

УДК 574.34: 613.162

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>*Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмулёв И.С.*

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МАЛЯРИОГЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Novikov D.S., Kolomytsev V.V., Lebedeva V.V., Chmulev I.S.

ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF GIS TECHNOLOGIES IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FACTORS OF MALARIOGENICITY IN THE TERRITORIES OF THE VOLGOGRAD REGION

Аннотация. В южных регионах России сохраняются высокие риски распространения малярии. Ситуация усугубляется ростом среднегодовых температур в многолетнем распределении и ростов эвтрофицированных малых водоемов, благоприятных для завершения жизненного цикла переносчиков заболевания – комаров рода *Anopheles*. С целью установления взаимосвязи между климатическими факторами и статусом популяций насекомых-переносчиков возбудителя малярии был осуществлен анализ количества поверхностных вод с использованием ГИС-технологий. Для расчета был выбран индекс MNDWI, основанный на использовании снимков в Green и SWIR диапазонах спутника Landsat 8. Показатели среднего и максимального количества личинок и имаго комаров были проанализированы на основе информации, представленной в ежегодных отчётах Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области. В регионе отмечается наличие трех маляриогенных зон: северной (камышинской), центральной (волгоградской) и южной (котельниковской). Общая динамика MNDWI для камышинской зоны имел тенденцию к росту водного индекса с -0,176 до -0,171 в двухлетнем диапазоне. Аналогичные показатели MNDWI для волгоградского и котельниковского очагов маляриогенности также имели положительную динамику в период с 2018 по 2020 годы. Модифицированный нормализованный водный индекс для них увеличился соответственно с -0,152 до -0,126 и с -0,215 до -0,158 соответственно. Расчет коэффициента корреляции Пирсона для изучаемой территории обнаружил наличие высокой тесноты прямой связи между показателем индекса MNDWI и максимальным количеством личинок/имаго в камышинском регионе (0,994/0,833). Для Волгограда сила корреляционной связи находилась в области средних (заметных) величин, за исключением среднего значения для имаго, где связь была сильной (0,904). В Котельниково зависимость между периодами засухи и числом личинок носила обратно

Abstract. In the southern regions of Russia, high risks of the spread of malaria remain. The situation is aggravated by the increase in average annual temperatures in the long-term distribution and the growth of eutrophicated small water bodies, which are favorable for the completion of the life cycle of the disease vectors – mosquitoes of the genus *Anopheles*. In order to establish the relationship between climatic factors and the status of populations of insect vectors of the causative agent of malaria, an analysis of the amount of surface water was carried out using GIS technologies. For the calculation, the MNDWI index was chosen, based on the use of images in the Green and SWIR bands of the Landsat 8 satellite. The indicators of the average and maximum number of larvae and adults of mosquitoes were analyzed on the basis of information presented in the annual reports of the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and human well-being in the Volgograd region. There are three malarogenic zones in the region: northern (Kamyshinsky), central (Volgograd) and southern (Kotelnikovskaya). The overall dynamics of MNDWI for the Kamyshin zone tended to increase the water index from -0.176 to -0.171 in a two-year range. Similar MNDWI indicators for the Volgograd and Kotelnikovsky malarogenic foci also had a positive trend in the period from 2018 to 2020. The modified normalized water index for them increased from -0.152 to -0.126 and from -0.215 to -0.158, respectively. Calculation of the Pearson correlation coefficient for the study area revealed the presence of a high closeness of a direct relationship between the MNDWI index and the maximum number of larvae/adults in the Kamyshin region (0.994/0.833). For Volgograd, the strength of the correlation was in the region of average (noticeable) values, except for the average value for adults, where the relationship

пропорциональный характер, за исключением максимального количества имаго (0,943), что может быть объяснено малым значением выборки итогового вылета насекомых и погрешностью измерений, обусловленных логикой методики исследования количества личиночных форм в природных водоемах. Полученные данные могут быть использованы в целях усовершенствования системы контроля динамики маляриогенности надзорными органами в области благополучия населения. Дальнейшие перспективы исследования связаны с изменением подходов к оценке средних значений количества насекомых-переносчиков малярии, а также с собственными полевыми работами по изучению состава энтомофауны комаров р. *Anopheles* с целью калибровки представленных в отчетах государственных органов данных.

Ключевые слова: маляриогенность, ГИС-технологии, малярия, геомониторинг, MNDWI.

Сведения об авторах: Новиков Денис Сергеевич, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, dennov89@mail.ru; Коломыцев Виктор Викторович, ORCID: 0000-0002-3595-2023, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, viktor.k000@mail.ru; Лебедева Виктория Вадимовна, ORCID: 0000-0003-2767-6636, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград, Россия, domaved@mail.ru; Чмулёв Илья Сергеевич, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Магадан, Россия, chmulev01.08.89@mail.ru

was strong (0.904). In Kotelnikovo, the relationship between periods of drought and the number of larvae was inversely proportional, with the exception of the maximum number of adults (0.943), which can be explained by the small value of the sample of the final emergence of insects and the measurement error due to the logic of the methodology for studying the number of larval forms in natural water bodies. The results obtained can be used to improve the system for monitoring the dynamics of malariogenicity by supervisory authorities in the field of population welfare. Further research prospects are associated with a change in approaches to assessing the average values of the number of malaria vector insects, as well as with our own field work on the study of the composition of the mosquito entomofauna of the river. *Anopheles* for the purpose of calibrating data reported by government agencies.

Keywords: malariogenicity, GIS technologies, malaria, geomonitoring, MNDWI.

About the authors: Novikov Denis Sergeevich, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, dennov89@mail.ru; Kolomytsev Victor Victorovich, ORCID: 0000-0002-3595-2023, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, viktor.k000@mail.ru; Lebedeva Viktoriia Vadimovna, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, domaved@mail.ru; Chmulev Ilya Sergeevich, Magadan Research Institute of Agriculture, Magadan, Russia, chmulev01.08.89@mail.ru

Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмулёв И.С. Анализ потенциала ГИС-технологий в оценке экологических факторов маляриогенности территорий волгоградской области // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 4(60). С. 113-121. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>

Novikov, D.S., Kolomytsev, V.V., Lebedeva, V.V., & Chmulev, I.S. (2022). Analysis of the Potential of GIS Technologies in the Assessment of Environmental Factors of Malariogenicity in the Territories of the Volgograd Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (4(60)), 113-121. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-4/11>

Введение. Волгоградская область имеет благоприятные климатические условия для формирования двукрылых насекомых семейства *Culicidae*. Эпидемически значимыми представителями этого семейства являются малярийные комары рода *Anopheles* (виды *An. messeae* Fall, *An. maculinnis*, *An. atroparvis*, *An. claviger* и *An. hyrcanus* Pall), способные переносить возбудителей различных заболеваний, в частности, малярии [1; 2]. Высокое многолетнее значение средней температуры лета (+27,7°C) в регионе выступает благоприятным условием для развития как мезотермофильных, так и политермофильных видов комаров [3; 4]. Время завершения спорогонии малярийного плазмодия (*Plasmodium spp.*)

в теле комара при таких условиях составляет 27-37 суток [5; 6]. Существенное количество временных и постоянных эвтрофицированных водоемов в западной части области способствует распространению комаров на протяжении всего теплого времени года, обуславливая наличие эпидемических рисков подъема спорадической заболеваемости малярией [7].

В Волгоградской области ежегодно проводится мониторинг популяций комаров рода *Anopheles*. На территории региона выделяются три зоны, обладающие маляриогенным потенциалом: *северная* (г. Камышин), *центральная* (г. Волгоград) и *южная* (г. Котельниково). Традиционно к показателям, влияющим на коэффициент маляриогенности (Q_y), относят как социальные, так и экологические факторы: плотность популяции комаров р. *Anopheles*, восприимчивых к заражению возбудителем малярии, вероятность и частота контакта населения с комарами, наличие подходящих водоемов, температура и влажность воздуха, обеспечивающая завершение процесса спорогонии в теле комара [8]. Значение Q_y на уровне 1,0 является пороговым, при подъеме данного показателя свыше 1,0 создаются условия, благоприятные для возникновения эпидемий. Для Волгоградской области коэффициент маляриогенности составляет 1,06, что обуславливает необходимость регулярного экологического мониторинга рисков диссеминации малярийного плазмодия [9].

Таким образом, **целью** настоящей работы является изучение потенциала ГИС-технологий в оценке влияния экологических факторов на санитарно-эпидемиологическую ситуацию, связанную с распространением малярийного плазмодия.

Материалы и методы. Производилась оценка динамики водного режима на территории трех маляриогенных зон Волгоградской области в период 2018-2020 гг. с использованием ГИС-анализа карт, полученных со спутника Landsat 8 (картографическая база данных *EarthExplorer*) в программном пакете QGIS v3.24. Для уменьшения степени погрешности для исследования отбирались только снимки с показателем *CloudCover* менее 20%.

В работе использовался нормализованный разностный водный индекс MNDWI, рассчитанный для трех маляриогенных зон в период вылета генераций комаров в исследуемом регионе: *северной* (г. Камышин), *центральной* (Волгоградская агломерация) и *южной* (г. Котельниково). Данные о количестве личинок и имаго комаров р. *Anopheles*, а также периодах вылета генераций насекомых были получены на основе анализа ежегодных отчетов управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области (табл. 1) [10]. Водный индекс применялся для мониторинга количества водоемов, пригодных для завершения жизненного цикла комаров рода *Anopheles*.

Показатель MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) использовался для определения объектов открытых водных пространств и их выделения на спутниковом снимке на фоне почвы и растительности. MNDWI представляет собой улучшенный индекс, разработанный для улучшения анализа характеристик ландшафта, связанных с наличием поверхностных вод [11]. Выбор в пользу MNDWI был сделан на основе того, что при его расчете используется зеленый (Green) и коротковолновый инфракрасный (SWIR) диапазоны

спектра. Более популярный в геоинформационных исследованиях индекс NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) основан на ближней инфракрасной и красной области спектра (NIR-Red индекс). Однако чистая вода не отражает Red, а в мутных эвтрофицированных водоемах отсутствует отражение в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) и за его пределами [12]. Таким образом, модифицированный Green-SWIR индекс наилучшим образом отвечает цели исследования и позволяет избежать погрешностей, связанных с водой, содержащейся в растительном покрове.

Таблица 1

Даты вылета генераций комаров в Волгоградской области

Год	Дата вылета	Камышин (северная зона)	Волгоград (центральная зона)	Котельниково (южная зона)
2018	Дата вылета первой генерации	07.06.2018	10.05.2018	10.05.2018
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	13.07.2018	26.05.2018	17.05.2018
2019	Дата вылета первой генерации	02.06.2019	08.06.2019	08.09.2019
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	05.06.2019	14.06.2019	16.09.2019
2020	Дата вылета первой генерации	10.05.2020	09.05.2020	09.05.2020
	Дата исследуемого снимка Landsat-8	16.06.2020	31.05.2020	13.05.2020

Для исследования влияния экологических факторов на диссеминацию возбудителя малярии в Волгоградской области показатель MNDWI в программном пакете QGIS рассчитывался по формуле: $MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$.

Результаты и обсуждение. Программная обработка спутниковых снимков Landsat-8 позволила сформировать растровые изображения исследуемых зон с цветовым распределением показателя влажности территории. Значения, полученные в результате расчетов нормализованного разностного водного индекса MNDWI, находится в диапазоне от -1 до 1. Как правило, значение MNDWI водоемов превышает 0,2, растительность имеет гораздо меньшие значения, что позволяет легко отличить растительный покров от водоемов. Засушливые территории на картах носят отрицательные значения [13]. В настоящем исследовании для индекса MNDWI фильтры в программном пакете QGIS настраивались на основе учета диапазона этих значений, что позволило выделить водные объекты, пригодные для завершения жизненного цикла переносчиков малярии. На подобранных изображениях присутствовали небольшие области, покрытые облачной дымкой (в диапазоне *CloudCover* 10-20%), при дешифрировании которых проявлялись ошибки. При формировании итоговых растров эти области отбраковывались и не были включены в исследуемую территорию. Итоговая общая площадь проанализированных зон, представленная на рисунке, составила 1737,545 км². На картах области, залитые оранжевым цветом, соответствуют минимальным показателям влажности, зеленые – максимальным, водные объекты отмечены на картах синим и темно-зеленым маркером (рис.).

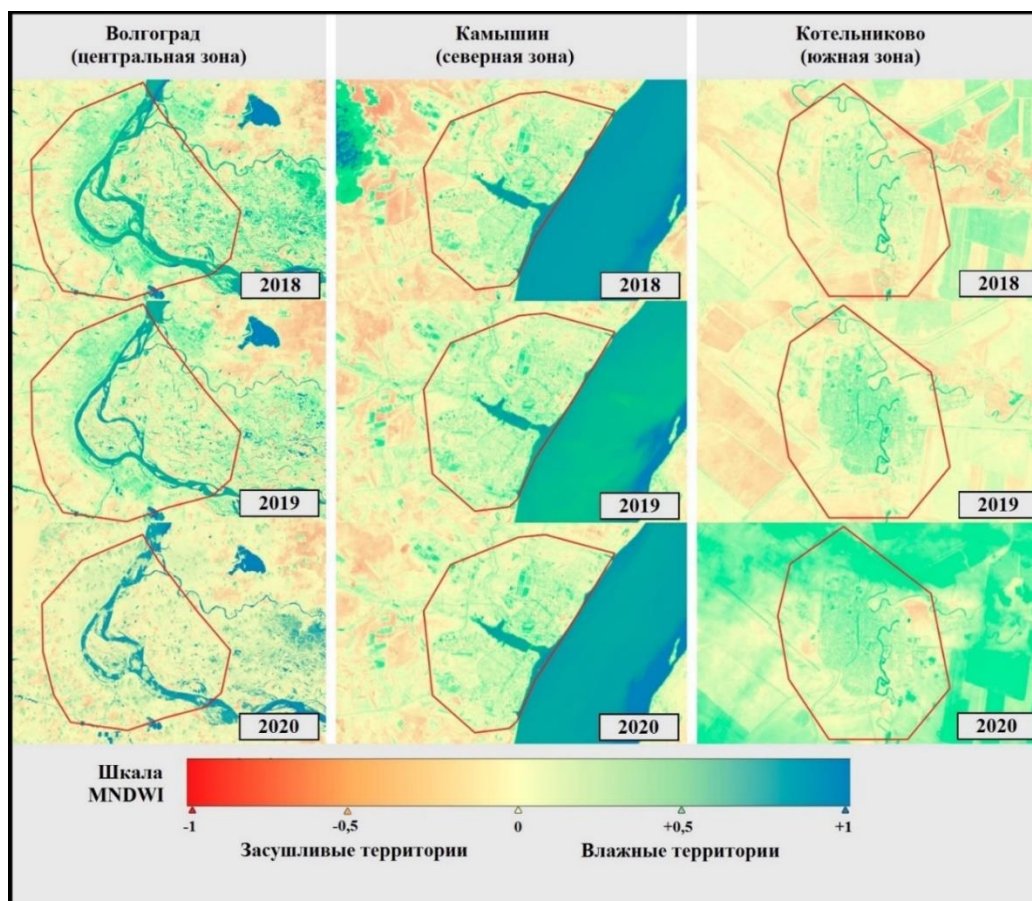


Рис. Растровые карты трех зон распространения комаров рода *Anopheles* с цветовой характеристикой индекса MNDWI

На территории Волгоградской области удельный вес общей инфекционной и паразитарной заболеваемости в исследуемом периоде времени ($/P_{100000}$) имеет следующие значения: в 2018 г. процентный вклад впервые зарегистрированных заболеваний составил 8%, в 2019 г. наблюдалось снижение на 4%, в 2020 г. этот показатель увеличился на 4% и вновь составил 8%. По данным надзорных органов, в регионе ежегодно регистрируется от 1 до 2 случаев малярии, что вызывает настороженность в отношении роста уровня спорадической заболеваемости по данной нозологии. За 3 сезона было отмечено 6 полных спорогонических циклов плазмодия в малярийных комарах [10].

Повышение среднегодовой температуры воздуха способствует увеличению количества теплых эвтрофицированных водоемов, благоприятных для завершения жизненного цикла комаров, потенциально способных переносить возбудителей малярии, а также повышению степени их синантропизации [14-16]. С использованием данных дистанционного зондирования, которые являются первичными источниками для анализа экологических процессов в локальном или глобальном масштабе, мы обнаружили изменения показателей водного индекса в период 2018-2020 гг. В таблице 2 представлены результаты интегральной оценки маляриогенных зон Волгоградской области. Приведены значения MNDWI, при которых пиксель с наибольшей вероятностью связан с водным объектом (*mean*), а также

показатели среднего/максимального количества личинок и имаго комаров рода *Anopheles* (табл. 2).

Таблица 2

Интегральная характеристика маляриогенных зон Волгоградской области

Годы	Маляриогенные зоны Волгоградской области								
	Камышин (северная зона)			Волгоград (центральная зона)			Котельниково (южная зона)		
	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)	Личинки/Имаго		MNDWI (<i>mean</i>)
	Сред.	Макс.		Сред.	Макс.		Сред.	Макс.	
2018	44/2	384/16	-0,176	1/8	32/36	-0,152	61/59	354/144	-0,215
2019	148/16	544/446	-0,166	30/9	224/448	-0,168	207/20	576/121	-0,197
2020	47/485	480/485	-0,171	52/22	301/728	-0,126	52/22	301/728	-0,158

Общая динамика *mean* для камышинского (северного) региона демонстрирует тенденцию к росту водного индекса с -0,176 до -0,171 в двухлетнем диапазоне. Аналогичные показатели MNDWI для волгоградского (центрального) и котельниковского (южного) очагов маляриогенности также имели положительную динамику в период с 2018 по 2020 годы. Модифицированный нормализованный водный индекс для них увеличился соответственно с -0,152 до -0,126 и с -0,215 до -0,158 соответственно за два года. Согласно данным, представленным в ежегодных отчетах Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области, усредненные и максимальные данные о количестве личинок и имаго комаров рода *Anopheles* имели неоднозначную динамику. Лишь в центральной маляриогенной зоне в период с 2018 по 2020 год наблюдался устойчивый рост как личиночных форм насекомых, так и имаго, тогда как максимальное количество имаго увеличивалось на всех трех территориях. В северной и южной зонах наибольшие значения отмечены для генераций 2019 года. Этот феномен может быть объяснен различиями в экологических условиях формирования трех различных популяций комаров [17].

Значительная часть территории центральной зоны расположена в Прикаспийской синеклизе и подвержена влиянию климатических процессов, способствующих общей многолетней аридизации региона. Северная и южная популяции развиваются в неоднородных абиотических условиях, характерных для Ергенинской (южной) и Приволжской (северной) антиклиз [18].

Для проверки наличия взаимосвязи между количеством поверхностных вод и численностью комаров-переносчиков малярии был произведен непараметрический анализ методом парной корреляции Пирсона. Статистическая обработка двух выборок выявила наличие прямой связи между изменением как среднего, так и максимального количества насекомых и динамикой значений индекса MNDWI в северной и центральной зонах (табл. 3).

Расчет коэффициента корреляции Пирсона для изучаемой территории обнаружил наличие высокой тесноты прямой связи между показателем индекса MNDWI и максимальным количеством личинок/имаго в камышинском регионе (0,994/0,833). Для Волгограда сила корреляционной связи находилась в области средних (заметных) величин, за исключением

среднего значения для имаго, где связь была сильной (0,904). В Котельниково зависимость между периодами засухи и числом личинок носила обратно пропорциональный характер, за исключением максимального количества имаго (0,943), что может быть объяснено малым значением выборки итогового вылета насекомых и погрешностью измерений, обусловленных логикой методики исследования количества личиночных форм в природных водоемах. Потенциальная достоверность результатов исследования могла быть повышена в случае предоставления надзорными органами данных о количественных характеристиках популяций комаров рода *Anopheles* в виде значений на уровне верхней границы 95% доверительного интервала (ДИ). Биологический смысл данного статистического метода позволяет уменьшить дисперсию при анализе малых выборок в непараметрическом анализе показателей, связанных с оценкой экологических параметров на неоднородной территории [19].

Таблица 3

**Коэффициенты корреляционной связи между количеством комаров
и значениями индекса MNDWI**

Маляриогенная зона	Личинки		Имаго	
	Среднее	Максимальное	Среднее	Максимальное
Камышин (северная зона)	0,872	0,994	0,038	0,833
Волгоград (центральная зона)	0,556	0,415	0,904	0,531
Котельниково (южная зона)	-0,266	-0,389	-0,706	0,943

Выводы: 1. Волгоградская область характеризуется благоприятными температурными условиями, способствующими завершению жизненного цикла малярийных комаров рода *Anopheles* и успешной спорогонии малярийного плазмодия. В период с 2018 по 2020 наблюдался рост максимального количества имаго насекомых-переносчиков возбудителя малярии в трех эндемических зонах: камышинской (северной), волгоградской (центральной) и котельниковской (южной). Аномально теплая осень 2020 г. продлила сезон активности имаго, обусловив резкий рост популяции в данном сезоне.

2. Оценка взаимосвязи между значениями индекса MNDWI и показателями количества комаров рода *Anopheles* выявила наличие прямой корреляционной связи явной и высокой степени тесноты для всех популяционных показателей в центральной и северной маляриогенной зоне. Для южной зоны наблюдаются наличие отрицательных корреляционных связей в виду ландшафтной неоднородности Ергенинской возвышенности и наличия высокого числа изолированных водоемов, вносящих погрешности в методику отбора проб на установление популяционного статуса комаров-переносчиков возбудителя малярии. Изменение статистических подходов (использование в качестве метода 95% ДИ вместо медианного значения выборки) в представлении информации о количестве личинок и имаго комаров потенциально способно решить проблему с неопределенностью данных о популяционном статусе исследуемой энтомофауны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малярийные комары и борьба с ними на территории Российской Федерации.: Метод. указания МУ 3.2.974-00 (утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 16.05.2000).

2. Доклад «О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2020 году» / Ред. колл: В.Е. Сазонов и др. Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области // Ижевск: Принт, 2020. 300 с.
3. Мелихов В.В., Зибаров А.А., Мелихова Н.П., Романова А.В. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №1 (53). С. 60-67.
4. Сопрунов Ф.Ф., Хромова А.С. Основы и практика борьбы с малярией. М. Центр международных проектов ГКНТ, 1988. 193 с.
5. Benali A., Nunes J.P., Freitas F.B., Sousa C.A., Novo M., Lourenço P.M., Almeida A.P.G. Satellite-derived estimation of environmental suitability for malaria vector development in Portugal // Remote Sensing of Environment. 2014. Vol. 145. P. 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.014>
6. Ежов М.Н., Сергиев В.П., Баранова А.М., Курдова-Минчева Р., Эмироглу Н., Гасимов Э. Малярия в Европейском регионе ВОЗ на пути к элиминации, 2000–2015 гг. Копенгаген, Европейское бюро ВОЗ. 2017. 154 с.
7. Новосельцев В.Н., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А. Учет старения переносчиков при моделировании эпидемий // Управление развитием крупномасштабных систем mlscd'2007: Труды первой международной конференции. М., 2007. С. 145-152
8. McCord G. C. Malaria ecology and climate change // The European Physical Journal Special Topics. 2016. Vol. 225. №3. P. 459-470. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50097-1>
9. Caminade C., Kovats S., Rocklöv J., Tompkins A.M., Morse A.P., Colón-González F.J., Lloyd S.J. Impact of climate change on global malaria distribution // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111. №9. P. 3286-3291. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302089111>
10. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2020 году». Волгоград, 2021.
11. Hayes M. J., Alvord C., Lowrey J. Drought indices. National drought mitigation center, University of Nebraska, 2002.
12. Hayes M., Svoboda M., Wall N., Widhalm M. The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended // Bulletin of the American Meteorological Society. 2011. Vol. 92. №4. P. 485-488.
13. Wu H., Hayes M.J., Wilhite D. A., Svoboda M. D. The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. 2005. Vol. 25. №4. P. 505-520. <https://doi.org/10.1002/joc.1142>
14. Artemov G.N., Gordeev M.I., Kokhanenko A.A., Moskaev A.V., Velichevskaya A.I., Stegnyy V.N., Sharakhova M.V. A standard photomap of ovarian nurse cell chromosomes and inversion polymorphism in *Anopheles beklemishevi* // Parasites & vectors. 2018. Vol. 11. №1. P. 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2657-3>
15. Баранова А.М., Курдова Р., Гасимов Э.И. Мониторинг маляриологической ситуации и оценка эффективности профилактических мероприятий в системе эпидемиологического надзора за малярией // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. №2. С. 3-7.
16. Панюкова Е.В., Целищева Л.Г., Пестов С.В., Колесникова А.А., Бакка С.В., Шарахова М.В. Фауна и экология кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) государственного природного заповедника «Нургуш» Кировской области // Паразитология. 2020. Т. 54. №4. С. 322-340. <https://doi.org/10.31857/S1234567806040057>
17. Монастырский М.В., Шестопалов Н.В., Акимкин В.Г., Демина Ю.В. Актуальные вопросы эпидемиологического надзора за лихорадкой Западного Нила на современном этапе на примере Волгоградской области // Здоровье населения и среда обитания. 2014. №10 (259). С. 43-47.
18. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Восточно-Европейская. Л. М38. Волгоград: Волгагеология; СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
19. Ярмamedов Д.М., Липатов В.А. Метод доверительных интервалов в биологических и медицинских исследованиях // Innova. 2016. №3 (4). С. 13-15.

REFERENCES

1. Malyariinye komary i bor'ba s nimi na territorii Rossiiskoi Federatsii.: Metod. ukazaniya MU 3.2.974–00 (utv. Gl. gos. sanitar. vrachom RF 16.05.2000). (In Russ.).

2. Doklad “O sostoyanii okruzhayushchei sredy v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu” (2020). V.E. Sazonov. Komitet prirodnikh resursov, lesnogo khozyaistva i ekologii Volgogradskoi oblasti. Izhevsk. (In Russ.).
3. Melikhov, V.V., Zibarov, A.A., Melikhova, N.P., & Romanova, A.V. (2019). Kharakter i napravlennost' izmenenii klimaticheskikh parametrov Volgogradskoi oblasti. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, (1 (53)), 60-67. (In Russ.).
4. Soprunov, F.F., & Khromova, A.S. (1988). Osnovy i praktika bor'by s malyariie. Moscow. (In Russ.).
5. Benali, A., Nunes, J. P., Freitas, F. B., Sousa, C. A., Novo, M. Lourenço, P. M., & Almeida, A. P. G. (2014). Satellite derived estimation of environmental suitability for malaria vector development in Portugal. *Remote Sensing of Environment*, 145, 116–130. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.014>
6. Ezhov, M.N., Sergiev, V.P., Baranova, A.M., Kurdova-Mincheva, R., Emiroglu, N., & Gasimov, E. (2017). Malyariya v Evropeiskom regione VOZ na puti k eliminatsii, 2000–2015 gg. Kopengagen. (In Russ.).
7. Novosel'tsev, V.N., Mikhail'skii, A.I., & Novosel'tseva, Zh.A. (2007). Uchet stareniya perenoschikov pri modelirovanii epidemii. In *Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem mlsd'2007 Trudy pervoi mezhdunarodnoi konferentsii*, Moscow. 145-152. (In Russ.).
8. McCord, G. C. (2016). Malaria ecology and climate change. *The European Physical Journal Special Topics*, 225(3), 459-470. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-50097-1>
9. Caminade, C., Kovats, S., Rocklov, J., Tompkins, A. M., Morse, A. P., Colón-González, F. J., ... & Lloyd, S. J. (2014). Impact of climate change on global malaria distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3286-3291. <https://doi.org/10.1073/pnas.1302089111>
10. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka (2021). Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu”, Volgograd. (In Russ.).
11. Hayes, M. J., Alvord, C., & Lowrey, J. (2002). *Drought indices*. National drought mitigation center, University of Nebraska.
12. Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M. (2011). The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), 485-488.
13. Wu, H., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., & Svoboda, M. D. (2005). The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(4), 505-520. <https://doi.org/10.1002/joc.1142>
14. Artemov, G. N., Gordeev, M. I., Kokhanenko, A. A., Moskaev, A. V., Velichevskaya, A. I., Stegnyi, V. N., ... & Sharakhova, M. V. (2018). A standard photomap of ovarian nurse cell chromosomes and inversion polymorphism in *Anopheles beklemishevi*. *Parasites & vectors*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2657-3>
15. Baranova, A.M., Kurdova, R., Gasimov, E.I. (2020). Monitoring of the malariological situation and evaluation of the effectiveness of preventive measures in the system of epidemiological surveillance of malaria. *Meditinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*, 2, 3-7. (In Russ.).
16. Panyukova, E. V., Tselishcheva, L. G., Pestov, S. V., Kolesnikova, A. A., Bakka, S. V., & Sharakhova, M. V. (2020). Fauna i ekologiya krovososushchikh komarov (Diptera: Culicidae) gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika “Nurgush” Kirovskoi oblasti. *Parazitologiya*, 54(4), 322-340. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S1234567806040057>
17. Monastyrsky, M., V., Shestopalov, N.V., Akimkin, V.G., Demina, Y.V. (2014). Topical issues of epidemiological surveillance of West Nile fever at the present stage on the example of the Volgograd region. *ZNiSO*, 10 (259), 43-47. (In Russ.).
18. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie) (2009). Seriya Vostochno-Evropeiskaya. L. M38. Volgograd, St. Petersburg. (In Russ.).
19. Yarmamedov, D. M., & Lipatov, V. A. (2016). Metod doveritel'nykh interavalov v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh. *Innova*, (3 (4)), 13-15. (In Russ.).

Дата поступления: 24.04.2022

Дата принятия: 10.07.2022

© Новиков Д.С., Коломыцев В.В., Лебедева В.В., Чмұлёв И.С., 2022