

коронавируса COVID-19 в России»¹, на котором ежедневно обновляется информация по Российской Федерации в целом и по каждому субъекту в частности.

Данные об атмосферных характеристиках в определенный период времени рассчитывались с помощью электронного онлайн-калькулятора «Погода в 243 странах мира»².

Основная идея данного исследования заключается в том, чтобы определить, в какие периоды времени уровень относительной влажности атмосферного воздуха оказывал влияние на заболеваемость человека, какие отрезки времени разделяют эти периоды с момента обнаружения заболевания, а также рассчитать, насколько сильно влияла влажность воздуха на процесс инфицирования и течение заболевания. Эти вопросы решались с помощью корреляционного анализа.

Проиллюстрируем порядок подготовки материалов для проведения корреляционного анализа зависимостей между величиной относительной влажности воздуха и числом зарегистрированных заболеваний (рис. 1).

При этом первоначально глубина поиска была принята равной 14 суткам, исходя из общепринятых представлений о продолжительности жизни коронавируса, не превышающей две недели. Однако в процессе исследований глубину поиска пришлось увеличивать до 18–21 суток, поскольку на 12–14 сутки периода в ряде статистических совокупностей стали обнаруживаться серьезные корреляционные

зависимости между уровнями заболеваемости и влажностью.

Информация о временных промежутках заболеваемости, взятых для анализа субъектов Российской Федерации, по которым приведены зависимости R_1 от времени, отражена на рис. 3–5, 13, 14: Волгоградская область (18.04.2020–16.05.2020), Краснодарский край (15.04.2020–15.05.2020), Мурманская область (17.04.2020–20.05.2020), Хабаровский край (03.04.2020–15.05.2020), ХМАО – Югра (14.04.2020–25.05.2020).

Еще одна особенность данного исследования заключалась в том, что изучалась не абсолютная заболеваемость, а заболеваемость, которую авторы назвали условной. Это связано с тем, что в течение периода нарастания заболеваемости на ее абсолютную величину весьма существенное, если не решающее, влияние оказывают не природные, естественные условия, а лавинообразно нарастающее количество контактов между здоровыми и инфицированными людьми.

Для исключения этого субъективного, но реально существующего фактора, нами рассчитывалось уравнение теоретического уровня заболеваемости, затем фактическая ежедневная заболеваемость сравнивалась с теоретической на данный момент времени. Если фактическая заболеваемость превышала теоретическую, то разница учитывалась со знаком плюс, если была меньше теоретической, то со знаком минус.

Проиллюстрируем эту методику на примере ХМАО – Югры (табл. 1).

Количество дней / Number of days	1	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)	14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04	20.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %	73	68	84	82	47	49	64
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9
	2	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)		14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %		73	68	84	82	47	49
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9
	3	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)			14.04	15.04	16.04	17.04	18.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %			73	68	84	82	47
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9

Рис. 1. Схема, иллюстрирующая посуточные материалы для корреляционного анализа зависимостей между относительной влажностью атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости COVID-19 в 2020 году
Fig. 1. Daily data for the analysis of correlations between the relative air humidity and COVID-19 incidence, 2020

¹ «Статистика развития пандемии коронавируса COVID-19 в России» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://coronavirus-monitor.info/country/russia/> (дата обращения 18.05.2020).

² «Погода в 243 странах мира» [Электронный ресурс. Режим доступа: <https://tp5.ru/> (дата обращения 18.05.2020)]

В табл. 1 теоретическое число заболеваний (N_T) рассчитано с использованием уравнения $Y = 0,1188 X^2 - 2,4374X + 27,877$ (рис. 2), где Y – теоретическое число заболеваний, X – порядковый номер суток.

Условная заболеваемость (N_y) рассчитана как разница между фактической (N_f) и теоретической (N_T) заболеваемостью ($N_y = N_f - N_T$). Статистические исследования были проведены по 19 субъектам Российской Федерации:

Таблица 1. Фрагмент данных по ХМАО – Югре для расчета условной заболеваемости на 18.05.2020

Table 1. The data used to estimate the conditional incidence of COVID-19 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra as of 18 May 2020

Дата обнаружения заболевания / Date of diagnosis	Число подтвержденных заболеваний за сутки, N_f / Observed number of cases, N_o	Относительная влажность / Relative humidity, %	Номер суток / Day number	Теоретическое число заболеваний, N_T / Theoretical number of cases, N_T	Условное число заболеваний, $N_y = N_f - N_T$ / Conditional number of cases, $N_c = N_o - N_T$
14.апр / April	15	63	1	25,5584	-10,5584
15.апр	15	92	2	23,4774	-8,4774
16.апр	39	77	3	21,634	17,366
17.апр	18	59	4	20,0282	-2,0282
18.апр	33	76	5	18,66	14,34
19.апр	14	61	6	17,5294	-3,5294
20.апр	13	55	7	16,6364	-3,6364
21.апр	9	64	8	15,981	-6,981
22.апр	6	63	9	15,5632	-9,5632
23.апр	12	61	10	15,383	-3,383
24.апр	2	76	11	15,4404	-13,4404
25.апр	16	60	12	15,7354	0,2646
26.апр	41	73	13	16,268	24,732
27.апр	23	53	14	17,0382	5,9618
28.апр	41	75	15	18,046	22,954
29.апр	28	90	16	19,2914	8,7086
30.апр	21	87	17	20,7744	0,2256
01.май / May	18	78	18	22,495	-4,495
02.май	9	69	19	24,4532	-15,4532
03.май	35	72	20	26,649	8,351
04.май	18	58	21	29,0824	-11,0824
05.май	41	54	22	31,7534	9,2466
06.май	29	67	23	34,662	-5,662
07.май	14	57	24	37,8082	-23,8082
08.май	32	32	25	41,192	-9,192
09.май	43	33	26	44,8134	-1,8134
10.май	67	42	27	48,6724	18,3276
11.май	84	43	28	52,769	31,231
12.май	45	49	29	57,1032	-12,1032
13.май	43	56	30	61,675	-18,675
14.май	61	49	31	66,4844	-5,4844
15.май	39	41	32	71,5314	-32,5314
16.май	83	65	33	76,816	6,184
17.май	118	70	34	82,3382	35,6618
18.май	86		35	88,098	-2,098

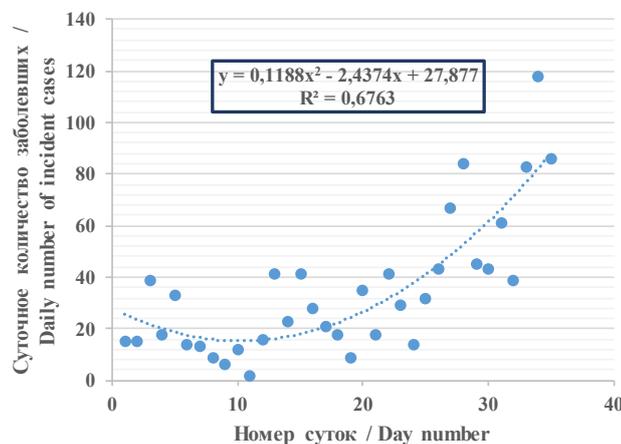


Рис. 2. Тарировочный график посуточной заболеваемости Covid-19 в ХМАО-Югре
Fig. 2. Calibration graph of the daily COVID-19 incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

Волгоградской области, Вологодской области, Краснодарскому краю, Москве, Мурманской области, Нижегородской области, Новгородской области, Приморскому краю, Республике Коми, Ростовской области, Самарской области, Санкт-Петербургу, Саратовской области, Свердловской области, Тюменской области, Хабаровскому краю, ХМАО – Югре, Челябинской области, ЯНАО.

По каждой выборке были рассчитаны коэффициенты корреляции между уровнем заболеваемости и относительной влажностью воздуха для каждых суток (R_1), а затем получены корреляционные зависимости связи этих коэффициентов корреляции со временем (T , суток), предшествующим моменту обнаружения факта заболевания, определены ближний (X_1) и дальний (X_2) экстремумы функций. Рассчитана корреляционная характеристика R_2^2 степени связи между R_1 и временем, разделяющим момент замера относительной влажности воздуха с датой фиксации факта заболеваемости.

Также для каждой выборки были рассчитаны зависимости обозначенных выше коэффициентов корреляции от влажности атмосферного воздуха (ОВ), средней для каждого соответствующего интервала времени, и определены границы

зоны оптимальной относительной влажности X_{o1} и X_{o2} , внутри которых фактический уровень заболеваемости меньше теоретического. Степень связи между R_1 и средней относительной влажностью воздуха оценена статистикой R_3^2 .

Результаты и обсуждение. Приведем несколько наиболее характерных примеров графиков зависимостей между названными параметрами.

На рис. 3 и 4 приведены графики зависимостей условной заболеваемости в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре за 3 и 11 суток до момента обнаружения факта заболеваемости COVID-19. Как видно из этих рисунков, коэффициенты корреляции между заболеваемостью и относительной влажностью в разные моменты времени отличаются как по величине, так и по знаку. То есть в разные моменты времени относительная влажность по-разному влияет на уровень заболеваемости. Для того, чтобы получить целостную и понятную картину влияния относительной влажности на заболеваемость, проведена корреляция коэффициента корреляции со временем (приносим извинения за вынужденную тавтологию). На рис. 5–7 показано, как коэффициенты корреляции заболеваемости

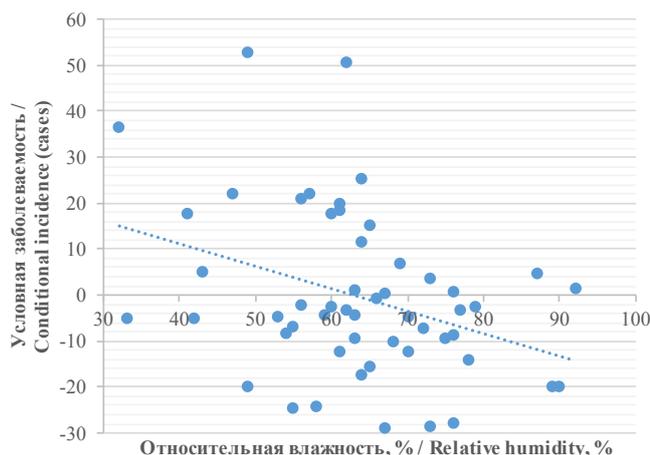


Рис. 3. Зависимость условной заболеваемости от относительной влажности (за 3 суток)

Fig. 3. The relationship between the relative humidity at a 3-day lag and conditional incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $Y = -0,4868X + 30,7$; $R_1 = -0,352$

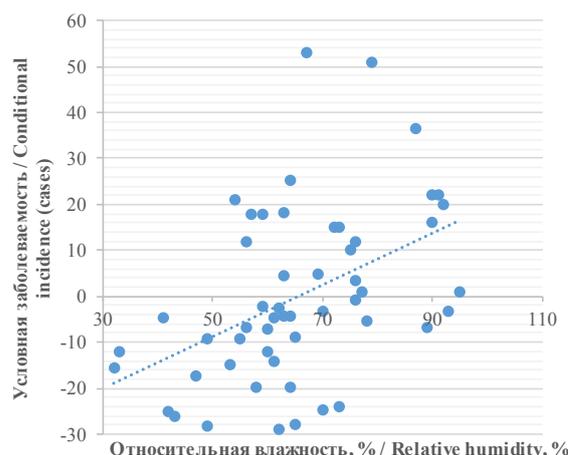


Рис. 4. Зависимость условной заболеваемости от относительной влажности (за 11 суток)

Fig. 4. The relationship between the relative humidity at an 11-day lag and conditional incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $Y = 0,5668X - 37,095$; $R_1 = 0,453$

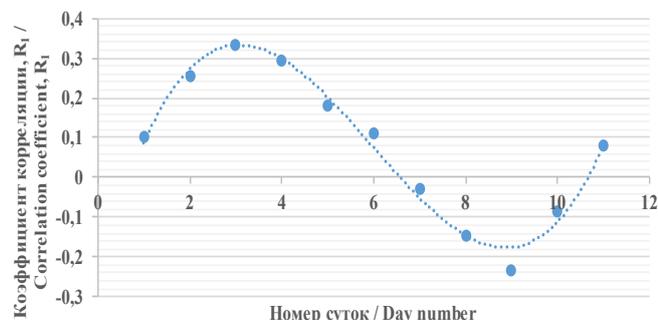


Рис. 5. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Волгоградской области

Fig. 5. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Volgograd Region

Примечание / Notes: $y = 0,0052x^3 - 0,094x^2 + 0,4298x - 0,2526$; $R_2^2 = 0,9806$ $X_1 = 3,07$, $X_2 = 8,98$

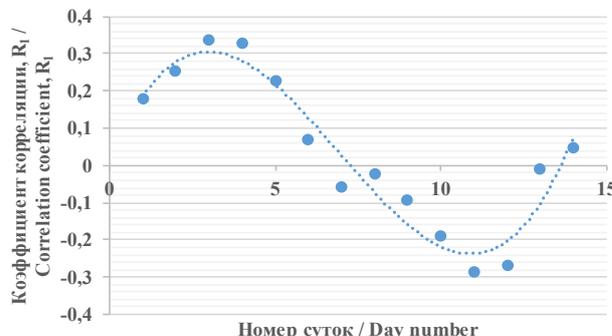


Рис. 6. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Краснодарском крае

Fig. 6. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Krasnodar Region

Примечание / Notes: $y = 0,0022x^3 - 0,0456x^2 + 0,2132x + 0,0164$; $R_2^2 = 0,9312$ $X_1 = 2,98$, $X_2 = 10,84$

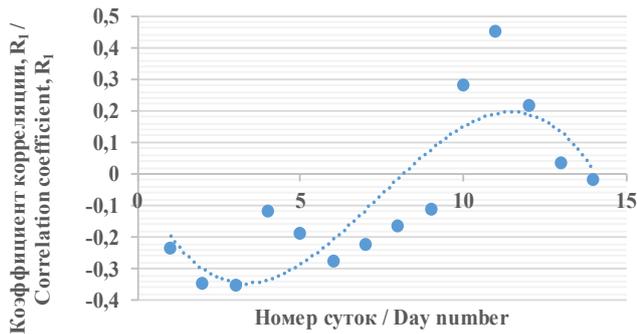


Рис. 7. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в ХМАО – Югре

Fig. 7. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $y = -0,002x^3 + 0,0439x^2 - 0,2249x - 0,0111$; $R_2^2 = 0,6968$ $X_1 = 3,30$, $X_2 = 11,48$

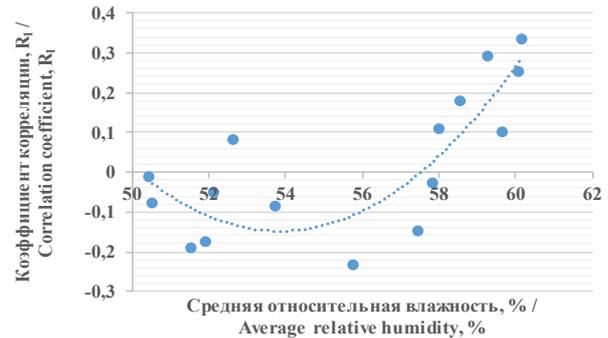


Рис. 8. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в Волгоградской области

Fig. 8. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Volgograd Region

Примечание / Notes: $y = 0,010954x^2 - 1,1796x + 31,606$; $R_3^2 = 0,6806$ $X_{01} = 50,1$, $X_{02} = 57,6$

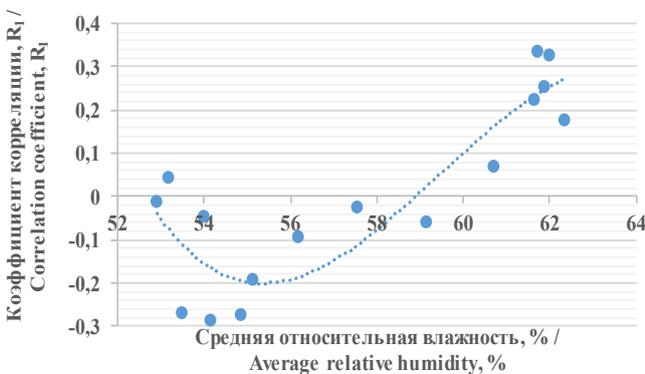


Рис. 9. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в Краснодарском крае

Fig. 9. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Krasnodar Region

Примечание / Notes: $Y = -0,0018x^3 + 0,3293x^2 - 19,474x + 382,14$; $R_3^2 = 0,8035$ $X_{01} = 52,74$, $X_{02} = 58,69$

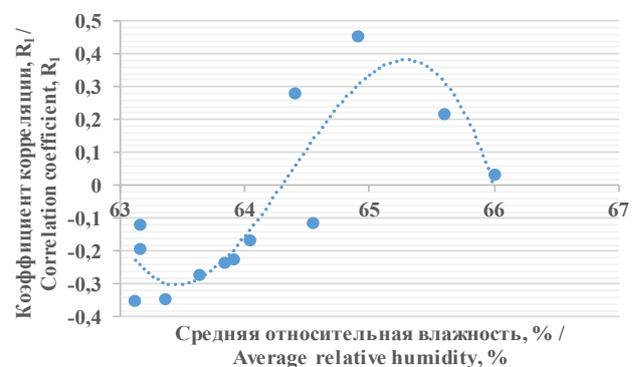


Рис. 10. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в ХМАО – Югре

Fig. 10. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

Примечание / Notes: $y = -0,2209x^3 + 42,666x^2 - 2745,9x + 58893$; $R_3^2 = 0,7567$ $X_1 = 62,68$, $X_2 = 64,59$

от относительной влажности (R_1) изменяются по времени.

Авторы данной работы склоняются к мысли, что дальний (второй) экстремум (X_2) равен периоду от момента инфицирования человека до момента обнаружения факта заболевания (в данном случае на рис. 5–7 этот период равен соответственно 8,98; 10,84 и 11,48 суток).

Наличие ближнего (первого) экстремума X_1 (3,07; 2,98 и 3,30 суток) может быть связано с проявлением симптомов заболевания у инфицированного человека.

Исходя из этих рассуждений, инкубационный период может быть рассчитан как разница между величинами дальнего и ближнего экстремумов.

Поскольку в интервале влажности между X_{01} и X_{02} имеет место обратная пропорциональная зависимость между уровнем заболеваемости и относительной влажностью, этот интервал можно считать наиболее оптимальным, наиболее благоприятным для здоровья человека.

Впрочем, это только толкование авторов данной работы. Однако факты значимых и весьма значимых корреляционных связей между влажностью атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости реально существуют, регистрируются практически во всех статистических совокупностях и находятся в достаточно

близких временных отрезках. И эти факты требуют серьезного изучения вирусологами и эпидемиологами, поскольку сама проблема чрезвычайно актуальна.

Проведем корреляционный анализ между всеми полученными параметрами (X_1 , X_2 , X_3 , X_{01} , X_{02}) и среднегодовой относительной влажностью воздуха на соответствующих территориях (рис. 11–14).

Расчеты для X_2 и X_3 показали ничтожную корреляцию. Расчетная статистика Стьюдента для X_1 $Tr_1 = 1,964$, что позволяет прогнозировать величину ближнего экстремума с вероятностью 93 %. Расчетные статистики Стьюдента для X_{01} и X_{02} показали очень высокую корреляцию: $Tr_{X_{01}} = 7,875$, $Tr_{X_{02}} = 4,648$, что больше табличного значения $Tt = 3,012$ при уровне значимости 0,01 и количестве степеней свободы 13, поэтому прогнозы о начале и окончании зоны оптимальной относительной влажности воздуха можно делать с вероятностью, превышающей 99 %.

При исследовании закономерностей формирования уровня заболеваемости в некоторых совокупностях были обнаружены, совершенно неожиданно для авторов, распределения, имеющие три экстремума. Сначала они были сочтены случайными, но после многочисленных

Таблица 2. Результаты статистических исследований зависимости заболеваемости населения коронавирусом COVID-19 от относительной влажности воздуха

Table 2. Results of analyzing the correlation between the relative humidity and COVID-19 incidence rates in select regions of the Russian Federation

Субъект РФ / Russian Region	Экстремумы, суток / Extrema, days			Оптимальная зона ОВ, % / Optimal RH range, %		Средняя ОВ, % / Average RH, %	
	X ₁	X ₂	X ₃	Xo ₁	Xo ₂	Период наблюдений / Observation period	Среднегодовая / Average annual
Волгоградская область / Volgograd Region	3,07	8,98		50,1	57,6	55,59	67
Вологодская область / Vologda Region	3,71	12,86	21,3				81
Краснодарский край / Krasnodar Krai	2,98	10,84		55,3	63,5	57,54	69
Москва / Moscow	2,71	9,29		55,15	61,09	59,95	73
Мурманская область / Murmansk Region	2,9	7,6	12,66		75,01	76,6	82
Нижегородская область / Nizhny Novgorod Region	1,5	6,19		61,74	66,59	64,24	76
Новгородская область / Novgorod Region	5,04	12,01		66,02	71,87	67,59	72
Приморский край / Primorsky Krai	4,31	8,97			68,01	67,7	73
Республика Коми / Komi Republic	3,87	10,13		75,5		73,76	83
Ростовская область / Rostov Region	0,56	9,16		50,2	59,8	54,86	65
Самарская область / Samara Region	2,52	8,16		50,7	54,2	54,88	69
Санкт-Петербург / St. Petersburg	4,09	8,63	12	57,9	60,42	61,36	72
Саратовская область / Saratov Region	1,38	9,17		58,11		54,48	67
Свердловская область / Sverdlovsk Region	1,91	7,67		53,2	55,8	55,86	67
Тюменская область / Tyumen Region	5,14	14,22		58,7	62,1	61,4	74
Хабаровский край / Khabarovsk Region	1,97	9,07	17,2		47,79	49,37	66
ХМАО – Югра / KMAO - Yugra	3,3	11,48		62,7	64,6	65,8	75
Челябинская область / Chelyabinsk Region	2,93	7,52		46,04	55,63	51,4	65
ЯНАО / YaNAO		6,96		77,6		78,84	81
Средние значения / Average values	2,994	9,42	15,79	58,60	61,60	61,73	

Abbreviations: RH, relative humidity; KMAO – Yugra, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; YaNAO, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

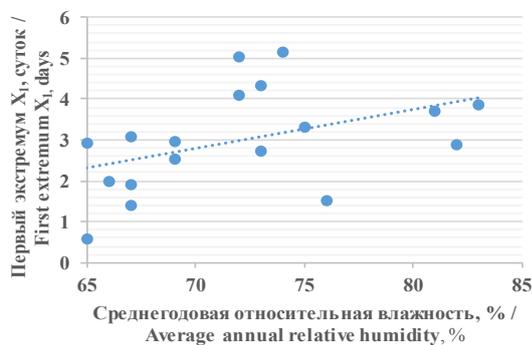


Рис. 11. Зависимость величины первого экстремума заболеваемости от среднегодовой относительной влажности (X₁)

Fig. 11. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the first extremum of the incidence (X₁)

Примечание / Notes: $y = 0,0957x - 3,8988$; $R^2 = 0,1943$

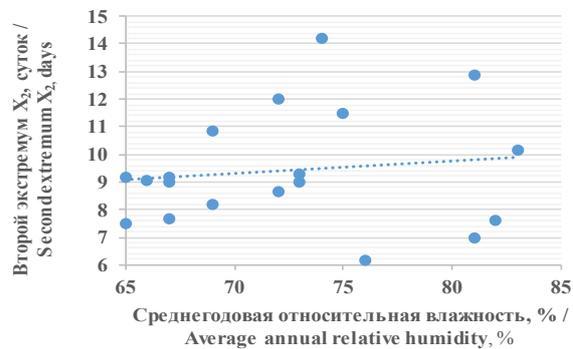


Рис. 12. Зависимость величины второго экстремума заболеваемости от среднегодовой относительной влажности (X₂)

Fig. 12. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the second extremum of the incidence (X₂)

Примечание / Notes: $y = 0,0466x + 6,0378$; $R^2 = 0,0178$

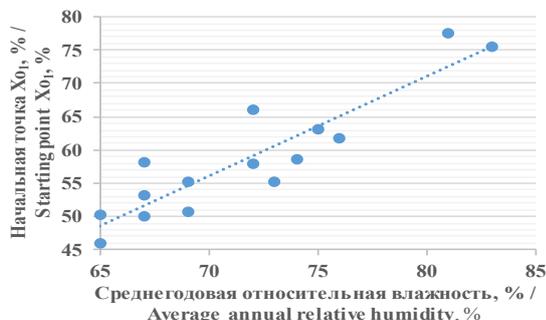


Рис. 13. Зависимость величины начальной точки оптимального интервала от среднегодовой относительной влажности (Xo₁)

Fig. 13. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the starting point of the optimal interval (Xo₁)

Примечание / Notes: $y = 1,501x - 48,943$; $R^2 = 0,8267$

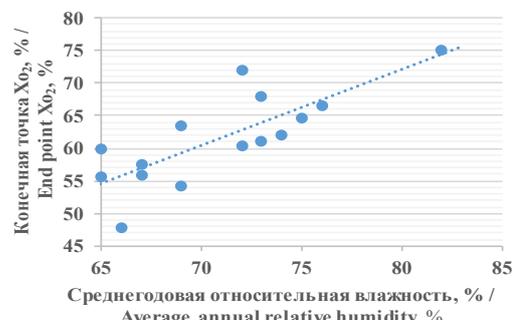


Рис. 14. Зависимость величины конечной точки оптимального интервала от среднегодовой относительной влажности (Xo₂)

Fig. 14. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the end point of the optimal interval (Xo₂)

Примечание / Notes: $y = 1,1721x - 21,617$; $R^2 = 0,6243$

повторений фактор случайности пришлось признать несостоятельным.

Приведем только два примера распределений такого рода (рис. 15, 16).

Третий (самый дальний) экстремум по заболеваемости в Хабаровском крае (и не только там) свидетельствует о том, что существует какая-то объективная связь между обнаружением факта заболевания коронавирусом и относительной влажностью воздуха за 17 суток до этого события (до обнаружения факта заболевания). Списать на случайность этот факт нельзя, поскольку корреляционная оценка достоверности этой связи чрезвычайно высока — $R^2 = 0,9213$.

По-видимому, объяснение этого феномена необходимо искать в продолжительности жизни коронавируса COVID-19.

Зарубежные ученые Islam N, Bukhari Q и Jameel Y, представляющие весьма авторитетные в международном научно-образовательном пространстве Оксфордский университет (UK) и Массачусетский технологический институт (USA), оперируя данными из 206 стран, обнаружили связи между количеством случаев COVID-19, температурой атмосферного воздуха и скоростью ветра, которые наблюдались за 14 суток до момента обнаружения факта заболеваемости [16].

Китайские исследователи Jiangtao Liu, Ji Zhou, Jinxi Yao из Университета Ланьчжоу установили, что абсолютная влажность атмосферного воздуха статистически значимо связана с числом случаев COVID-19 «с отставанием», как принято писать в зарубежной прессе, на 7 и 14 суток [18].

Tomás R и др. ученые, представляющие университеты Аргентины, Колумбии и Чили, опубликовали информацию о том, что в г. Буэнос-Айресе самая высокая температурная корреляция произошла за 13–15 суток до дня подтверждения новых случаев заболевания COVID-19 [26].

Во всяком случае, факт существования третьего экстремума функции зависимости количества заболеваний от относительной влажности воздуха можно считать установленным, но объяснить природу этого феномена

способны только профильные специалисты — вирусологи и эпидемиологи.

Заключение

Проведенные расчеты позволили выявить некоторые закономерности влияния относительной влажности атмосферного воздуха на здоровье человека и сделать следующие выводы:

- уравнения зависимости влияния относительной влажности на заболеваемость чаще всего имеют два экстремума, иногда 3;
- первый экстремум характеризует срок проявления заболеваемости и равен в среднем трем суткам;

- второй экстремум определяет начало инфицирования и равен в среднем 9,5 суткам;

- третий экстремум, по-видимому, связан с продолжительностью жизни коронавируса и его активизацией в определенных атмосферных условиях;

- инкубационный период COVID-19, рассчитанный как разница между вторым и первым экстремумами, равен в среднем 6,4 суток;

- сроки периода оптимальной относительной влажности, когда уровень заболеваемости связан с ней обратной пропорциональной зависимостью, очень хорошо коррелирует со среднегодовой относительной влажностью атмосферного воздуха на территории;

- начало периода оптимальной влажности может быть рассчитано с помощью уравнения $Y_1 = 1,501X - 48,943$, где Y_1 — относительная влажность начала оптимального периода, %; X — среднегодовая относительная влажность на территории, %;

- окончание периода оптимальной влажности может быть рассчитано с помощью уравнения $Y_2 = 1,501X - 48,943$, где Y_2 — относительная влажность окончания оптимального периода, %; X — среднегодовая относительная влажность на территории, %.

Полученные результаты подтверждают высокую степень влияния относительной влажности атмосферного воздуха на динамику развития COVID-19 и позволяют делать прогнозы относительно времени наступления периодов наиболее опасной эпидемиологической обстановки.

Информация о вкладе авторов: Кривошеев В.В. — разработка дизайна исследования, получение данных

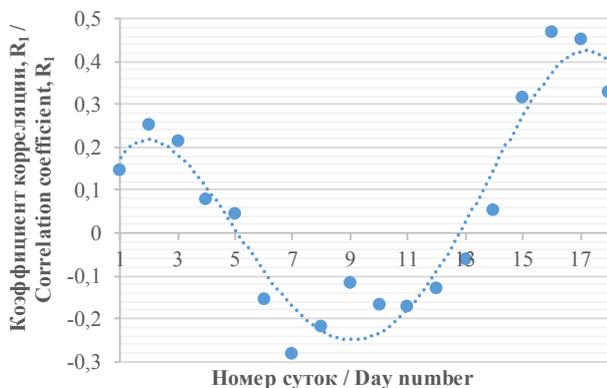


Рис. 15. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Хабаровском крае

Fig. 15. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Khabarovsk Region

Примечание / Notes: $y = -0,0002x^4 + 0,0063x^3 - 0,0698x^2 + 0,2069x + 0,0341$; $R^2 = 0,9213$; $X_1 = 1,97$, $X_2 = 9,07$, $X_3 = 17,2$

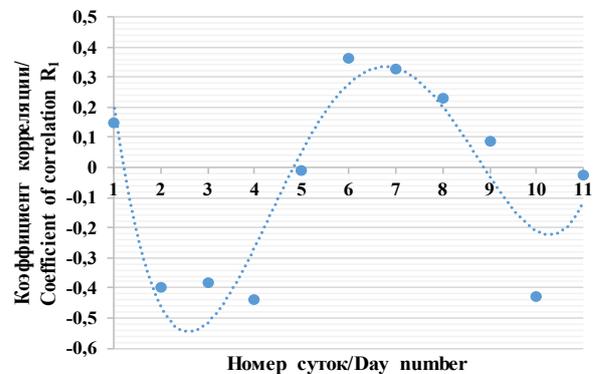


Рис. 16. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Мурманской области

Fig. 16. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Murmansk Region

Примечание / Notes: $y = 0,0032x^4 - 0,0849x^3 + 0,7358x^2 - 2,325x + 1,869$; $R^2 = 0,8626$; $X_1 = 2,77$, $X_2 = 7,76$, $X_3 = 12,66$

для анализа, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Столяров А.И. — анализ полученных данных, написание текста рукописи.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Akimkin VG, Kuzin SN, Semenenko TA, *et al.* Patterns of the SARS-CoV-2 epidemic spread in a megacity. *Problems of Virology*. 2020; 65(4):203–211. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-4-203-211>
- Danilenko DM, Komissarov AB, Stukova MA, *et al.* To be or not to be: forecast of Covid-19 epidemic development in Russia. *Journal Infectology*. 2020; 12(3):6–11. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2020-12-3-6-11>
- Lvov DK, Alkhovsky SV, Kolobukhina LV, *et al.* Etiology of epidemic outbreaks COVID-19 in Wuhan, Hubei province, Chinese People Republic associated with the 2019-nCoV (*Nidovirales, Coronaviridae, Coronavirinae, Betacoronavirus, Subgenus Sarbecovirus*): lessons of SARS-CoV outbreak. *Problems of Virology*. 2020; 65(1):6–15. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-1-6-15>
- Islam A, Hasanuzzaman Md, Azad Md, *et al.* Effect of meteorological factors on COVID-19 cases in Bangladesh. *Environ Dev Sustain*. 2020; 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01016-1>
- Auler CA, Cássaro FAM, da Silva VO, *et al.* Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate: A case study for the most affected Brazilian cities. *Sci Total Environ*. 2020; 729:139090. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139090>
- Li AY, Hannah TC, Durbin JR, *et al.* Multivariate analysis of black race and environmental temperature on COVID-19 in the US. *Am J Med Sci*. 2020; 360(4):348–356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.06.015>
- Asyary A, Veruswati M. Sunlight exposure increased Covid-19 recovery rates: A study in the central pandemic area of Indonesia. *Sci Total Environ*. 2020; 729:139016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139016>
- Smit AJ, Fitchett JM, Engelbrecht FA, *et al.* Winter is coming: A southern hemisphere perspective of the environmental drivers of SARS-CoV-2 and the potential seasonality of COVID-19. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(16):5634. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17165634>
- Altamimi A, Ahmed AE. Climate factors and incidence of Middle East respiratory syndrome coronavirus. *J Infect Public Health*. 2020; 13(5):704–708. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.11.011>
- Adhikari A, Yin J. Short-term effects of ambient ozone, PM_{2.5}, and meteorological factors on COVID-19 confirmed cases and deaths in Queens, New York. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(11):4047. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114047>
- Cai QC, Lu J, Xu QF, *et al.* Influence of meteorological factors and air pollution on the outbreak of severe acute respiratory syndrome. *Public Health*. 2007; 121(4):258–265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.09.023>
- Rosario DKA, Mutz YS, Bernardes PC, *et al.* Relationship between COVID-19 and weather: Case study in a tropical country. *Int J Hyg Environ Health*. 2020; 229:113587. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113587>
- Rashed EA, Kodera S, Gomez-Tame J, *et al.* Influence of absolute humidity, temperature and population density on COVID-19 spread and decay durations: Multi-prefecture study in Japan. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):5354. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155354>
- Benedetti F, Pachetti M, Marini B, *et al.* Inverse correlation between average monthly high temperatures and COVID-19-related death rates in different geographical areas. *J Transl Med*. 2020; 18(1):251. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02418-5>
- Passerini G, Mancinelli E, Morichetti M, *et al.* A preliminary investigation on the statistical correlations between SARS-CoV-2 spread and local meteorology. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(11):4051. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114051>
- Islam N, Bukhari Q, Jameel Y, *et al.* COVID-19 and climatic factors: A global analysis. *Environ Res*. 2021; 193:110355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110355>
- Runkle JD, Sugg MM, Leeper RD, *et al.* Short-term effects of specific humidity and temperature on COVID-19 morbidity in select US cities. *Sci Total Environ*. 2020; 740:140093. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140093>
- Liu J, Zhou J, Yao J, *et al.* Impact of meteorological factors on the COVID-19 transmission: A multi-city study in China. *Sci Total Environ*. 2020; 726:138513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138513>
- Tan J, Mu L, Huang J, *et al.* An initial investigation of the association between the SARS outbreak and weather: with the view of the environmental temperature and its variation. *J Epidemiol Community Health*. 2005; 59(3):186–192. DOI: <https://doi.org/10.1136/jech.2004.020180>
- Yuan J, Yun H, Lan W, *et al.* A climatologic investigation of the SARS-CoV outbreak in Beijing, China. *Am J Infect Control*. 2006; 34(4):234–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2005.12.006>
- Lin J, Huang W, Wen M, *et al.* Containing the spread of coronavirus disease 2019 (COVID-19): Meteorological factors and control strategies. *Sci Total Environ*. 2020; 744:140935. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140935>
- Li K. The link between humidity and COVID-19 caused death. *J Biosci Med*. 2020; 8(6):50–55. DOI: <https://doi.org/10.4236/jbm.2020.86005>
- Goswami K, Bharali S, Hazarika J. Projections for COVID-19 pandemic in India and effect of temperature and humidity. *Diabetes Metab Syndr*. 2020; 14(5):801–805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.05.045>
- Pramanik M, Udmale P, Bisht P, *et al.* Climatic factors influence the spread of COVID-19 in Russia. *Int J Environ Health Res*. 2020; 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1793921>
- Guasp M, Laredo C, Urra X. Higher solar irradiance is associated with a lower incidence of coronavirus disease 2019. *Clin Infect Dis*. 2020; 71(16):2269–2271. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa575>
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis*. 2020; 67(6):3069–3074. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13766>
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis*. 2020; 67(6):2313–2317. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13631>
- Al-Rousan N, Al-Najjar H. The correlation between the spread of COVID-19 infections and weather variables in 30 Chinese provinces and the impact of Chinese government mitigation plans. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2020; 24(8):4565–4571. DOI: https://doi.org/10.26355/eurrev_202004_21042
- Jüni P, Rothenbühler M, Bobos P, *et al.* Impact of climate and public health interventions on the COVID-19 pandemic: a prospective cohort study. *CMAJ*. 2020; 192(21):E566–E573. DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.200920>
- Bukhari Q, Massaro JM, D'Agostino Sr RB, *et al.* Effects of weather on coronavirus pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):5399. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155399>
- Sahoo PK, Mangla S, Pathak AK, *et al.* Pre-to-post lockdown impact on air quality and the role of environmental factors in spreading the COVID-19 cases – a study from a worst-hit state of India. *Int J Biometeorol*. 2020:1–18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02019-3>
- Sarkodie SA, Owusu PA. Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries with confirmed cases. *Environ Res*. 2020; 191:110101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110101>
- Bolaño-Ortiz TR, Pascual-Flores RM, Puliafito SE, *et al.* Spread of COVID-19, meteorological conditions and air quality in the city of Buenos Aires, Argentina: Two facets observed during its pandemic lockdown. *Atmosphere*. 2020; 11(10), 1045. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11101045>