

УДК 614.777:613.31(045)

Новиков Д. С.,
д.м.н., проф. Латышевская Н. И.
(ВолгГМУ, г. Волгоград, Россия, denpov89@mail.ru)

ИНДЕКС ДЕ МАРТОННА В ОЦЕНКЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ОСТРЫМИ КИШЕЧНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА РОССИИ

В работе рассмотрены природно-климатические предпосылки роста эпидемической заболеваемости острыми кишечными инфекциями в аридных условиях юга России. В качестве предиктора были предложены стандартный и модифицированный индекс аридности де Мартонна. Рассчитаны корреляционные связи между показателем заболеваемости и значениями индекса засушливости, определены факторы неопределенности, способные повлиять на достоверность результатов исследования. Модифицированный индекс де Мартонна демонстрировал большую надежность в прогнозировании рисков подъема уровня заболеваемости по сравнению со стандартным индикатором засушливости.

Ключевые слова: аридность, индекс де Мартонна, острые кишечные инфекции, социально-гигиенический мониторинг, водный фактор, Заволжье.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Засуха — комплексная экологическая проблема, способная оказывать как прямое, так и опосредованное влияние на состояние здоровья человека, увеличивая эпидемическую нагрузку на водные экосистемы. Согласно ВОЗ, острые кишечные инфекции (ОКИ) являются группой заболеваний, ассоциированных с водным фактором. Многолетняя, а также сезонная динамика температуры воздуха и количества осадков способна влиять на эпидемический процесс ОКИ, возбудители которых циркулируют в поверхностных и подземных водах [1]. Известно, что рост температуры связан с увеличением рисков заболеваемости ОКИ бактериальной природы, в то время как вирусные инфекционные агенты демонстрируют повышение активности при ее снижении [2].

Современная профилактическая медицина нуждается в новых валидных методах прогнозирования рисков роста эпидемической заболеваемости, основанных на экологических особенностях того или иного региона. Вместе с этим предполагаемые к внедрению в процедуру социально-гигиенического мониторинга (СГМ) показатели оценки качества среды обитания человека должны быть

нетребовательны к финансовым ресурсам, отвечать критерию простоты и основываться на открытых к общему доступу данных [3].

Климатический индекс де Мартонна представляет собой функцию среднегодовой температуры/суммы осадков и может быть рассчитан по данным наблюдательных метеорологических постов в камеральных условиях. Это обуславливает потенциал применения данного показателя в качестве источника достоверной информации об особенностях эпидемического процесса ОКИ, этиологически связанного с водным фактором.

Цель работы — анализ потенциала применения климатического индекса засухи де Мартонна в качестве предиктора роста заболеваемости острыми кишечными инфекциями на примере волгоградского Заволжья, как типичного представителя аридных зон юга России.

Объект исследования — аридные экосистемы юга России.

Предмет исследования — прогноз риска роста эпидемической заболеваемости острыми кишечными инфекциями.

Задачи исследования:

– рассмотреть особенности заболеваемости острыми кишечными инфекциями в

различных административных районах волгоградского Заволжья;

– проанализировать климатические показатели засухи на территории волгоградского Заволжья;

– изучить потенциал модификаций индекса засухи в прогнозировании рисков роста заболеваемости острыми кишечными инфекциями.

Материалы и методы. В настоящем исследовании была проанализирована динамика заболеваемости населения Заволжья острыми кишечными инфекциями неустановленной этиологии (ОКИНЭ) по данным отчетов СГМ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области (ВО) филиал в г. Волжский, Ленинском, Среднеахтубинском, Николаевском, Быковском, Палласовском, Старополтавском районах» в период 2018–2022 гг. Для комплексной оценки засушливости был рассчитан климатический индекс де Мартона (DMI) для бассейнов подземных вод по формуле, имеющей вид:

$$DMI = \frac{P}{T + 10},$$

где P — годовая сумма выпавших осадков, мм; T — среднегодовая температура воздуха, °С.

Источником входных данных выступила модель атмосферного реанализа ERA5, опирающаяся на такие важнейшие климатические показатели, как температура и влажность приземного слоя воздуха, температуры тропосферы и нижней стратосферы, количество атмосферных осадков. Также в работе был произведен расчет стандартного и модифицированного показателя (DMI_m). Трансформация индекса осуществлялась с учетом экологии бактериальных возбудителей ОКИ: сумма осадков вычислялась за период со среднемесячными температурами выше +10 °С. Значение T представляло собой усредненную температуру воздуха за этот же промежуток времени.

Дизайн исследования предполагал проверку данных о заболеваемости на нор-

мальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка (W). Нулевая гипотеза исследования (H_0) заключалась в статистической значимости различий между показателями заболеваемости ОКИНЭ на территории волгоградского Заволжья. Для ее проверки нами был выполнен ANOVA-тест (однофакторный дисперсионный анализ) с целью проверки влияния аридного тренда на рост заболеваемости ОКИНЭ. Достоверность полученных результатов оценивалась с использованием парного t -критерия Стьюдента для зависимых совокупностей.

Результаты. Территория, занимаемая Волгоградской областью, характеризуется многолетним положительным трендом среднегодовых температур воздуха при сокращении годовой суммы осадков. На температурной диаграмме (рис. 1), построенной по данным климатического реанализа ERA5, красные графы соответствуют положительным аномалиям температур, синие — отрицательным. В отношении осадков существует следующая логика: зеленые графы характеризуют более влажные годы, коричневые — более засушливые. Линии трендов и цветовая маркировка временных периодов климатического мониторинга свидетельствуют о многолетнем нарастании аридности в зоне изучаемого региона.

Эколого-географические особенности Волгоградской области обусловили расчет индекса аридности де Мартона для административных районов, расположенных в наиболее засушливой территории ВО — волгоградского Заволжья (левобережье р. Волга в административных границах ВО). В таблице 1 представлены значения для стандартного (DMI) и модифицированного (DMI_m) индексов де Мартона.

На следующем этапе исследования нами была проанализирована заболеваемость острыми кишечными инфекциями неустановленной этиологии (ОКИНЭ) в Палласовском, Старополтавском, Быковском и Николаевском административных районах, расположенных в Заволжской части Волгоград-

ской области. Во всех случаях выборки данные о заболеваемости прошли проверку на нормальность распределения, критерий Шапиро-Уилка не выявил значимых отклонений (Палласовский: $W(5)=0,92$, $p=0,688$; Старополтавский: $W(5)=0,94$, $p=0,814$; Быковский: $W(5)=0,88$, $p=0,367$; Николаевский: $W(5)=0,94$, $p=0,835$).

Сопоставление факторной (s_f) и остаточной (s_{ost}) дисперсии в ANOVA по критерию Фишера выявило, что значения s_f лежат в области более высоких величин ($s_f=10229,2$), чем оценка s_{ost} ($s_{ost}=2468,3$). Результаты данного анализа позволяют полагать, что рассматриваемый в нашей гипотезе климатический фактор оказывает значительное влияние на зависимую переменную (показатель заболеваемости). Проверка нулевой гипотезы путем сравнения средних значений в выборках продемонстрировала значимость их отличий ($f_{набл}=4,14$; $f_{крит}=3,24$, $p=0,024$).

На заключительном этапе статистической обработки нами были определены линейные корреляционные связи и был рассчитан коэффициент детерминации (R^2) в следующих парах:

1. «Абсолютные величины вновь выявленных случаев ОКИ» — «стандартный индекс аридности DMI », (r_{yx1});

2. «Абсолютные величины вновь выявленных случаев ОКИ» — «модифицированный индекс аридности DMI_m », (r_{yx2}).

Логика интерпретации результатов корреляционного анализа заключается в обратной зависимости между величинами индекса засушливости и заболеваемостью: низкие значения DMI соответствуют нарастанию аридности, высокие — снижению. Полученные результаты для Палласовского, Старополтавского, Быковского и Николаевского административных районов, расположенных в Заволжской части Волгоградской области, представлены в таблице 2.

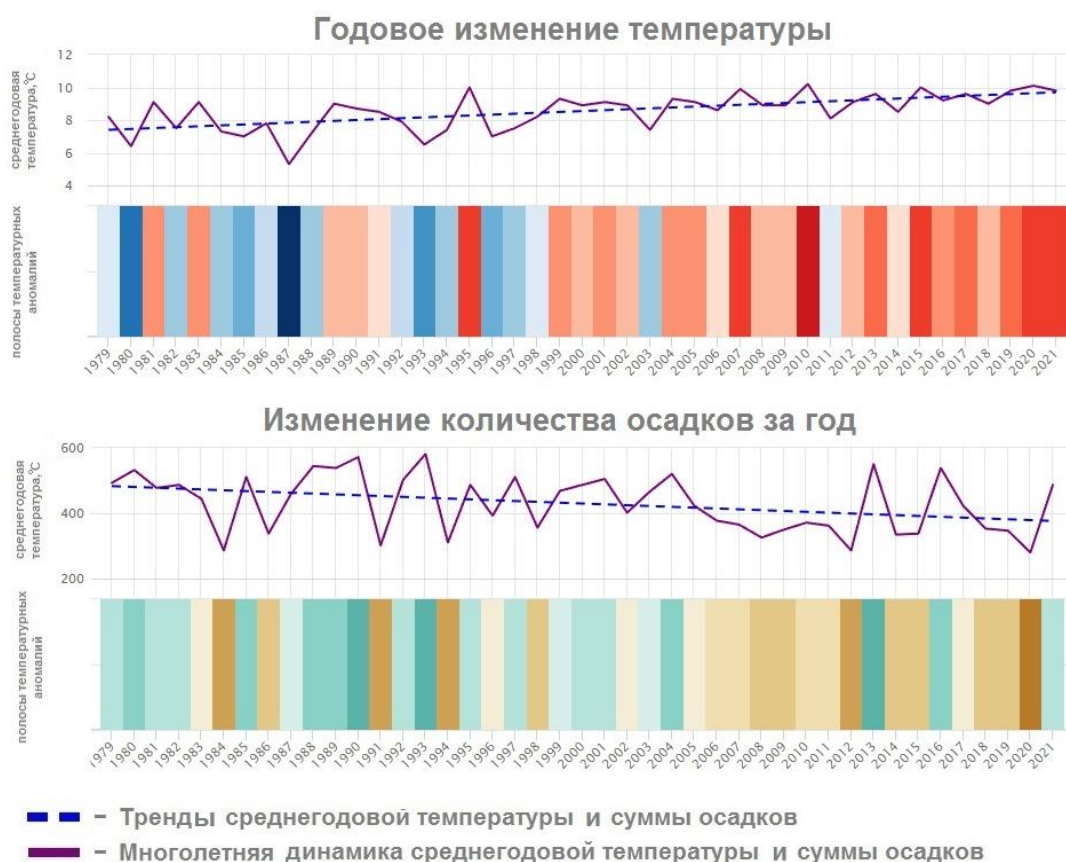


Рисунок 1 — Изменения климата в Волгоградской области по данным ERA5

Таблица 1

Расчетные климатические показатели стандартного и модифицированного индексов де Мартонна

Административные районы	Годы	DMI		DMI _m	
		Среднегодовая температура (T), °C	Годовая сумма осадков (P), мм	Усредненная температура при T > 10 °C	Сумма осадков при T > 10 °C
Палласовский	2018	7,6	288	19,4	109
	2019	8,4	260	17,2	155
	2020	9,3	208	20,6	90
	2021	9,2	382	22,1	193
	2022	8,8	438	18,5	231
Старополтавский	2018	7,5	350	19,5	208
	2019	8,5	377	18,5	180
	2020	9,2	250	18,7	102
	2021	9,1	508	21,4	218
	2022	12,1	680	18,2	225
Быковский	2018	8,4	368	17,9	235
	2019	9,2	325	20,2	195
	2020	9,8	240	20,5	96
	2021	9,7	468	20,7	304
	2022	9,8	493	19,6	278
Николаевский	2018	8,0	389	19,7	195
	2019	8,9	365	17,6	205
	2020	9,5	252	20,3	96
	2021	9,4	495	19,5	304
	2022	9,2	493	18,4	278

Таблица 2

Корреляционные связи между показателями заболеваемости и климатическими индексами

Административные районы	Годы	Заболеваемость, абсолютные числа (y)	DMI (x ₁)	DMI _m (x ₂)	Регрессия γ_{yx1}, R^2	Регрессия γ_{yx2}, R^2
Палласовский	2018	153	16,36	3,71	-0,399, 0,159	-0,553, 0,306
	2019	105	14,13	5,70		
	2020	58	10,77	2,94		
	2021	51	19,89	6,41		
	2022	29	23,30	8,09		
Старополтавский	2018	42	20,00	7,04	-0,459, 0,211	-0,557, 0,311
	2019	168	20,37	6,31		
	2020	130	14,58	3,55		
	2021	77	26,60	6,95		
	2022	69	30,77	7,96		
Быковский	2018	0	20,98	6,45	-0,483, 0,233	-0,213, 0,045
	2019	18	16,93	7,34		
	2020	22	12,12	3,12		
	2021	14	23,76	9,98		
	2022	15	24,90	9,40		

Продолжение таблицы 2

Административные районы	Годы	Заболеваемость, абсолютные числа (y)	DMI (x ₁)	DMI _m (x ₂)	Регрессия r _{yx1} , R ²	Регрессия r _{yx2} , R ²
Николаевский	2018	171	21,61	6,55	-0,683, 0,467	-0,799, 0,639
	2019	66	19,31	7,43		
	2020	206	12,92	3,16		
	2021	107	25,51	10,30		
	2022	43	25,67	9,80		

Оценка тесноты связи по шкале Чеддока свидетельствует о том, что значения r_{yx2} для Палласовского, Старополтавского и Николаевского районов находятся в области заметного влияния (0,5–0,7) предиктора DMI_m (x₂) на признак-фактор (y). Однако расчеты p-критерия в малых выборках (n=5) указали на отсутствие значимости во всех корреляционных парах «заболеваемость — DMI_m» для каждого из районов (при $p < 0,05$). Сопоставление рядов данных r_{yx1} и r_{yx2} показало, что во всех районах, кроме Быковского района, модифицированный показатель DMI_m демонстрировал более сильные, но статистически незначимые корреляционные связи с показателем заболеваемости ($T_{набл} = 0,20 < T_{крит} = 2,24$, при $p < 0,05$). Неопределенность результатов исследования здесь может быть связана с проблемой обращаемости населения за медицинской помощью — в 2018 году надзорными органами не было зарегистрировано ни одного случая возникновения ОКИ в Быковском районе.

Обсуждение. Большинство подходов к оценке аридности основываются на функции взаимодействия атмосферных осадков с температурой, которые являются критическими параметрами при определении засушливости. В нашем исследовании был произведен расчет модифицированного индекса де Мартонна путем замены среднегодовых температур в выборке на среднемесячное значение при $t_{ср.мес.} > 10^\circ\text{C}$, что позволило сосредоточиться на периоде активности бактериальных возбудителей ОКИ. Сходные выводы о большей валидности модификаций DMI по сравнению со стан-

дартным индексом представлены в работах Heidarizadi Z. и др., посвященных экстремально засушливым регионам Ирана. Авторы сообщают о том, что внесение в функцию DMI модификаций способствует повышению чувствительности индекса к динамике климатических факторов в условиях дефицита входных данных при изучении больших разнородных территорий [5].

Широко распространенные в практике показатели аридности, такие как засухи Палмера и индекс Педя, требовательны к непрерывности рядов входных данных и не отвечают требованиям доступности и простоты, предъявляемым к внедряемым в процедуру СГМ подходам к оценке состояния среды обитания человека [6]. Н. А. Шумова сообщает о высокой достоверности результатов, полученных с помощью гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова (ГТК) для степей Калмыкии [7]. Логика расчета ГТК предполагает включение в анализ данных только о месяцах с активными температурами ($t_{ср.мес.} > 10^\circ\text{C}$), что определяет потенциал его применения при прогнозировании эпидемического процесса.

Неопределенность результатов исследования может быть обусловлена рядом факторов. В Волгоградской области существует проблема диагностики таксономической принадлежности возбудителей ОКИ — в 2022 году доля ОКИНЭ в числе случаев возникновения всех острых кишечных инфекций составила 76 % (в 2021 — 83 %, 2020 — 73 %, 2019 — 70 %, 2018 — 75 %) [8]. Вместе с этим в литературе представлены данные о снижении удельного веса бактери-

альных ОКИ (преимущественно семейства *Enterobacteriaceae*) в структуре общероссийской заболеваемости при увеличении доли вирусных (роды *Norovirus*, *Rotavirus*), что может быть объяснено совершенствованием методик диагностики [9]. Помимо этого, данные метаанализа Chua P. и др. свидетельствуют о том, что рост заболеваемости, связанной с бактериальными возбудителями ОКИ, и температура находятся в прямой зависимости, в то время как повышение температуры приводит к снижению риска вирусных ОКИ [10]. Анализ эпидемиологической картины в других регионах Южного федерального округа подтверждает важность диагностики типа возбудителя для повышения надежности результатов исследования. Г. М. Трухина отмечает рост вклада вирусных возбудителей в общую заболеваемость ОКИУЭ в Краснодарском крае на фоне повышения уровня этиологической расшифровки природы инфекционного агента в многолетней ретроспективе. Так, на долю возбудителей вирусной природы в структуре ОКИ установленной этиологии в

2018 году по Туапсинскому району приходилось 50,4 %, в то время как в Волгоградской области доля ОКИ вирусной этиологии составила 11,0 % в 2022 году [11].

В нашем исследовании была подтверждена гипотеза о прямом влиянии тренда аридности на эпидемический процесс ОКИНЭ, однако повышение доли установленных возбудителей могло бы уточнить результаты, так как полученные коэффициенты корреляции ни в одном из изученных районов не соответствовали области высокого влияния.

Заключение. Климатические показатели засушливости могут быть источником достоверной информации о рисках роста эпидемической заболеваемости острыми кишечными инфекциями. Модификация индекса засушливости с учетом биологии возбудителей способна повысить надежность получаемых данных. Повышение уровня этиологической расшифровки и уточнение таксономической принадлежности возбудителей в структуре ОКИ может повысить валидность исследования.

Список источников

1. Байдакова Е. В. Характеристика и особенности вспышек острых кишечных инфекций с водным путем передачи возбудителей на современном этапе (обзор) // *Вятский медицинский вестник*. 2023. Т. 78. № 2. С. 89–94. DOI 10.24412/2220-7880-2023-2-89-94
2. Carlton E. J., Woster A. P., DeWitt P. Systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases // *Int J Epidemiol*. 2016. Vol. 45. P. 117–130. DOI: 10.1093/ije/dyv296
3. Адамович Т. А., Ашихмина Т. Я. Аэрокосмические методы в системе геоэкологического мониторинга природно-техногенных территорий // *Теоретическая и прикладная экология*. 2017. № 3. С. 15–24.
4. Сулейманов Р. Р., Адельмурзина И. Ф., Бигильдина Э. Р. Роль природно-климатических особенностей Республики Башкортостан в размещении мелиоративных комплексов // *Региональные геосистемы*. 2021. Т. 45. № 3. С. 273–287. DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-3-273-287
5. Jamali Z., Heidarizadi Z. Future changes in dry conditions using statistical downscaling model (SDSM) in the western region of Gorgan plain, Iran // *Arid Ecosystems*. 2022. Vol. 28. № 4 (93). P. 4–12. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-4-12
6. Svoboda M., Fuchs B. A. *Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*. Geneva : World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016. 60 p.
7. Шумова Н. А. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия // *Аридные экосистемы*. 2021. Т. 27. № 4 (89). С. 13–24. DOI: 10.24412/1993-3916-2021-4-13-24
8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2022 году : государственный доклад. Волгоград, 2023. 258 с.

9. Сергеев В. И. Современные тенденции в многолетней динамике заболеваемости острыми кишечными инфекциями бактериальной и вирусной этиологии // *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2020. Т. 19. № 4. 14–19. DOI: 10.31631/2073-3046-2020-19-4-14-19

10. Chua P. L. C., Huber V., Ng C. F. S. Global projections of temperature-attributable mortality due to enteric infections: a modelling study // *Lancet Planet Health*. 2021. Vol. 5. Iss. 7. P. 436–445. DOI: 10.1016/S2542-5196(21)00152-2.

11. Трухина Г. М., Лаврик Е. П., Иванова Ю. В. Особенности заболеваемости острыми кишечными инфекциями среди населения Туапсинского района // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. Т. 12. С. 62-68. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-62-68

© Новиков Д. С., Латышевская Н. И.

Рекомендована к печати д.м.н., проф., зав. каф. профильных гигиенических дисциплин ВолГМУ Сливиной Л. П., д.м.н., и.о. гл. врача ГС «Алчевская городская СЭС» Капрановым С. В.

Статья поступила в редакцию 15.10.2023.

Novikov D. S., Dr. Med., Prof. Latyshevskaya N. I. (VolgSMU, Volgograd, Russia e-dennov89@mail.ru)
THE DE MARTONNE INDEX IN ASSESSING THE INCIDENCE OF ACUTE INTESTINAL INFECTIONS IN THE SOUTH RUSSIA

The work presents natural and climatic prerequisites for epidemic incidence increase of acute intestinal infections in the arid conditions of the South Russia. The standard and modified de Martonne aridity index was proposed as a predictor. The correlations between the disease incidence indicator and the values of the aridity index were calculated, and uncertainty factors that could affect the reliability of the research results were identified. The modified de Martonne index showed greater reliability in predicting the risk of rising the disease levels compared to the standard aridity indicator.

Key words: *aridity, de Martonne index, acute intestinal infections, social and hygienic monitoring, water factor, Trans-Volga region.*