

УДК 551.515:616-005.4(470.41)(045)

*Ю.П. Переведенцев, З.И. Ханнанова, Т.Р. Аухадеев***СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ COVID-19 В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ¹**

Дается оценка корреляционной связи между метеорологическими факторами (температура воздуха, атмосферное давление, относительная влажность воздуха, скорость ветра, облачность), представленными в виде обобщенных биоклиматических индексов (эффективная температура, эквивалентно-эффективная температура, индекс патогенности), и заболеваемостью населения COVID-19 в период 2020–2021 гг. на территории Приволжского федерального округа (ПФО). Отдельно рассматриваются процессы в субъектах ПФО и в целом по округу. Выявлена отрицательная корреляция между рассматриваемыми параметрами, что свидетельствует об усилении эпидемии в холодный период и ослаблении в теплый. Наиболее тесная связь устанавливается между параметрами через 15 суток (время инкубационного периода). Результаты, обобщенные по всему округу, носят более достоверный характер, чем по отдельным субъектам.

Ключевые слова: COVID-19, биоклиматические индексы, температура воздуха, эффективная температура, эквивалентно-эффективная температура, индекс патогенности, корреляция, Приволжский федеральный округ.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-1-42-49

Начиная с пионерской работы А. Миссенарда, увидевшей свет в 1937 г. [1], и по настоящее время было опубликовано большое число научных работ, посвященных изучению влияния меняющихся погодных-климатических условий на жизнедеятельность и здоровье населения. Для оценки влияния окружающей среды на здоровье населения используется ряд специальных индексов, включающих в себя набор метеорологических показателей. Одним из наиболее популярных биометеорологических индексов является эффективная температура, рассчитываемая по формуле Миссенарда [1]:

$$ЭТ = T - 0,4(T - 10) \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (1)$$

где T – температура воздуха, °С, f – относительная влажность, %.

Комфортные условия для человека формируются при эффективной температуре, находящейся в пределах 22,5–24,5°С [2].

На практике также часто используется эквивалентно-эффективная температура ET для оценки теплоощущения обнаженного по пояс человека:

$$ET = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} - 0,29T \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (2)$$

где v – скорость ветра (м/с) на высоте 1,5 м.

Более обобщенной характеристикой является комплексный метеорологический индекс патогенности I , предложенный В. Г. Бокшей и Б. В. Богучкиным для оценки влияния быстро меняющихся погодных условий на состояние человека [3]:

$$I = 10^{\frac{f-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06n^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + I_t, \quad (3)$$

где I_t – индекс патогенности температуры воздуха (ТВ): $I_t = 0,02(18-t)^2$ при температуре меньшей или равной 18°С; $I_t = 0,02(t-18)^2$ при температуре выше 18°С; t – среднесуточная температура воздуха, °С; f – среднесуточная относительная влажность (%); v – скорость ветра, м/с; n – балл облачности, определяемый по 10-балльной шкале (0 – отсутствие облаков, 10 баллов – сплошная облачность); Δp – межсуточное изменение давления, гПа; Δt – межсуточное изменение температуры воздуха, °С.

При этом в случае попадания индекса патогенности в диапазон 0–9 условия погоды будут оптимальными (комфортными), 10–24 – раздражающими и при $I > 24$ острыми.

В монографии [4] изложена методика расчета ряда биометеорологических индексов и произведены расчеты для территории Приволжского федерального округа для периода 1966–2010 гг. В част-

¹ Статья подготовлена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №20-55-00014).

ности, в ней приведены показания смертности населения в Татарстане в летний период 2008–2015 гг., из которых следует, что в экстремально жарких условиях лета 2010 г. увеличение смертности в августе 2010 г. по сравнению с августом 2009 г. в Республике Татарстан возросло на 52,4 %. В [5] показаны неблагоприятные последствия для населения России, вызванные июльской жарой 2010 г. Это увеличение числа смертей, заболеваний органов дыхания и кровообращения, эндокринной системы и др.

В работе [6] показано, что количество вызовов скорой помощи зависит от внутрисуточных изменений атмосферного давления и температуры воздуха (ТВ). Анализ биоклиматических факторов, оказывающих влияние на жизнедеятельность человека на территории Российской Федерации с учетом разнообразных физико-географических условий, выполнен на фоне меняющегося климата в работе [7].

Отметим также, что по данным Всемирной организации здравоохранения в мире в год происходит около 150 тыс. преждевременных смертей из-за климатических изменений. Однако эти потери не идут ни в какое сравнение с современными мировыми потерями из-за заболевания COVID-19. В середине февраля 2022 г. количество заболевших в мире достигло 400 млн человек, в отдельных странах (Англия) наблюдается 5 волна пандемии. Более того, в конце 2021 г. появился его новый штамм «омикрон», который начал быстро распространяться по планете из своего очага – Южно-Африканской Республики. В результате этого в России в феврале 2022 г. произошел всплеск заболеваемости коронавирусом, количество заболевших достигло 200 тыс. случаев в день.

Из-за пандемии сокращается продолжительность жизни населения России и возрастает смертность. Следует также отметить, что в России отмечен наиболее высокий процент смертности населения из числа заболевших. К этому следует добавить, что и природные условия на обширной территории РФ наиболее многообразны и далеки от комфорта. Так, средняя годовая температура воздуха в стране составляет всего лишь -4°C , а зона вечной мерзлоты занимает 60 % ее территории, то есть это холодная страна. Динамика климатических условий в Северном полушарии и на территории Приволжского федерального округа в XIX–XXI столетиях представлена в авторских работах [8–10].

Цель настоящей статьи – выявить связь заболеваемости COVID-19 с меняющимися погодными условиями на территории Приволжского федерального округа (ПФО), характеризующимися температурой воздуха, атмосферным давлением, влажностью воздуха, скоростью ветра, наличием облачности. На наш взгляд, состояние атмосферы оказывает свое влияние на распространение вируса в окружающей среде, в том числе и косвенное. Безусловно, проблема заболеваемости населения коронавирусом является многофакторной, и вакцинация способствует понижению рисков уязвимости для ковида. Тем не менее, межсуточные перепады температуры воздуха и атмосферного давления, влажность воздуха, ветер и солнце оказывают свое воздействие не только на здоровье человека, но и на живучесть вируса.

Материалы и методы исследований

В качестве исходных данных о заболеваемости COVID-19 использовались сведения о заболевших в период 30.03.2020–31.12.2021 гг. в субъектах Приволжского федерального округа [11], а также ежедневные данные метеорологических наблюдений на 12 станциях ПФО.

Для оценки влияния метеорологических факторов на заболеваемость рассчитывались коэффициенты корреляции (r) между показателями заболеваемости и эффективной и эквивалентно-эффективной температурами, рассчитанных по формулам (1) и (2). Рассматривались синхронные и асинхронные связи, рассчитанные с временным сдвигом. Дополнительно разыскивались связи между показателями заболеваемости и суммарным индексом патогенности, что позволило привлечь к анализу данные о межсуточной изменчивости температуры и давления воздуха, относительной влажности, облачности, скорости ветра.

Расчет коэффициентов корреляции производился по методике, изложенной в работе [12], согласно которой мерой тесноты прямолинейной корреляционной связи между двумя переменными x и y служит коэффициент корреляции r_{xy} , определяемый по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}, \quad (4)$$

где \bar{x} и \bar{y} – средние значения, σ_x и σ_y – средние квадратические отклонения, n – количество пар наблюдений.

В статье использовались среднесуточные значения метеорологических величин, характер кривых распределения которых детально исследовался для умеренных широт в [13]. В ней показано, что температура воздуха, атмосферное давление, упругость водяного пара распределены приблизительно симметрично, что позволяет с достаточной степенью точности аппроксимировать их нормальным распределением.

Поскольку цель статьи состоит в том, чтобы получить лишь оценочные результаты, и с учетом того, что объем выборки достаточно велик, предполагается, что распределение выборочного коэффициента корреляции между рядами почти нормально. Это позволяет оценивать его значимость по таблице t -распределения Стьюдента [12]. При уровне значимости $P=0,05$ для объемов выборки $n=30; 64; 85; 89$, используемых в расчетах, значимые коэффициенты корреляции соответственно равны: 0,361; 0,246; 0,213; 0,206.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим вначале корреляционные связи между суточной температурой воздуха, эффективной температурой и эквивалентно-эффективной температурой с одной стороны, и числом случаев заражения COVID-19 в сутки – с другой на территории Татарстана в период 30.03.2020–31.12.2020 г. и с 30.03.2021 по 31.12.2021 г.

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции между числом заболевших COVID-19 и биометеорологическими индексами в Татарстане

Запаздывание, дни	$r(T; \text{COVID-19})$	$r(\text{ЭТ}; \text{COVID-19})$	$r(\text{ЭЭТ}; \text{COVID-19})$
0	-0,63/-0,63	-0,66/-0,63	-0,64/-0,65
5	-0,68/-0,61	-0,69/-0,62	-0,7/-0,63
10	-0,71/-0,61	-0,71/-0,62	-0,69/-0,63
15	-0,82/-0,59	-0,82/-0,59	-0,77/-0,60
20	-0,8/-0,57	-0,8/-0,57	-0,79/-0,57
25	-0,76/-0,55	-0,78/-0,55	-0,78/-0,54
30	-0,72/-0,52	-0,71/-0,52	-0,72/-0,50

Примечание: $r(T; \text{COVID})$ – коэффициент корреляции между суточной температурой T и числом заболевших, $r(\text{ЭТ}; \text{COVID-19})$ – коэффициент корреляции между эффективной температурой и числом заболевших, $r(\text{ЭЭТ}; \text{COVID-19})$ – коэффициент корреляции между эквивалентно-эффективной температурой и числом заболевших. В числителе представлены результаты для 2020 г., а в знаменателе для 2021 г.

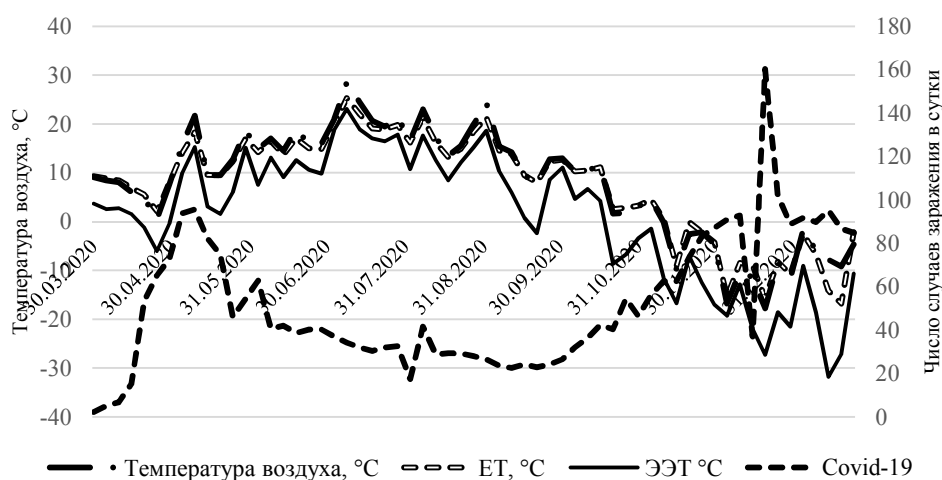


Рис. 1. Временной ход биометеорологических индексов и заболеваемости COVID-19 в Татарстане в период 30.03.2020–31.12.2020 г.

Как видно из данных табл. 1, связь между показателями температуры и числом заболевших оказалась достаточно тесной, при этом корреляция со сдвигом оказалась несколько выше, чем синхронная. Значения коэффициентов корреляции между ТВ и показателем заболеваемости COVID-19 при сдвиге на 15 суток (инкубационный период) для 2020 г. достигли значения $-0,82$. Отрицательный знак коэффициента корреляции свидетельствует о том, что заболеваемость возрастает с понижением как температуры воздуха, так и значений ЭТ и ЕТ, характеризующих теплоощущение человека. Результаты, полученные для 2021 г., хорошо согласуются с данными 2020 г. Как видно из рис. 1, в рассматриваемый период изменения биометеорологических индексов и числа случаев заражения COVID-19 происходят в противофазе. Самый низкий уровень заболеваемости отмечается в летний период, когда возникают комфортные условия для человека. Следует отметить, что если погодные характеристики фиксируются с большой степенью точности, то данные о заболеваемости менее надежны. Это фиксация числа зараженных, где велика доля социального и человеческого фактора, количества и времени вакцинации и др.

Представляет практический интерес рассмотрение связи заболеваемости населения субъектов ПФО COVID-19 с индексом патогенности метеорологической ситуации. Расчеты коэффициентов корреляции производились для среднедекадных значений количества заболевших (64 декады, период 01.04.2020–20.12.2021 гг.) как с интегральным показателем I, так и с его составляющими. При уровне значимости $P=0,05$ и объеме выборки $n=64$ коэффициент корреляции r значим при $r \geq 0,246$. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты линейной корреляции между рядами еженедельного числа заболевших COVID-19 с индексами патогенности в период с 01.04.2020 г. по 20.12.2021 г. на территории ПФО

Индекс	Башкортостан	Татарстан	Кировская обл.	Удмуртия	Марий-Эл	Нижегородская обл.	Оренбургская обл.	Пензенская обл.	Пермский край	Самарская обл.	Мордовия	Саратовская обл.	Ульяновская обл.	Чувашия
I	-0,16	0,35	0,06	0,12	0,24	0,18	-0,12	0,00	0,09	0,11	0,05	-0,11	-0,05	0,08
I _t	-0,14	-0,10	-0,16	-0,02	0,13	-0,02	0,02	-0,06	-0,12	-0,16	-0,02	-0,28	-0,19	-0,05
I _f	0,26	0,31	0,64	0,29	0,51	0,53	0,08	0,48	0,46	0,35	0,45	0,53	0,39	0,28
I _v	0,20	0,20	0,27	-0,02	0,13	0,02	-0,08	0,22	0,21	-0,20	0,21	0,05	0,08	-0,28
I _n	0,42	0,44	0,42	0,30	0,46	0,46	0,29	0,45	0,48	0,41	0,43	0,41	0,31	0,21
I _{Δt}	-0,37	-0,38	-0,57	-0,29	-0,48	-0,45	-0,23	-0,48	-0,46	-0,42	-0,43	-0,47	-0,38	-0,08
I _{Δp}	0,40	0,51	0,54	0,36	0,57	0,39	0,18	0,45	0,54	0,49	0,36	0,43	0,32	0,13

Примечание: I – суммарный метеорологический индекс, I_t – индекс патогенности температуры, I_f – индекс патогенности влажности воздуха, I_n – индекс патогенности облачности, I_v – индекс патогенности ветра, I_{Δt} – индекс патогенности межсуточного изменения температуры, I_{Δp} – индекс патогенности межсуточного изменения давления.

Как видно из табл. 2, синхронные коэффициенты корреляции для суммарного индекса I практически оказались незначимыми. В то же время с индексом патогенности межсуточного изменения температуры (I_{Δt}) связь оказалась отрицательной и значимой (r по субъектам ПФО изменялась от $-0,23$ (Оренбургская область) до $-0,57$ (Кировская область), с перепадами давления I_{Δp} показатель заболеваемости коррелирует с положительным знаком (рост атмосферного давления способствует росту заболеваемости). Величина r в последнем случае меняется от $0,18$ (Оренбургская область) до $0,57$ (Республика Марий-Эл). Обнаруживается также достаточно тесная связь с индексами патогенности влажности воздуха и облачности (связи положительные). Отсюда следует, что уровень заболеваемости повышается, если возрастает величина относительной влажности воздуха I_f и облачности I_n, так как влажная, безветренная и пасмурная погода способствует «живучести» вируса. Следует отметить, что атмосферное давление, относительная влажность и облачность, как и их межсуточные перепады,

возрастают в холодное время года, что и приводит к росту заболеваемости. Таким образом, анализ связи величины заболеваемости с метеорологическими параметрами – температурой воздуха, атмосферным давлением, относительной влажностью и облачностью, являющейся характеристикой продолжительности солнечного сияния, приводит к согласованным результатам: ухудшение погодных условий способствует росту заболеваемости населения на территории ПФО. Отметим, что связи для Чувашии оказались слабыми, поэтому они не рассматривались.

Действительно, большое значение для получения достоверных результатов имеет качество исходных данных. Была составлена матрица коэффициентов корреляции по заболеваемости для всех субъектов ПФО по данным 89 недель (01.04.2020–20.12.2021 гг.). Коэффициенты корреляции рассчитывались между субъектами по осредненным недельным данным (при $r \geq 0,206$ коэффициент корреляции значим). Анализ матрицы показал, что данные субъектов ПФО за исключением Чувашии по количеству заболевших COVID-19 хорошо согласуются между собой, то есть картина по заболеваемости носит однородный характер по всему региону.

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции по заболеваемости COVID-19 между субъектами ПФО

	Башкортостан	Татарстан	Кировская обл.	Удмуртия	Марий–Эл	Нижегородская обл.	Оренбургская обл.	Пензенская обл.	Пермский край	Самарская обл.	Мордовия	Саратовская обл.	Ульяновская обл.	Чувашия
Башкортостан	1													
Татарстан	0,87	1												
Кировская обл.	0,63	0,69	1											
Удмуртия	0,85	0,83	0,63	1										
Марий–Эл	0,65	0,77	0,79	0,70	1									
Нижегородская обл.	0,71	0,72	0,67	0,76	0,89	1								
Оренбургская обл.	0,77	0,78	0,58	0,97	0,75	0,79	1							
Пензенская обл.	0,81	0,86	0,71	0,92	0,88	0,91	0,93	1						
Пермский край	0,84	0,90	0,82	0,90	0,86	0,86	0,88	0,96	1					
Самарская обл.	0,73	0,80	0,63	0,81	0,88	0,92	0,82	0,93	0,89	1				
Мордовия	0,86	0,92	0,74	0,94	0,84	0,86	0,93	0,96	0,96	0,90	1			
Саратовская обл.	0,62	0,74	0,79	0,65	0,86	0,80	0,64	0,80	0,84	0,82	0,78	1		
Ульяновская обл.	0,70	0,51	0,45	0,73	0,42	0,58	0,69	0,68	0,69	0,58	0,64	0,59	1	
Чувашия	0,15	0,11	0,03	0,07	0,32	0,49	0,13	0,24	0,18	0,39	0,21	0,43	0,29	1

Проводилось исследование по оценке взаимосвязей между осредненными за декаду (10 дней) показателями заболеваемости в субъектах ПФО и значениями эффективной температуры и эквивалентно-эффективной температуры для периода 01.04.2020–20.12.2021 гг.

Данные табл. 4 показывают, что практически нет разницы между коэффициентами корреляции, рассчитанными для ЭТ и ЕТ, так как главную роль в биометеорологических индексах играет температура воздуха. Коэффициенты корреляции в большинстве случаев оказались значимыми (значение $r \geq 0,246$). Наиболее тесная связь между ЭТ и ЕТ и числом заболевших оказалась для Кировской области ($r = -0,74$). Низкая корреляция оказалась для Оренбургской области ($r = -0,11$), Ульяновской области и Чувашии, то есть из 14 субъектов ПФО в трех связи оказались слабыми, что, скорее всего, объясняется качеством исходных данных по заболеваемости населения.

Как видно из рис. 2, в период с 06.03.2021 г. по 06.12.2021 г. ярко выражен противофазный характер изменений заболеваемости населения ПФО и ЭТ: с ростом ЭТ заболеваемость снижается, а с падением ЭТ (похолодание) число зараженных людей возрастает.

Таблица 4

Коэффициенты линейной корреляции между рядом среднедекадных значений заболеваемости COVID-19 в субъектах ПФО и рядами среднедекадных значений биоклиматических индексов в период (01.04.2020–20.12.2021 гг.)

Индекс	Башкортостан	Татарстан	Кировская обл.	Удмуртия	Марий-Эл	Нижегородская обл.	Оренбургская обл.	Пензенская обл.	Пермский край	Самарская обл.	Мордовия	Саратовская обл.	Ульяновская обл.	Чувашия
ЭТ	-0,4	-0,3	-0,7	-0,2	-0,4	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,2	0,1
ЕТ	-0,4	-0,4	-0,7	-0,2	-0,4	-0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,4	-0,2	0,1

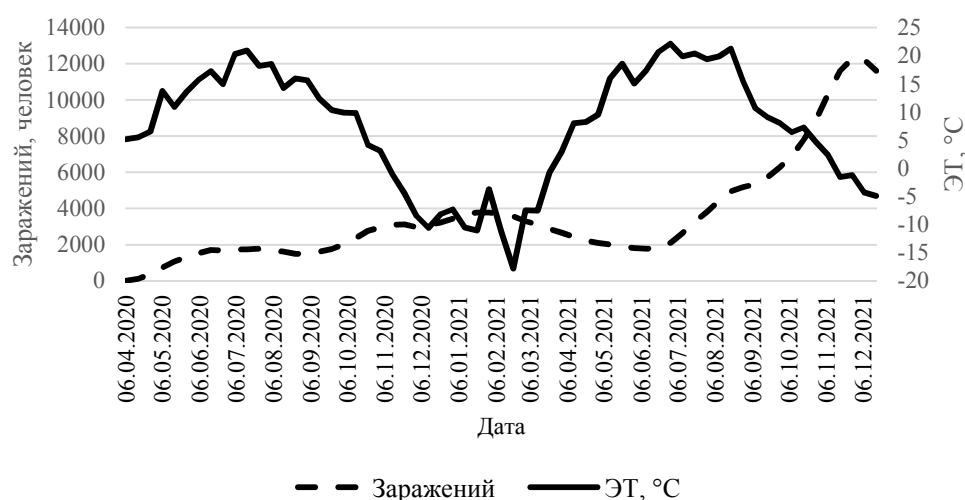


Рис. 2. Временной ход средней по ряду субъектов ПФО заболеваемости COVID-19 и индекса ЭТ

Следует отметить, что результаты расчетов величин r сильно зависят от периода исследования. В качестве примера рассматривались 2 выборки: первая для периода 1.05.2020–13.12.2021 гг. (85 недель) и вторая (короткая) для периода 1.05.2021–13.12.2021 гг. (30 недель). И если в первом случае для всего ПФО величина r (ЭТ, COVID-19) = -0,55 и r (ЕТ, COVID-19) = -0,57, то во втором случае коэффициенты корреляции соответственно равны -0,93 и -0,94. Теснота связи между биометеорологическими характеристиками и числом заболевших резко увеличилась. Действительно, согласно данным рис. 2, в этот период наблюдается противофазный характер числа заболевших и эффективной температуры. Однако эти результаты получены в результате учета числа заболевших лишь в следующих субъектах ПФО: республики Башкортостан, Татарстан, Марий-Эл, Пермский край, Кировская и Саратовская области. Безусловно, на величине коэффициента корреляции отразилось снижение объема выборки (результаты, тем не менее, статистически значимы, так как при $n=30$ значение $r \geq 0,361$ значимо), но возможно, что и данные о заболеваемости населения стали более достоверными.

Выводы

В результате проведенного исследования можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Показатели заболеваемости населения субъектов Приволжского федерального округа COVID-19 хорошо коррелируют между собой, что свидетельствует об однородном характере заболевания по всему региону.

2. Выявлена значимая корреляция между температурой воздуха, биометеорологическими индексами и числом зараженных COVID-19 на территории ПФО. Из этого следует, что ухудшение погодных-климатических условий способствует росту рисков заболевания населения. Это явление особенно проявилось в период с 06.03.21 по 06.12.2021 г.

3. Наиболее высокая корреляция между биометеорологическими индексами (эффективной температурой) и заболеваемостью населения в ПФО установлена для периода 01.05–13.12.2021 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Missenard, A. L'homme et le climat / A. L. Missenard. – Paris, 1937. – 186 p.
2. Исаев, А. А. Экологическая климатология / А. А. Исаев. – М.: Научный мир, 2001. – 456 с.
3. Бокша, В. Г. Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев: Здоровье, 1980. – 216 с.
4. Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю. П. Переведенцев, В. В. Гурьянов, К. М. Шанталинский, Т. Р. Аухадеев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2017. – 186 с.
5. Ревич, Б. А. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуаций и прогнозные оценки / Б. А. Ревич, В. В. Малеев. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 208 с.
6. Влияние краткосрочных изменений погоды на людей с ишемической болезнью сердца в г. Набережные Челны / С. В. Емелина, К. Г. Рубинштейн, В. В. Гурьянов, Ю. П. Переведенцев, А. В. Иванов // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 12. – С. 87–94.
7. Природно–климатические условия и социально–географическое пространство России / под ред. А. Н. Золотокрылина, В. В. Виноградовой, О. Б. Глезер. – М.: Институт географии РАН, 2018. – 156 с.
8. Переведенцев, Ю. П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Ю. П. Переведенцев, В. В. Соколов, Э. П. Наумов. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2013. – 274 с.
9. Климатические изменения в Приволжском федеральном округе в XIX– XXI веках / Ю. П. Переведенцев, Б. Г. Шерстюков, К. М. Шанталинский, В. В. Гурьянов, Т. Р. Аухадеев // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 6. – С. 36–45.
10. Изменчивость основных климатических показателей на территории Приволжского федерального округа в период 1966–2018 гг. / Ю. П. Переведенцев, Е. М. Парубова, К. М. Шанталинский, М. А. Мягков, Б. Г. Шерстюков // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2021 – Т.31, вып. 1. – С.65–75.
11. Статистика коронавируса по регионам России. – URL: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/> (дата обращения: 21.12.2021).
12. Брукс, К. Применение статистических методов в метеорологии / К. Брукс, Н. Карузертс. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 413 с.
13. Кобышева, Н. В. Климатологическая обработка метеорологической информации / Н. В. Кобышева, Г. Я. Наровлянский. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.

Поступила в редакцию 22.02.2022

Переведенцев Юрий Петрович, доктор географических наук, профессор кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы
E-mail: ypereved@kpfu.ru

Ханнанова Земфира Ильгизовна, аспирант кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы
E-mail: ypereved@kpfu.ru

Аухадеев Тимур Ринатович, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы
E-mail: TRAuhadeev@kpfu.ru

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

Yu.P. Perevedentsev, Z.I. Khannanova, T.R. Aukhadeev

STATISTICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON COVID–19 MORBIDITY OF POPULATION IN THE VOLGA FEDERAL DISTRICT

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-1-42-49

The article assesses the correlation between meteorological factors (air temperature, atmospheric pressure, relative air humidity, wind speed, cloudiness) presented in the form of generalized bioclimatic indices (effective temperature, equivalent effective temperature, pathogenicity index) and the incidence of COVID–19 in the population during the period 2020–2021 on the territory of the Volga Federal District (VFD). Separately, the processes in the subjects of the Volga Federal District and in the whole district are considered. A negative correlation was found between the parame-

ters under consideration, which indicates an increase in the epidemic in the cold period and a weakening in the warm period. The closest relationship is established between the parameters after 15 days (the time of the incubation period). The results generalized for the entire district are more reliable than for individual subjects.

Keywords: COVID–19, bioclimatic indices, air temperature, effective temperature, equivalent effective temperature, pathogenicity index, correlation, Volga Federal District.

REFERENCES

1. Missenard A. L'homme et le climat. Paris, 1937, 186 p.
2. Isaev A.A. *Ekologicheskaya klimatologiya* [Ecological climatology], Moscow: Nauchnyy mir Publ., 2001, 456 p. (in Russ.).
3. Boksha V.G., Bogutskiy B.V. *Meditsinskaya klimatologiya i klimatoterapiya* [Medical climatology and climatotherapy], Kiev: Zdorov'e Publ., 1980, 216 p. (in Russ.).
4. Perevedentsev Yu.P., Gur'yanov V.V., Shantalinskiy K.M., Aukhadeev T.R. *Dinamika troposfery i stratosfery v umerennykh shirotakh Severnogo polushariya i sovremennye izmeneniya klimata v Privolzhskom federal'nom okruge* [Dynamics of the troposphere and stratosphere in the temperate latitudes of the Northern Hemisphere and current climate changes in the Volga Federal District], Kazan: Izd-vo Kazanskogo Univ., 2017, 186 p. (in Russ.).
5. Revich B.A., Maleev V.V. *Izmeneniya klimata i zdorov'e naseleniya Rossii: analiz situatsiy i prognoznye otsenki* [Climate Change and the Health of the Russian Population: Situation Analysis and Predictive Estimates], Moscow: LENAND Publ., 2011, 208 p. (in Russ.).
6. Emelina S.V., Rubinshtein K.G., Guryanov V.V., Perevedentsev Yu.P., Ivanov A.V. [Effects of Short-term Weather Changes on the People Suffering from Ischemic Heart Disease in Naberezhnye Chelny City], in *Meteorologiya and Hydrologiya*, 2015, no. 12, pp. 87-94 (in Russ.).
7. *Prirodno-klimaticheskie usloviya i sotsial'no-geograficheskoe prostranstvo Rossi* [Natural and climatic conditions and socio-geographical space of Russia], Zolotokrylina A.N., Vinogradova V.V., Glaser O.B. (ed), Moscow: Institut geografii RAN Publ., 2018, 156 p. (in Russ.).
8. Perevedentsev Yu.P., Sokolov V.V., Naumov E.P. *Klimat i okruzhayushchaya sreda Privolzhskogo federal'nogo okru-ga* [Climate and environment of the Volga Federal District], Kazan: Izd-vo Kazanskogo Univ., 2013, 274 p. (in Russ.).
9. Perevedentsev Yu.P., Sherstyukov B.G., Shantalinsky K.M., Guryanov V.V., Aukhadeev T.R. [Climate Changes in the Volga Federal District in the 19th–21st Centuries], in *Meteorologiya and Hydrologiya*, 2020, no. 6, pp. 36-45 (in Russ.).
10. Perevedentsev Yu.P., Parubova E.M., Shantalinsky K.M., Myagkov M.A., Sherstyukov B.G. [Variability of the main climatic indicators on the territory of the Volga Federal District in the period 1966–2018], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Ser. Biology. Earth Sciences], 2021, vol. 31, iss. 1, pp. 65-75 (in Russ.).
11. *Statistika koronavirusa po regionam Rossii* [Coronavirus statistics by regions of Russia], Available at: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/> (accessed: 12.21.2021) (in Russ.).
12. Bruks K., Karuzers N. *Primenenie statisticheskikh metodov v meteorologii* [Application of statistical methods in meteorology], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1963, 413 p. (in Russ.).
13. Kobysheva N.V., Narovlyanskiy G.Ya. *Klimatologicheskaya obrabotka meteorologicheskoy informatsii* [Climatological processing of meteorological information], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978, 296 p. (in Russ.).

Received 22.02.2022

Perevedentsev Yu.P., Doctor of Geography, Professor
at Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology
E-mail: ypereved@kpfu.ru

Khannanova Z.I., Postgraduate student
at Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology
E-mail: ypereved@kpfu.ru

Aukhadeev T.R., Candidate of Geography, Associate Professor
at Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology
E-mail: TRAUkhadeev@kpfu.ru

Kazan (Volga Region) Federal University
Kremlevskaya st., 18, Kazan, Russia, 420008