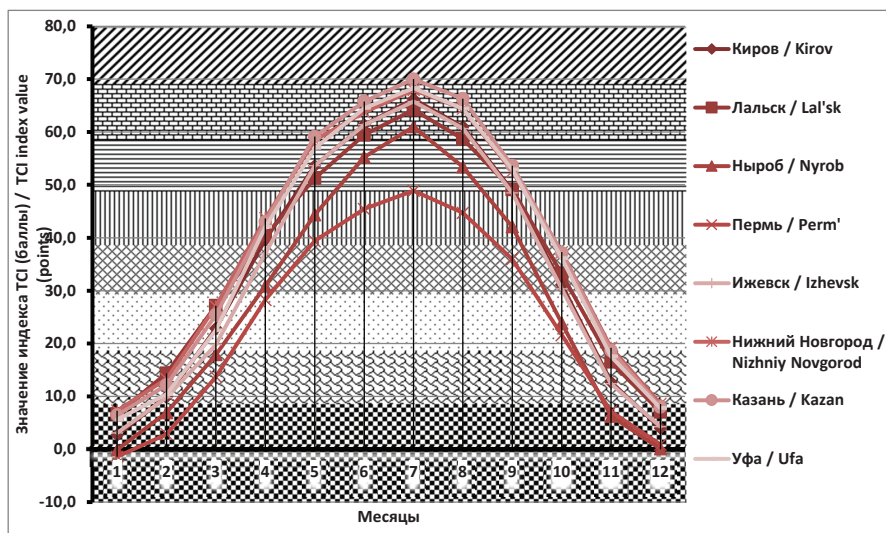


Рис. 1. Годовой ход индекса TCI (в баллах) для ряда станций ПФО

Примечание: А) северная, Б) южная часть округа

[Fig. 1. Annual behavior of the TCI (in points) for a number of stations in the Volga Federal District

Note: A) northern, B) southern part of the district]

В целом на территории ПФО среднемесячные значения индекса *TCI* в течение года изменяются от -1,4 балла (станция Пермь, январь) до 74,4 баллов (станция Перелюб, июль) (табл. 2).

Таблица 2

Средние месячные и годовые значения туристического климатического индекса *TCI*, балл
[Table 2. Average monthly and annual values of the *TCI*, points]

Станции / Stations	Месяцы / Months												Год / Year	А
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Киров / Kirov	2,7	10,0	22,9	39,6	53,6	61,3	66,2	61,0	48,9	31,1	12,7	4,0	34,5	63,5
Лальск / Lal'sk	6,7	14,4	27,2	40,3	51,3	59,5	64,2	58,7	49,1	33,2	16,5	7,0	35,7	57,5
Ныроб / Nyrob	-0,1	6,9	17,9	30,9	44,3	55,3	61,0	53,4	42,1	23,9	6,3	0,1	28,5	61,1
Пермь / Perm'	-1,4	2,9	13,7	28,3	39,4	45,4	48,9	44,7	36,0	21,6	7,1	0,9	24,0	50,3
Нижний Новгород / Nizhniy Novgorod	7,3	13,3	27,0	43,7	58,5	63,7	68,0	64,4	52,6	37,3	19,2	8,6	38,6	60,7
Ижевск / Izhevsk	3,1	9,8	19,8	37,1	53,6	61,4	65,8	60,7	48,5	30,4	12,4	4,3	33,9	62,7
Казань / Kazan	6,5	12,2	25,4	43,0	59,2	65,8	70,0	66,3	53,6	37,1	18,7	8,0	38,8	63,5
Совхоз Озерный / Sovkhoz Ozernyy	5,2	8,5	14,5	38,1	56,9	68,8	71,8	69,1	55,1	34,7	15,1	5,4	36,9	66,7
Балашов / Balashov	7,2	12,2	22,7	44,8	61,4	67,5	71,0	70,4	56,7	40,2	21,3	9,2	40,4	63,7
Оренбург / Orenburg	5,3	9,5	18,5	43,2	61,6	70,3	74,1	71,8	57,8	38,3	17,9	6,4	39,5	68,8
Перелюб / Perelyub	6,5	10,9	21,6	45,3	62,7	70,0	74,4	72,2	58,2	40,2	21,8	9,1	41,1	67,8
Пенза / Penza	7,9	12,3	23,2	44,1	60,1	65,6	69,9	67,4	55,0	38,4	20,7	9,8	39,5	62,0
Самара / Samara	7,2	11,7	24,5	45,8	63,3	69,6	73,0	70,7	57,9	40,9	20,9	9,3	41,2	65,9
Учалы / Uchaly	11,1	14,9	24,5	40,2	52,8	60,7	63,3	60,6	50,6	36,1	20,4	13,6	37,4	52,2
Бугульма / Bugul'ma	4,5	8,9	17,4	36,2	54,3	61,5	65,9	62,1	48,7	29,6	11,5	5,5	33,8	61,4
Уфа / Ufa	5,6	10,4	22,5	42,0	57,0	64,5	68,3	64,4	52,9	36,2	17,6	7,8	37,4	62,7
Среднее / The average	5,3	10,5	21,5	40,2	55,6	63,2	67,2	63,6	51,5	34,3	16,2	6,8	36,3	61,9
Минимум / Minimum	-1,4	2,9	13,7	28,3	39,4	45,4	48,9	44,7	36,0	21,6	6,3	0,1	24,0	50,3
Максимум / Maximum	11,1	14,9	27,2	45,8	63,3	70,3	74,4	72,2	58,2	40,9	21,8	13,6	41,2	68,8

Примечание: А – годовая амплитуда *TCI*.

[Note: A – *TCI* annual amplitude].

В самом холодном месяце года – январе – значения индекса *TCI* возрастают по территории ПФО от -1,4 балла (станция Пермь, северо-восток) до 11,1 балла (станция Учалы, расположенная восточнее Уральских гор). В январе по мере продвижения с северо-востока на юго-запад происходит увеличение *TCI* (рис. 2).

В июле параметр туристической привлекательности увеличивается с северо-востока на юго-запад (рис. 3). Так, на станции Пермь значение *TCI* = 48,9 балла, а в южной части округа (станции Перелюб и Оренбург) индекс *TCI* достигает 74 баллов.

Расчет коэффициентов наклона линейных трендов среднегодовых значений туристиче-

ского климатического индекса *TCI* показал, что в большинстве территорий ПФО наблюдается рост КНЛТ с неравномерной скоростью, достигающей 2,03 балла/10 лет (станция Самара). Анализ трендов по месяцам показывает, что, как правило, значения КНЛТ в годовом ходе положительны (исключением является станция Пермь, где в период «февраль-сентябрь» тренд отрицательный; одиночные случаи отрицательных трендов проявляются и на станциях с/х Озерный и Перелюб) (табл. 3). Все это свидетельствует о росте климатической привлекательности региона в связи с продолжающимся потеплением климата.

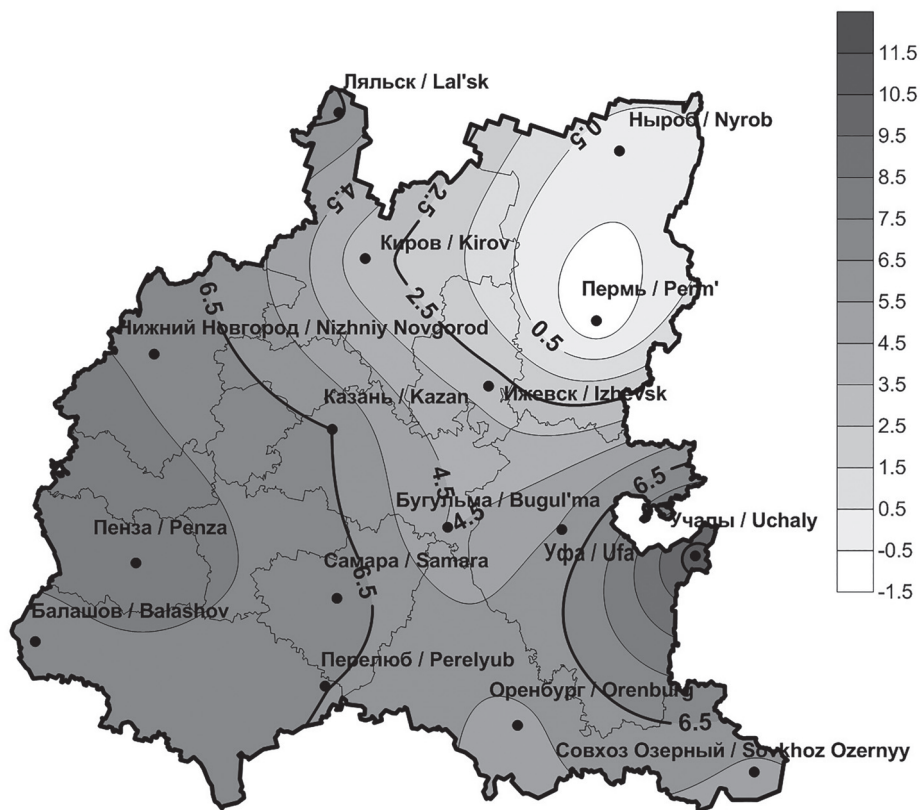


Рис. 2. Среднее январское значение туристического климатического индекса TCI на территории ПФО (балл)
 [Fig. 2. Average January value of the TCI in the Volga Federal District (point)]



Рис. 3. Среднее июльское значение туристического климатического индекса TCI на территории ПФО (балл)
 [Fig. 3. Average July value of the TCI in the Volga Federal District (point)]

Средние месячные и годовые значения коэффициентов наклона линейного тренда туристического климатического индекса TCI, балл/10лет

[Table 3. Average monthly and annual values of slope coefficients of the linear trend of the TCI, points/10 years]

Станции / Stations	Месяцы / Months												Год / Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Киров / Kirov	0,83	1,21	1,16	1,74	1,60	0,79	1,25	0,95	2,26	2,40	1,70	1,27	1,43
Лальск / Lal'sk	1,39	1,60	1,04	1,85	1,59	0,45	1,03	0,62	1,48	2,18	1,46	1,93	1,38
Ныроб / Nyrob	0,25	0,64	0,49	1,29	1,48	0,50	1,11	0,95	1,48	1,72	1,25	0,79	0,99
Пермь / Perm'	0,05	-0,60	-1,00	-0,64	-0,65	-1,31	-1,14	-1,12	-0,30	0,41	0,40	-0,14	-0,50
Нижний Новгород / Nizhniy Novgorod	1,78	2,02	1,76	1,75	1,73	1,01	1,69	1,32	2,15	2,98	2,57	2,48	1,94
Ижевск / Izhevsk	0,86	0,80	0,45	0,52	0,61	0,45	0,41	0,49	1,35	1,84	1,41	0,71	0,82
Казань / Kazan	1,18	1,43	1,58	2,09	1,48	1,53	1,50	1,20	1,79	3,23	2,82	1,82	1,80
Совхоз Озерный / Sovkhoz Ozernyy	-0,03	-0,01	-0,28	0,12	0,44	0,74	0,27	1,16	0,42	1,57	0,58	-0,11	0,41
Балашов / Balashov	1,24	0,85	1,14	0,80	0,45	0,89	1,10	0,60	1,12	1,59	1,52	1,63	1,08
Оренбург / Orenburg	0,43	0,63	0,45	0,60	0,55	1,32	0,96	1,30	1,15	2,08	1,46	0,93	0,99
Перелюб / Perelyub	0,37	0,21	0,19	-0,17	0,27	1,10	0,88	0,81	0,86	2,52	1,00	0,53	0,71
Пенза / Penza	1,70	1,77	2,31	1,67	1,29	1,38	1,56	1,48	1,77	2,75	2,51	2,13	1,86
Самара / Samara	1,69	1,83	2,47	1,57	1,37	1,84	1,82	1,46	1,69	3,15	3,10	2,37	2,03
Учалы / Uchaly	0,33	0,43	-0,28	-0,15	0,54	1,09	0,63	0,39	0,24	0,66	0,31	0,21	0,37
Бугульма / Bugul'ma	0,44	0,58	0,18	0,45	0,56	1,05	1,21	0,99	1,15	2,05	1,33	0,57	0,88
Уфа / Ufa	0,82	0,88	1,18	1,16	0,86	1,07	1,26	1,08	1,41	2,18	1,64	0,35	1,16
Среднее / The average	0,83	0,89	0,80	0,92	0,89	0,87	0,97	0,86	1,25	2,08	1,57	1,09	1,08
Минимум / Minimum	-0,03	-0,60	-1,00	-0,64	-0,65	-1,31	-1,14	-1,12	-0,30	0,41	0,31	-0,14	-0,50
Максимум / Maximum	1,78	2,02	2,47	2,09	1,73	1,84	1,82	1,48	2,26	3,23	3,10	2,48	2,03

Для оценки межгодовых изменений индекса TCI рассчитывались значения среднего квадратического отклонения (СКО). Согласно данным табл. 4, величины СКО меняются в пределах 4,6-6,3 баллов. В зимние месяцы значения СКО туристического климатического индекса TCI минимальны (например, в феврале для станции Зерносовхоз Озерный СКО = 1,4 балла), а осенью и весной их значения максимальны (так, на станции Казань в октябре СКО = 7,9 балла).

Как известно, атмосферная циркуляция – один из основных климатообразующих факторов, влияющих на характер температурного режима и атмосферных осадков различных регионов. В качестве показателей её интенсивности рассматриваются так называемые индексы циркуляции, привязанные к различным географическим регионам. На практике

часто используются временные ряды индексов атмосферной циркуляции NAO, SCAND, EAWR, характеризующих колебания главных барических центров Атлантико-Европейского сектора и оказывающих влияние на погодно-климатические условия Европейской части России. Нами рассчитывались коэффициенты корреляции (r) между среднемесячными значениями индексов атмосферной циркуляции и значениями туристического климатического индекса TCI по территории ПФО в период 1966 – 2019 годы. Значимыми являются коэффициенты корреляции, согласно критерия Стьюдента, превышающие значения 0,28. Анализ результатов показал, что более тесные положительные связи между циркуляцией атмосферы (индекс NAO) и значениями индекса TCI наблюдаются в январе – марте (коэффициент корреляции составляет 0,51 – 0,57 (рис. 4).

Это свидетельствует о заметном влиянии Северной Атлантики на биоклиматический потенциал региона зимой. Летом в условиях максимального прихода

солнечной радиации влияние Атлантики несущественно, из-за чего летние коэффициенты корреляции становятся незначимыми.

Таблица 4

Средние месячные и годовые значения СКО туристического климатического индекса *TCI*, балл
[Table 4. Average monthly and annual values of RMS of the *TCI*, points]

Станции / Stations	Месяцы / Months												Год / Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Киров / Kirov	2,9	3,8	5,1	6,3	5,8	5,4	6,0	5,3	5,8	6,9	5,8	4,1	5,3
Лальск / Lal'sk	4,7	5,0	6,9	6,3	6,5	5,5	5,1	4,3	4,6	6,8	6,1	4,8	5,5
Ныроб / Nyrob	2,3	2,9	5,1	6,7	5,9	5,4	5,6	5,1	5,6	6,3	4,5	3,1	4,9
Пермь / Perm'	3,1	5,1	6,4	6,3	5,1	5,5	6,7	6,5	5,8	6,7	5,9	3,5	5,6
Нижний Новгород / Nizhniy Novgorod	4,4	5,4	6,3	5,9	6,8	5,7	6,1	6,2	6,1	7,6	7,1	5,8	6,1
Ижевск / Izhevsk	2,6	3,8	5,0	6,9	5,8	5,6	5,5	5,8	5,7	6,8	5,7	4,0	5,3
Казань / Kazan	4,4	4,4	6,3	6,8	5,9	6,4	5,9	6,0	6,2	7,9	7,5	5,6	6,1
Совхоз Озерный / Sovkhoz Ozernyy	1,7	1,4	4,0	7,4	5,3	6,2	5,1	5,2	4,7	6,7	4,6	2,2	4,6
Балашов / Balashov	3,7	3,6	6,4	5,6	5,3	6,4	5,7	5,9	6,1	5,4	5,7	5,2	5,4
Оренбург / Orenburg	2,4	2,4	4,7	7,2	5,1	6,7	6,4	6,4	5,6	6,9	6,2	4,1	5,3
Перелюб / Perelyub	2,9	3,5	5,7	6,8	4,9	6,5	5,8	5,7	5,6	6,5	5,9	4,4	5,3
Пенза / Penza	4,3	4,4	6,3	6,3	5,4	6,7	6,2	5,7	6,3	7,2	6,5	5,8	5,9
Самара / Samara	4,3	4,7	6,5	7,4	6,0	7,1	6,5	6,2	6,3	7,7	7,7	5,8	6,3
Учалы / Uchaly	5,4	5,3	6,0	6,4	4,7	5,7	5,1	4,4	4,9	6,3	6,4	5,6	5,5
Бугульма / Bugul'ma	3,2	2,6	5,0	7,6	6,2	6,7	6,2	6,4	6,7	7,7	5,8	4,0	5,7
Уфа / Ufa	3,5	3,6	5,4	7,4	5,2	5,9	5,0	5,2	5,5	6,9	6,9	4,9	5,5
Среднее / The average	3,5	3,9	5,7	6,7	5,6	6,1	5,8	5,6	5,7	6,9	6,1	4,6	5,5
Минимум / Minimum	1,7	1,4	4,0	5,6	4,7	5,4	5,0	4,3	4,6	5,4	4,5	2,2	4,6
Максимум / Maximum	5,4	5,4	6,9	7,6	6,8	7,1	6,7	6,5	6,7	7,9	7,7	5,8	6,3

Циркуляционная мода Восточная Атлантика – Западная Россия (*EAWR*) оказывает наибольшее влияние на климатические условия, характеризующиеся индексом *TCI* в период «апрель-октябрь», когда значения r достигают величин 0,74 (рис. 5). Скандинавский индекс (*SCAND*) активно проявляется на северо-востоке региона в декабре, где r достигает значения 0,50.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного исследования по оценке биоклиматического потенциала ПФО с использованием туристического климатического индекса можно сделать следующие выводы.

1. Благоприятные биоклиматические условия для туристической деятельности на рассматриваемой территории наблюдаются летом, о чем говорит летний максимум годового хода индекса *TCI*.

2. Распределение значений индекса *TCI* по территории ПФО изменяется от «неприемлемого» уровня комфортности в зимние месяцы на большей части территории до «очень хорошего» уровня комфорта в летний период в южной и центральной частях округа (станции с/х Озерный, Балашов, Оренбург, Перелюб, Самара, Казань).

3. Преимущественно положительные значения коэффициентов наклонного линейного тренда *TCI* на территории округа в течение года свидетельствуют об улучшении биоклиматических условий для развития туристической деятельности.

4. По данным корреляционного анализа статистические связи *TCI* с индексами *AO*, *NAO*, *SCAND* более тесные зимой, а с индексом *EAWR* – в период «апрель-октябрь».



Рис. 4. Распределение средненянварских коэффициентов корреляции между значениями NAO и туристического климатического индекса TCI на территории ПФО
[Fig. 4. Distribution of the average January correlation coefficients between the values of NAO and the TCI in the Volga Federal District]

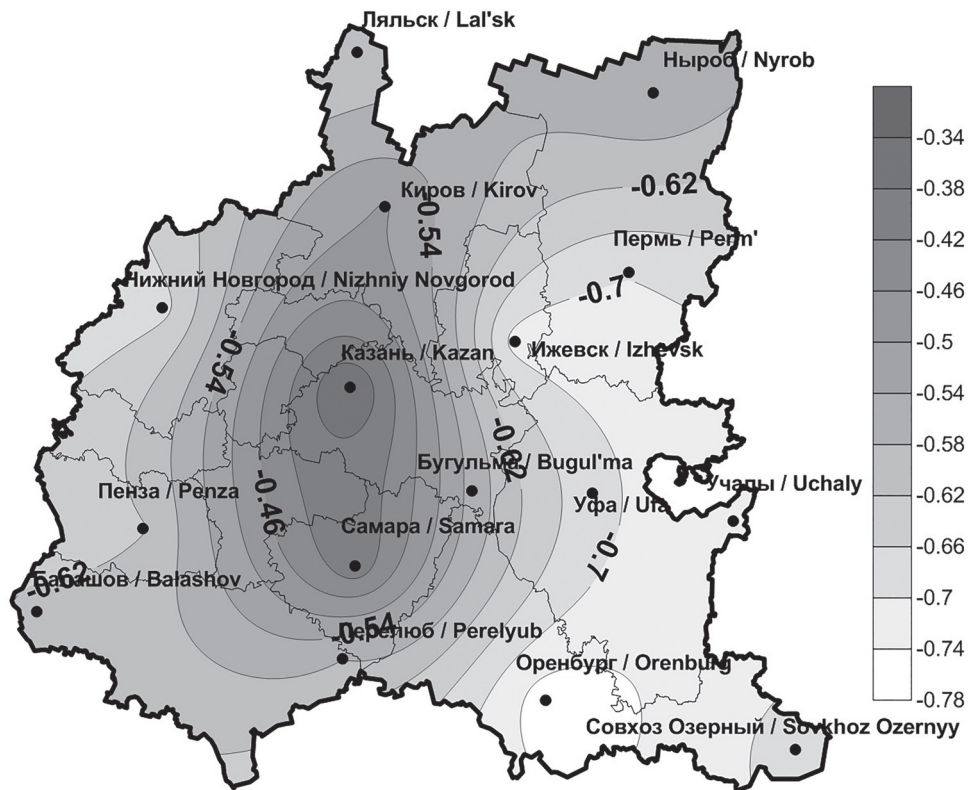


Рис. 5. Среднее значение коэффициента корреляции между значениями EA/WR и туристического климатического индекса TCI на территории ПФО в мае
[Fig. 5. The average value of the correlation coefficient between the values of EA / WR and the TCI in the Volga Federal District in May]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартон А., Эдхолм О. *Человек в условиях холода*. Москва: Изд-во Иностранной литературы, 1957. 333 с.
2. Переведенцев Ю.П., Ауахаев Т.Р., Антонова А.В. и др. Оценка степени комфортности территории Приволжского федерального округа для проживания человека // *Российский журнал прикладной экологии*, 2016, № 4, с. 3-7.
3. Переведенцев Ю.П., Шумихина А.В. Динамика биоклиматических показателей комфорта природной среды в Удмуртской Республике // *Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки*, 2016, т. 158, кн. 4, с. 531-547.
4. Переведенцев Ю.П., Шумихина А.В., Шанталинский К.М. и др. Опасные гидрометеорологические явления на территории Приволжского федерального округа // *Метеорология и гидрология*, 2019, № 12, с. 20-30.
5. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М. и др. Климатические изменения в Приволжском федеральном округе в XIX—XXI веках // *Метеорология и гидрология*, 2020, № 6, с. 36-46.
6. Переведенцев Ю.П., Васильев А.А., Шерстюков Б.Г. и др. Климатические изменения на территории России в конце XX начале XXI века // *Метеорология и гидрология*, 2021, № 10, с. 14-26.
7. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А. Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // *Метеорология и гидрология*, 2014, № 4, с. 32-48.
8. Ревич Б.А. Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата // *Проблемы прогнозирования*, 2008, № 3 (108), с. 140-150.
9. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых районах России // *Проблемы прогнозирования*, 2012, № 2, с. 122-138.
10. Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н., Лубков А.С. Оценка биоклиматического потенциала черноморских курортов Крыма для развития туризма в регионе // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, 2020, № 5, с. 35-44.
11. Хоссейни С.С., Рубцов В.А., Габдрахманов Н.К. и др. Определение приоритетных зон развития пустынного туризма с помощью ГИС (на примере иранской провинции Исфahan) // *Известия РАН. Серия Географическая*, 2016, № 5, с. 109-118.
12. Mieczkowski Z. The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism // *The Canadian Geographer*, 1985, vol. 29, no. 3, pp. 220-233.
13. Missenard F. Temperature effective d'une atmosphere Generalisation température résultante d'un milieu // *Encyclopedie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation. Librairie de l'Enseignement Technique*, 1933, pp. 131-185.
14. Perevedentsev Yu.P., Malkhazova S.M., Auhadev T.R. et al. Medical and demographic consequences of climate change and assessment of comfort level of weather-climatic conditions in the Volga Federal District // *Geography, Environment and Sustainability*, 2016, no. 4, pp. 63-76.
15. Scott D., McBoyle G. Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource // *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkadiki, Greece*, 2001, pp. 69-88.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 22.11.2021

Принята к публикации 03.03.2022

UDC 913 (4):551.586

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9081>

Assessment of the Tourist Climate Index for the Volga Federal District

E. M. Parubova✉, Yu. P. Perevedentsev

Kazan Federal University, Institute of Ecology and Nature Management, Russian Federation
(420097, Kazan, Tovarishcheskaya Str., 5)

Abstract: The purpose is to assess the favourable bioclimatic conditions based on the analysis of the spatial and temporal variability of the Tourist Climate Index (TCI) in the Volga Federal District over a long period.

Materials and methods. The information base was the daily meteorological data of 16 stations located on the territory of the Volga Federal District for the period 1966-2019. The main focus is on the analysis of TCI

© Parubova E. M., Perevedentsev Yu. P., 2022

✉ Ekaterina M. Parubova, e-mail: parubovaem@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

by month, which made it possible to assess the bioclimatic conditions of the region for the development of tourism activities during the year.

Results and discussion. The dependence of the TCI value on circulation processes characterized by known atmospheric circulation indices (AO, NAO, SCAND, and EAWR) has been revealed. The distribution of TCI index values across the territory of the Volga Federal District varies from an "unacceptable" comfort level in winter months in the most part of the territory to "very good" comfort level in summer period in southern and central parts of the district.

Conclusions. TCI correlations with the AO, NAO, and SCAND indices turned out to be closer in winter, and with the EAWR index - in the period from April to October. There is an increase in the climatic attractiveness of the region due to the ongoing climate warming.

Key words: tourist climate index, Volga Federal District, meteorological data, atmospheric circulation indices.

Funding: The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects 20-55-00014).

For citation: Parubova E.M., Perevedentsev Yu.P. Assessment of the Tourist Climate Index for the Volga Federal District. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografiya. Geoekologiya*, 2022, no. 1, pp. 3-14. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9081>

REFERENCES

1. Barton A., Edkholm O. *Chelovek v usloviyakh kholoda* [A person in cold conditions]. Moscow: Izd-vo Inostrannoy literatury, 1957. 333 p. (In Russ.)
2. Perevedentsev Yu. P., Aukhadeev T. R., Antonova A. V. i dr. Otsenka stepeni komfortnosti territorii Privolzhskogo federal'nogo okruga dlya prozhivaniya cheloveka [Assessment of the degree of comfort of the territory of the Volga Federal District for human habitation]. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*, 2016, no. 4, pp. 3-7. (In Russ.)
3. Perevedentsev Yu. P., Shumikhina A. V. Dinamika bioklimaticheskikh pokazateley komforta prirodnoy sredy v Udmurtskoy Respublike [Dynamics of bioclimatic indicators of comfort of the natural environment in the Udmurt Republic]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*, 2016, vol. 158, book 4, pp. 531-547. (In Russ.)
4. Perevedentsev Yu. P., Shumikhina A. V., Shantalinskiy K. M. i dr. Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na territorii Privolzhskogo federal'nogo okruga [Dangerous hydrometeorological phenomena on the territory of the Volga Federal District]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2019, no. 12, pp. 20-30. (In Russ.)
5. Perevedentsev Yu. P., Sherstyukov B. G., Shantalinskiy K. M. i dr. Klimaticheskie izmeneniya v Privolzhskom federal'nom okruge v XIX-XXI vekakh [Climatic changes in the Volga Federal District in the XIX-XXI centuries]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2020, no. 6, pp. 36-46. (In Russ.)
6. Perevedentsev Yu. P., Vasil'ev A. A., Sherstyukov B. G. i dr. Klimaticheskie izmeneniya na territorii Rossii v kontse XX nachale XXI veka [Climatic changes on the territory of Russia in the late XX early XXI century]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2021, no. 10, pp. 14-26. (In Russ.)
7. Perevedentsev Yu. P., Shantalinskiy K. M., Vazhnova N. A. Prostranstvenno-vremennye izmeneniya osnovnykh pokazateley temperaturno-vlazhnostnogo rezhima v Privolzhskom federal'nom okruge [Spatial-temporal changes of the main indicators of temperature and humidity conditions in the Volga Federal district]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, no. 4, pp. 32-48. (In Russ.)
8. Revich B. A. Izmenenie zdorov'ya naseleniya Rossii v usloviyakh menyayushchegosya klimata [Change in the health of Russia's population in a changing climate]. *Problemy prognozirovaniya*, 2008, no. 3 (108), pp. 140-150. (In Russ.)
9. Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Izmeneniya klimata, volny zhary i kholoda kak faktory riska povyshennoy smertnosti naseleniya v nekotorykh rayonakh Rossii [Climate change, heat wave and cold as risk factors of increased mortality in some regions of Russia]. *Problemy prognozirovaniya*, 2012, no. 2, pp. 122-138. (In Russ.)
10. Stefanovich A. A., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S. Otsenka bioklimaticheskogo potentsiala chernomorskikh kurortov Kryma dlya razvitiya turizma v regione [Assessment of the bioclimatic potential of the Black Sea resorts of Crimea for the development of tourism in the region]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, 2020, no. 5, pp. 35-44. (In Russ.)
11. Khosseyini S. S., Rubtsov V. A., Gabdrakhmanov N. K. i dr. Opredelenie prioritetnykh zon razvitiya pustynnogo turizma s pomoshch'yu GIS (na primere iranskoy provintsii Isfakhan) [Identification of priority areas for the development of desert tourism using GIS (using the example of the Iranian province of Isfahan)]. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*, 2016, no. 5, pp. 109-118. (In Russ.)
12. Mieczkowski Z. The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer*, 1985, vol. 29, no. 3, pp. 220-233.
13. Missenard F. Température effective d'une atmosphere Généralisation température résultante d'un milieu. *Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation. Librairie de l'Enseignement Technique*, 1933, pp. 131-185.
14. Perevedentsev Yu. P., Malkhazova S. M., Aukhadeev T. R. et al. Medical and demographic consequences of climate change and assessment of comfort level of weather-climatic conditions in the Volga Federal District. *Geography, Environment and Sustainability*, 2016, no. 4, pp. 63-76.

15. Scott D., McBoyle G. Using a 'tourism climate index' to examine the implications of climate change for climate as a tourism resource. *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkadiki, Greece, 2001*, pp. 69-88.

Парубова Екатерина Михайловна
аспирант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-3407-0130, e-mail: parubovaem@mail.ru

Переведенцев Юрий Петрович
доктор географических наук, профессор кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-3181-6227, e-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 22.11.2021

Accepted: 03.03.2022

Ekaterina M. Parubova
Postgraduate student of the of the Department of meteorology, climatology and atmosphere ecology, Institute of the Institute of Environmental Sciences, Kazan, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3407-0130, e-mail: parubovaem@mail.ru

Yuri P. Perevedentsev
Dr. (Geogr.) Sci., Professor of the Department of meteorology, climatology and atmosphere ecology, Institute of the Institute of Environmental Sciences, Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3181-6227, e-mail: Yuri.Perevedentsev@ksu.ru