https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-1-47-55

Разработка подхода к комплексному эпидемиологическому районированию эндемичной по лихорадке Западного Нила территории (на примере Волгоградской области)

Д. Н. Никитин*, С. К. Удовиченко, К. В. Жуков, Е. В. Путинцева, Д. В. Викторов, А. В. Топорков

ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Волгоград

Резюме

Актуальность. *Широкое распространение лихорадки Западного Нила (ЛЗН) в Российской Федерации и различная интенсивность проявлений эпидемического процесса определяют актуальность разработки методологии эпидемиологического районирования и дифференциации территории страны по уровню потенциальной эпидемической опасности, что позволит оптимизировать мониторинг за возбудителем ЛЗН и комплекс профилактических мероприятий.* ***Цель.*** *Разработать методику дифференциации территории по степени потенциальной эпидемической опасности заражения вирусом Западного Нила (ВЗН) и апробировать ее на примере Волгоградской области.* ***Материалы и методы.*** *На основе разработанной нами методики с использованием пространственного кластерного анализа и метода балльной оценки показателей выполнено эпидемиологическое районирование Волгоградской области по риску инфицирования вирусом Западного Нила. В работе использованы: информация о выявлении случаев заболевания ЛЗН в Волгоградской области в 1999–2019 гг., результаты серологического и зооэнтомологического мониторинга за 1999–2020 гг., метеорологические данные (температуры воздуха в апреле–октябре 1999–2020 гг.), векторные карты гидрографии и землепользования.* ***Результаты и обсуждение.*** *В качестве критериев оценки потенциальной эпидемической опасности территории определены: число больных, количество лет регистрации случаев заболевания, средняя температура воздуха в сезон передачи ВЗН, выявление маркеров (антигены/РНК) возбудителя в объектах внешней среды (носители, переносчики, маркерные виды животных), численность основных переносчиков возбудителя, положительные результаты серологического обследования населения, а также уровень организации системы эпидемиологического надзора и готовность органов и организаций здравоохранения к выявлению, диагностике и лечению больных ЛЗН.. Продемонстрирована принадлежность более 50% территории к зонам повышенного риска, обусловленного сочетанным действием биотических, абиотических и социальных факторов.* ***Выводы.*** *Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения целенаправленного мониторинга за возбудителем ЛЗН на территориях Волгоградской области с неподтвержденной циркуляцией ВЗН (северо-восточные и северо-западные районы). В перспективе предполагается практическое применение разработанной методики при проведении районирования эндемичных по ЛЗН территорий Российской Федерации, прежде всего субъектов Южного федерального округа, характеризующихся наиболее интенсивным течением эпидемического процесса.*

Ключевые слова: *лихорадка Западного Нила, потенциальная эпидемическая опасность, эпидемиологическое районирование, пространственный кластерный анализ, мониторинг за возбудителем ЛЗН, Волгоградская область*

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: *Никитин Д. Н., Удовиченко С. К., Жуков К. В. и др. Разработка подхода к комплексному эпидемиологическому районированию эндемичной по лихорадке Западного Нила территории (на примере Волгоградской области). Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2022;21(1): 47–55. https://doi:10.31631/2073-3046-2022-21-1-47-55.*

Благодарность

Коллектив авторов благодарит Управление Роспотребнадзора по Волгоградской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области» за предоставленные для исследования материалы.

* *Для переписки: Никитин Дмитрий Николаевич, научный сотрудник, ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, д. 7. +7 (8442) 37-37-74, факс: +7 (8442) 39-33-36, vari2@sprint-v.com.ru. ©Никитин Д. Н. и др.*

** *For correspondence: Dmitry N. Nikitin, researcher, FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7, Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, fax: +7 (8442) 39-33-36, vari2@sprint-v.com.ru. ©Nikitin DN, et al.*

Development of an Approach to Integrated Epidemiological Zoning of West Nile Fever Endemic Territory (by the Example of the Volgograd Region)

*DN Nikitin**, SK Udovichenko, KV Zhukov, EV Putintseva, DV Viktorov, AV Toporkov*

FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, Volgograd, Russia

Abstract

Relevance. *The widespread occurrence of West Nile fever (WNF) in the Russian Federation and the various intensity of epidemic process manifestations determine the relevance of developing a methodology for epidemiological zoning and differentiation of the country's territory by the level of potential epidemic hazard, which will optimize WNF pathogen monitoring and a set of preventive measures.* ***Aims.*** *To develop a methodology for differentiating the territory according to the degree of potential epidemic hazard of West Nile virus (WNV) infection and to test it by the example of the Volgograd region.* ***Materials & Methods.*** *The work used: information on the detection of WNF cases in the Volgograd region in 1999–2019, the results of serological and entomological monitoring for the 1999–2020 period, meteorological data (air temperatures in June-August, 1999–2020), vector maps of hydrography and land use.* ***Results and discussion.*** *As criteria for assessing the potential epidemic hazard of the territory, the following have determined: the number of patients, the number of years of case registration, the average air temperature during WNV transmission season, the identification of markers (antigens/RNA) of the pathogen in environmental objects (carriers, vectors, marker species of animals), the number of the main pathogen's vectors, positive results of serological screening of the population, as well as the level of organization of the epidemiological surveillance system and the level of preparedness of health authorities and institutions for the identification, diagnosis and treatment of patients with WNF. On the basis of the methodology developed by us using the spatial cluster analysis and the method of scoring indicators, an epidemiological zoning of the Volgograd region has carried out in terms of the WNV infection risk. As a result, more than 50% of the territory belongs to the zones of increased risk due to the combined action of biotic, abiotic and social factors.* ***Conclusions.*** *The results obtained indicate the need for targeted monitoring of the pathogen in the territories of the Volgograd region with unconfirmed WNV circulation (northeastern and northwestern regions). In the future, application the developed methodology in practice when carrying out zoning of WNV-endemic territories of the Russian Federation is planned, primarily the subjects of the Southern Federal District, which are characterized by the most intense course of the epidemic process.*

Keywords: *West Nile fever, potential epidemic hazard, epidemiological zoning, spatial cluster analysis, WNF pathogen monitoring, Volgograd Region*

No conflict of interest to declare.

For citation: *Nikitin DN, Udovichenko SK, Zhukov KV et al. Development of an Approach to Integrated Epidemiological Zoning of West Nile Fever Endemic Territory (by the Example of the Volgograd Region). Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2022;21(1):47–55 (In Russ.). https://doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-47-55.*

Acknowledgement

The team of authors would like to thank the Department of Rospotrebnadzor for the Volgograd Region and Center for Hygiene and Epidemiology in the Volgograd Region for the materials provided for the study.

Введение

Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) описана как самостоятельная нозологическая форма в середине XX века, однако пристальное внимание исследователей инфекционная болезнь привлекла в последние два десятилетия в связи с расширением ее ареала, возникновением крупных эпидемических вспышек и ростом числа случаев наиболее опасной нейроинвазивной формы [1].

В Российской Федерации первые случаи заболевания ЛЗН лабораторно подтверждены в 1967 г., а с 1997 г. выявляются ежегодно [2]. К настоящему времени зарегистрировано более 2,9 тыс. случаев ЛЗН в 35 субъектах, из которых в 21 субъекте случаи возникли в результате местной передачи возбудителя. Заболеваемость ЛЗН по территории России распределена крайне неравномерно – около 84% приходится на Южный федеральный округ. Результаты многолетних мониторинговых исследований свидетельствуют о циркуляции вируса Западного Нила (ВЗН), по крайней мере, еще в 42 субъектах, а для 22 субъектов передача возбудителя не подтверждена. Учитывая различный характер проявлений эпидемического процесса ЛЗН, отчетливо вырисовывается необходимость дифференциации территории Российской Федерации по уровню потенциальной эпидемической опасности для оптимизации мониторинга возбудителя ЛЗН и профилактических мероприятий.

Вместе с тем на сегодняшний день остается не разработанной методика эпидемиологического районирования эндемичной по ЛЗН территории, учитывающая сочетанное влияние природно-географических, биологических и социальных факторов на эпидемический процесс ЛЗН. Следует отметить, что исследования, посвященные вопросам районирования административных территорий по риску заражения ВЗН и другими арбовирусами, проводились на моделях отдельных субъектов Российской Федерации [3–5]. Принципиальные различия в используемых при этом методиках и комплексе показателей служат дополнительным аргументом

в пользу необходимости разработки единой методологии эпидемиологического районирования.

Вышеуказанная задача может быть выполнена, в первую очередь, на модели Волгоградской области, выбор которой обоснован наиболее интенсивным проявлением ЛЗН (44% от всех зарегистрированных случаев в России) [6], а также наличием достаточного объема фактических данных, необходимых для исследования.

Цель работы – разработать методику дифференциации территории по степени потенциальной эпидемической опасности заражения вирусом Западного Нила и апробировать ее на примере Волгоградской области.

Материалы и методы

В работе использованы: информация Управления Роспотребнадзора по Волгоградской области за 1999–2019 гг. о заболеваемости ЛЗН; данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области» о результатах серологического и зооэнтомологического мониторинга на территории Волгоградской области в 1999–2020 гг.; данные Референс-центра о выявлении маркеров возбудителя ЛЗН в объектах внешней среды; материалы, опубликованные в периодических научных изданиях [7,8], метеорологические данные – температуры воздуха в апреле-октябре 1999–2020 гг. [9], а также векторные карты гидрографии и землепользования, полученные из открытого картографического сервиса OpenStreetMap (лицензия Open Database License) [10].

Оценку степени эпидемиологического риска заражения ВЗН проводили по разработанной при участии авторов оригинальной методике. Пространственный анализ данных с последующей визуализацией полученных результатов эпидемиологического районирования территории осуществляли с применением программного комплекса с открытым исходным кодом QGIS Desktop 3.14 (Open Source Geospatial Foundation, США)* и открытого сервиса геокодирования Nominatim (OpenStreetMap Foundation, Великобритания)**. Градации критериев определялись математическими методами (метод равных интервалов, метод естественных границ Дженкса).

Результаты и обсуждение

В настоящее время эпидемиологическое районирование территории должно строиться на комплексной методической основе, являющейся интегральной оценкой действия трех групп факторов (природно-географических, биологических и социальных) на эпидемический процесс [11,12], дополненное применением комплекса методических приемов и современных информационных технологий, направленных на инвентаризацию, объективную оценку и мониторинг рисков осложнения эпидемиологической обстановки на эндемичных (энзоотичных) территориях.

Принимая вышеизложенное во внимание, нами разработана методика эпидемиологического районирования эндемичной по ЛЗН территории, основанная на пространственном кластерном анализе данных и широко используемом в эпидемиологии методе экспертных (балльных) оценок [3,13]. Такой подход позволяет обеспечить объективность эпидемиологического районирования, учесть влияние всей совокупности факторов на риск возникновения заболевания и визуализировать результаты исследования с высокой разрешающей способностью.

В качестве показателей, наиболее полно отражающих особенности и принципиальную структуру эпизоотического и эпидемического процессов при ЛЗН и, соответственно, значимых при районировании эндемичных территорий, нами определены: количество больных и лет регистрации случаев заболевания в данном районе или на данном участке территории; природно-климатические условия (средняя температура воздуха в сезон передачи ВЗН); выявление маркеров (антигены/РНК) возбудителя в объектах внешней среды (носители, переносчики, маркерные виды животных); численность основных переносчиков возбудителя; результаты серологического обследования населения; уровень организации системы эпидемиологического надзора и готовности органов и учреждений здравоохранения к выявлению, диагностике и лечению больных ЛЗН. Учитывая необходимость разработки единого алгоритма эпидемиологического районирования эндемичных по ЛЗН территорий Российской Федерации, при выборе показателей мы также руководствовались возможностью получения указанных данных из субъектов страны.

Применение только пространственного кластерного анализа ограничивалось отсутствием в большинстве субъектов РФ данных о точном географическом местоположении точек обнаружения маркеров возбудителя ЛЗН в полевом материале и положительных находок при изучении иммунной прослойки выборочных групп здорового населения (информация представлена с детализацией до района области). Адекватный выбор контрольных точек проведения мониторинговых исследований позволяет экстраполировать полученные результаты на всю территорию, где имеет место общность структурной и пространственной организации паразитарной системы очагов ЛЗН.

В основу районирования заложено дробление территории субъекта Российской Федерации на равные по площади участки шестиугольной формы, имеющие размеры, сопоставимые со средним населенным пунктом. В дальнейшем на карту наносились слои, содержащие исследуемые данные. Экспертным путем для каждого показателя определены критерии, наделенные различными баллами

* https://www.qgis.org/ru/site/index.html

** https://nominatim.org/

с точки зрения их значимости в формировании совокупного эпидемиологического риска. Значения показателей присвоены каждой ячейке при помощи встроенного в QGIS редактора атрибутов. При этом значения показателя, имеющего точную пространственную привязку (случаи заболевания населения), присваивались конкретным стандартным участкам, а значения остальных показателей – всем ячейкам, расположенным в пределах района. На заключительном этапе для каждого участка рассчитана совокупная величина риска по сумме всех показателей с последующим ранжированием участков.

Разработанная методика эпидемиологического районирования была апробирована на модели Волгоградской области. На первом этапе нами была проведена кластеризация Волгоградской области на 14452 стандартных участка шестиугольной формы, площадь каждого из которых составляла 7,88 км^2, что соответствовало средним размерам населенных пунктов области с численностью населения более 1000 человек.

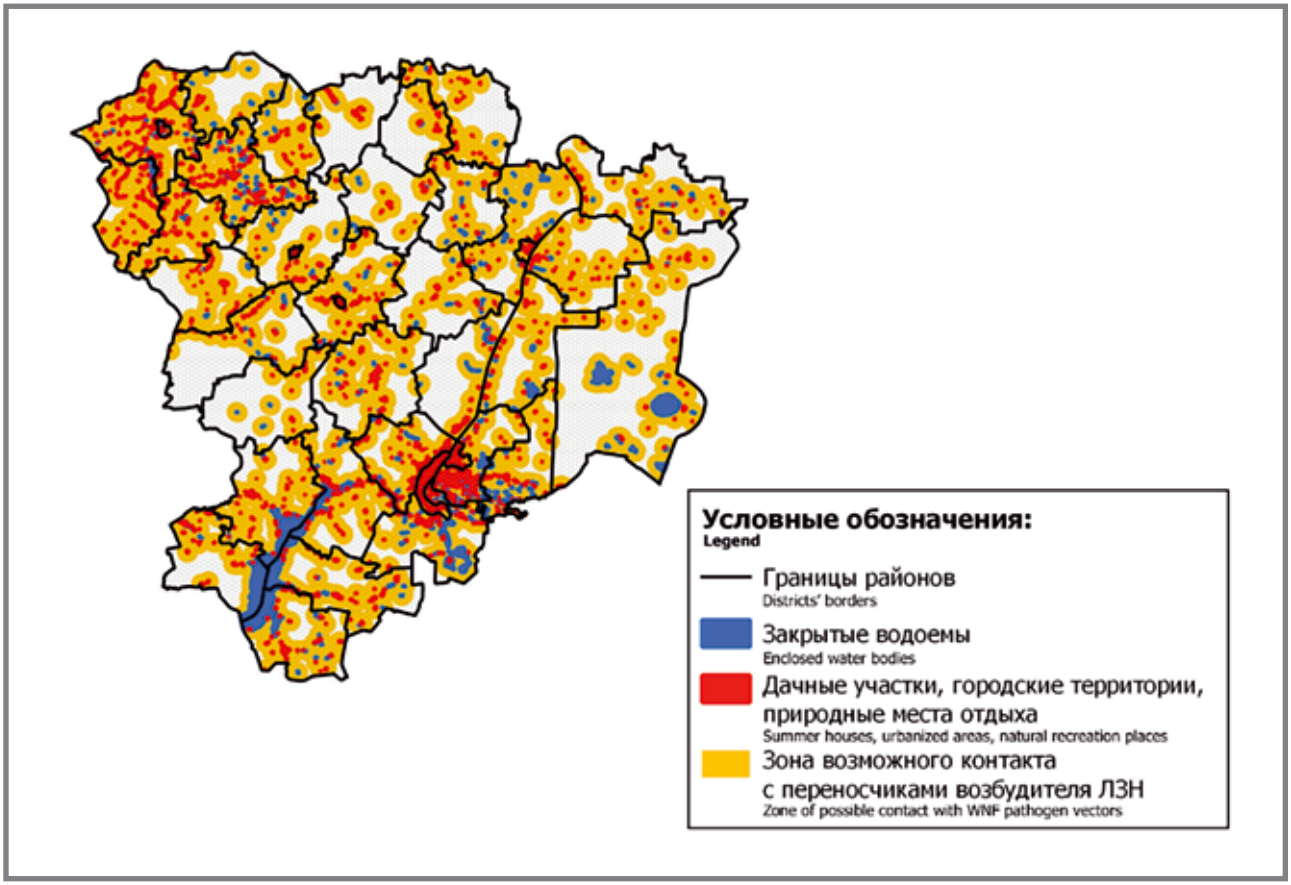
С целью анализа пространственной категории эпидемиологического риска в Референс-центре по мониторингу за возбудителем ЛЗН (ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора) обработана информация о 1311 случаях ЛЗН в Волгоградской области. Информация о 272 случаях была исключена из дальнейшего анализа в связи с отсутствием указаний о предполагаемом месте заражения и/или адресе проживания больного. Оставшиеся 1039 случаев были разнесены по точкам, соответствующим предполагаемым местам заражения больного (для получения географических координат использовался Nominatim) и сгруппированным при помощи алгоритма Moran's I [14]. Распределение случаев ЛЗН по территории Волгоградской области выявило резкую неоднородность проявлений эпидемического процесса. Из общего числа случаев на г. Волгоград пришлось 72%. На втором месте по частоте заражения – г. Волжский (13,7 %). На остальной территории области заболеваемость распределилась по городам Михайловка и Фролово, а также по районам: Городищенскому, Среднеахтубинскому и Светлоярскому. Единичные случаи ЛЗН отмечены на территории г. Камышин, Калачевского, Ольховского, Палласовского и Урюпинского районов. В целом заболеваемость в течение анализируемого периода зарегистрирована в 28 административно-территориальных образованиях, а из 6 районов области официальные сообщения о случаях заболевания не поступали.

Другим показателем, отражающим устойчивый характер проявлений эпидемического процесса, а, следовательно, и повышенный риск инфицирования, является количество лет регистрации случаев заболевания в определенном участке/районе. Данный показатель рассчитывается как сумма лет, в течение которых был зарегистрирован, по крайней мере, один больной. Анализ эпидемических проявлений ЛЗН показал достаточную точность такого способа дифференцировки территории, поскольку за 21-летний период регистрации заболеваемости в Волгоградской области имеется множество участков с различной выраженностью этого показателя. На значительной части территории области (46%) заболеваемость отмечена в течение как минимум двух лет. В г. Волгограде и г. Волжском, Среднеахтубинском, Светлоярском и Городищенском районах ЛЗН диагностировалась на протяжении 6 лет и более. Это может быть обусловлено как наиболее благоприятными условиями для циркуляции возбудителя, так и лучшей выявляемостью больных ЛЗН в связи с высоким уровнем противоэпидемической готовности медицинских организаций.

Одним из ключевых параметров для районирования определен уровень иммунной прослойки населения, позволяющий оценить интенсивность циркуляции возбудителя на территориях с установленной местной передачей возбудителя, а также подтвердить скрыто протекающий эпидемический процесс. Серологические обследования, выполненные в 1999–2020 гг., продемонстрировали наличие антител к ВЗН в различных группах населения во всех районах области. Данный факт свидетельствует об активном контакте населения с возбудителем ЛЗН на территориях, где заболеваемость официально не регистрировалась. В целом серопревалентность населения варьирует от 1,5% (Ольховский район) до 15% и более (г. Волгоград, г. Волжский и Светлоярский, Среднеахтубинский районы). Данные значения являются усредненными за многолетний период наблюдения и сопоставимы с уровнем заболеваемости ЛЗН. Однако в ряде северных районов области (Новониколаевский, Еланский, Киквидзенский) при наличии высокой иммунной прослойки регистрируется спорадическая заболеваемость, что обосновывает необходимость увеличить на этих территориях объем лабораторного обследования лихорадящих больных в эпидемический сезон.

Не менее важным фактором, влияющим на эпидемиологический риск, является интенсивность циркуляции возбудителя ЛЗН в эпизоотическом цикле, о чем может косвенно свидетельствовать уровень инфицированности носителей и переносчиков ВЗН. Учитывая, что в большинстве районов области на постоянной основе эпизоотологический и энтомологический мониторинг не проводится, при градации критериев «инфицированность популяций носителей», основных (комары) и неосновных (клещи) переносчиков использован качественный признак – наличие или отсутствие маркеров ВЗН. Положительные находки при исследовании полевого материала получены в большинстве районов области. Однако в 9 районах, где установлена серопревалентность населения, маркеры возбудителя ЛЗН в объектах внешней среды

Рисунок 1. Места повышенной вероятности контакта с переносчиками возбудителя ЛЗН
Figure 1. Places of the increased probability of contact with WNF pathogen vectors



не выявлялись, что определяет необходимость проведения прицельного эпизоотологического мониторинга данных территорий.

Результаты серологического мониторинга, а также данные о выявлении маркеров возбудителя в полевом материале были визуализированы путем присоединения таблиц, содержащих исходные данные, к карте административно-территориального деления Волгоградской области и последующего ранжирования по среднему уровню серопревалентности населения (использован метод равных интервалов) и структуре положительных находок.

На следующем этапе нами были проанализированы сведения о средней температуре воздуха в сезон передачи ВЗН на территории области. Выбор этого показателя обусловлен влиянием температуры воздуха на комплекс факторов (численность переносчиков, скорость репликации вируса и т.д.), определяющих интенсивность циркуляции и передачи возбудителя. Данный показатель рассчитан на основе данных метеорологических станций с апреля по октябрь 1999–2020 гг. Его значения, соответствующие районам области, были присвоены стандартным участкам. Далее мы сопоставили распределение больных ЛЗН в районах области с температурными полями, образованными изотермами средней температуры воздуха в сезон передачи ВЗН. Наибольшая заболеваемость ЛЗН населения выявлена в тех полях, где данный показатель превышает 17 °С. Детальный анализ случаев заболевания показал, что преобладающее число больных ЛЗН проживало в районах, где средняя температура воздуха с апреля по октябрь составляет более 17,5 °С.

Пребывание на местности, где имеется повышенная вероятность контакта с переносчиками возбудителя ЛЗН, рассматривалось нами как фактор, увеличивающий потенциальную эпидемическую опасность территории. Известно, что основные переносчики ВЗН – комары рода *Culex*, наиболее часто обнаруживаются в естественных и искусственных замкнутых водоемах, расположенных в пределах урбанизированных биотопов, природных мест отдыха и на территории приусадебных и дачных участков [15,16]. В связи с этим из имеющихся данных о географической локализации мест потенциального выплода переносчиков был создан единый картографический слой, который дополнен окружающей зоной с заданным радиусом 10 км (обусловлен максимальным расстоянием разлета переносчиков) (рис. 1). Нами также рассчитаны среднемноголетние среднесезонные (апрель–октябрь) показатели численности комаров рода *Culex* для различных административных территорий. Их ранжирование для представления на карте производилось при помощи метода естественных границ Дженкса.

Таблица 1. Критерии эпидемиологического районирования эндемичной по ЛЗН территории
Table 1. Criteria for WNF endemic territory epidemiological zoning

Наименование критерия **Name of the criterion**	***Градация критерия*** **Gradation of the criterion**	***Балльная оценка*** **Scoring**
Регистрация случаев заболевания ЛЗН WNF cases registration	Нет None	0
	Единичные Sporadic	3
	Множественные Numerous	6
Количество лет регистрации случаев заболевания ЛЗН Years of WNF case registration	0	0
	1	2
	2–5	4
	6 и более 6 and more	6
Серопораженность населения, % (выявление специфических IgG к ВЗН среди выборочных групп здорового населения) Seroprevalence, % (identification of specific IgG to WNV among selected groups of the healthy population)	Отсутствует Not available	0
	До 11,3% Less than 11.3%	2
	11,3–16%	4
	Более 16% Over 16%	6
Инфицированность популяций носителей (птицы) Infection rate of carrier populations (birds)	Маркеры не выявлены No markers detected	0
	Маркеры обнаружены Markers detected	2
	Исследования не проводились No studies performed	1
Инфицированность популяций основных переносчиков (комары) Infection rate of major vector populations (mosquitoes)	Маркеры не выявлены No markers detected	0
	Маркеры обнаружены Markers detected	4
	Исследования не проводились No studies performed	2
Обнаружение маркеров ВЗН в других объектах внешней среды (клещи, мелкие млекопитающие, сельскохозяйственные животные) Detection of WNV markers in other environmental objects (ticks, small mammals, farm animals)	Маркеры не выявлены No markers detected	0
	Маркеры обнаружены Markers detected	2
	Исследования не проводились No studies performed	1
Средняя температура воздуха в сезон передачи ВЗН, °С Mean air temperature during WNV transmission season, °C	Ниже или равно 15,9 Less than 15.9 or equal	0
	16–17,2	1
	Выше или равно 17,3 Over 17.3 or equal	2
Наличие закрытых водоемов, дачных участков, урбанизированных территорий и природных мест отдыха Presence of enclosed water bodies, summer houses, urbanized areas and natural recreation places	Нет No	0
	Да (в пределах 10 км) Yes (within 10 km)	2

Наименование критерия **Name of the criterion**	***Градация критерия*** **Gradation of the criterion**	***Балльная оценка*** **Scoring**
Численность основных переносчиков ВЗН (среднее количество особей в сезон передачи ВЗН, отловленных в контрольных точках за 15 мин) Number of major WNF vectors (average number of specimens during WNV transmission season captured at control sites in 15 min)	Данные отсутствуют Data not available	0
	До 12,5 Less than 12.5	1
	12,5 – 32,3	2
	Более 32,3 Over 32.3	3
Уровень организации системы эпидемиологического надзора The organization level of the epidemiological surveillance system	Высокий High	1
	Средний Medium	2
	Низкий Low	4
Уровень готовности органов и учреждений здравоохранения к выявлению, диагностике и лечению больных ЛЗН Level of health care authorities and institutions preparedness to identify, diagnose and treat WNF patients	Высокий High	1
	Удовлетворительный Satisfactory	2
	Неудовлетворительный Unsatisfactory	4

В качестве социального фактора при проведении эпидемиологического районирования нами определена степень готовности (организационная, ресурсная, кадровая, технологическая) органов и учреждений здравоохранения к выявлению, диагностике и лечению больных ЛЗН. Так, высокий уровень готовности определяли наличие специализированного инфекционного стационара или инфекционного отделения в многопрофильной больнице, укомплектованность квалифицированными кадрами, диагностическими средствами, лабораторным оборудованием, а также фактическим проведением лабораторного обследования лиц, обратившихся за медицинской помощью с симптоматикой, не исключающей ЛЗН в эпидемический сезон. Удовлетворительный уровень готовности медицинской организации включал наличие возможностей для проведения клинической и лабораторной диагностики случаев заболевания ЛЗН при минимальных показателях обследования лихорадящих больных. На неудовлетворительную готовность указывало отсутствие возможности (кадровых, ресурсных и т.д.) в медицинском учреждении диагностировать (заподозрить) больного ЛЗН. Результаты оценки свидетельствуют об удовлетворительной готовности к выявлению больных ЛЗН общемедицинской сети большинства районов области, а медицинских организаций г. Волгограда и г. Волжского – высокой.

Другим социальным фактором, использованным нами для комплексного районирования, является уровень организации эпидемиологического надзора за ЛЗН. При оценке данного параметра мы учитывали системность и эффективность мониторинга заболеваемости ЛЗН, зооэнтомологического мониторинга и серологического обследования выборочных групп здорового населения на различных административных территориях Волгоградской области. Установлено, что высокий уровень организации мониторинга возбудителя ЛЗН присутствует в городах Волгограде и Волжском, Михайловском районе, низкий – в Алексеевском, Нехаевском, Кумылженском, Новониколаевском, Фроловском районах, средний – в остальных районах.

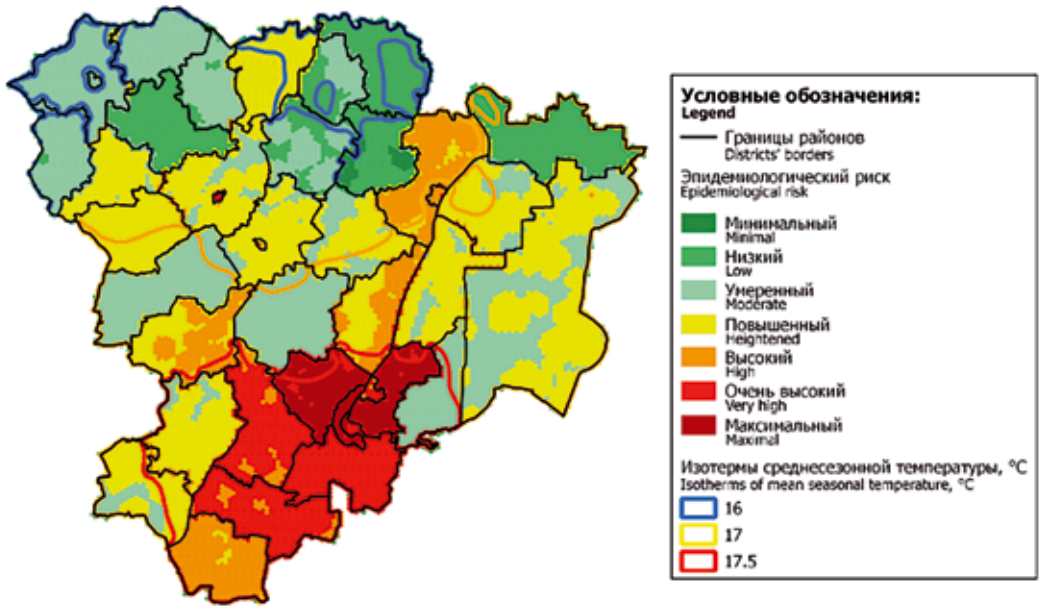
Районирование территории Волгоградской области по степени потенциальной эпидемической опасности было проведено путем определения совокупного эпидемиологического риска (сумма показателей) для каждого стандартного участка (табл. 1).

После сопоставления всех данных была сформирована картограмма эпидемиологического риска (рис. 2). Исходя из нее следует, что более 50% территории области находится в зоне повышенного риска заболевания ЛЗН.

Наивысший эпидемиологический риск наблюдается в г. Волгограде, г. Волжском, г. Михайловке, Городищенском, Калачевском, Светлоярском и Среднеахтубинском районах – на значительной части их территории установлено наличие большинства учтенных факторов. Также отдельные кластеры наивысшего риска присутствуют в г. Камышине, г. Фролово, Суровикинском, Октябрьском, Чернышковском и Ленинском районах. Высокий риск отмечен в преобладающей части Камышинского, Дубовского, Клетского, Октябрьского и Котельниковского районов, а его единичные кластеры имеются в Еланском, Быковском, Палласовском, Михайловском, Кумылженском, Алексеевском и Киквидзенском районах.

Следует отметить, что наибольший риск наблюдается преимущественно в пределах климатической

Рисунок 2. Дифференциация территории Волгоградской области по риску заражения ВЗН
Figure 2. Differentiation of the Volgograd region territory by the risk of WNV infection



Итоговая сумма Total sum	Степень эпидемиологического риска Degree of epidemiological risk	Количество участков Amount of clusters	Доля участков, % Share of clusters, %
0 – 12	Минимальный Minimal	56	0,39
13 – 16	Низкий Low	1885	13,04
17 – 19	Умеренный Moderate	4166	28,83
20 – 22	Повышенный Heightened	4864	33,65
23 – 24	Высокий High	1500	10,37
25 – 30	Очень высокий Very high	1450	10,05
31 – 37	Максимальный Maximal	531	3,67

зоны, где средняя температуры воздуха в сезон передачи ВЗН превышает 17 °С, что указывает на значительный вклад температурного фактора в осложнение эпидемиологической обстановки по ЛЗН.

Территориями умеренного и повышенного риска являются большинство остальных районов области, в подавляющей части которых средняя температура воздуха с апреля по октябрь составляет 16–17 °С. Низкий риск отмечен в пределах Новоаннинского, Жирновского, Руднянского, Даниловского, Старополтавского и Котовского районов, где средняя температура воздуха в сезон передачи ВЗН практически не превышает 16 °С.

Ограничения исследования

Основным ограничением настоящего исследования стоит считать недостаточную полноту доступных данных, что затрудняет проведение развернутого статистического анализа. Так, в отдельных районах области в силу различных факторов (недостаточные кадровые, технологические и ресурсные возможности) мониторинг за объектами внешней среды не осуществлялся или не проводился на постоянной основе, что осложняло получение объективных данных об интенсивности циркуляции возбудителя. Следует также отметить неоднородность рассмотренных показателей (количественные, качественные, с наличием или отсутствием привязки ко времени, либо точным географическим координатам).

Заключение

Разработанный нами комплексный подход к эпидемиологическому районированию эндемичной по ЛЗН территории характеризуется достаточно высокой точностью определения характера эпидемиологической опасности на конкретных территориях (в пределах 1 км и менее, при соответствующем размере кластеров) и возможностью использования для анализа неограниченного набора пространственных данных, доступных, в т.ч. в открытых источниках.

Методика районирования апробирована на модели Волгоградской области: продемонстрирована принадлежность более 50% территории к зонам повышенного риска инфицирования ЛЗН, обусловленного сочетанным действием различных биотических, абиотических и социальных факторов.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения целенаправленного мониторинга возбудителя ЛЗН на территориях Волгоградской области с неподтвержденной циркуляцией ВЗН (северо-восточные и северо-западные районы).

В перспективе предполагается практическое применение разработанной методики при проведении комплексного эпидемиологического районирования эндемичных по ЛЗН территорий Российской Федерации. В первую очередь данный алгоритм будет использован при оценке риска заражения ВЗН в субъектах Южного федерального округа, характеризующихся наиболее интенсивным течением эпидемического процесса ЛЗН.

Литература

1. *Troupin A, Colpitts TM. Overview of West Nile Virus Transmission and Epidemiology. Methods Mol Biol. 2016. Vol. 1435. P. 15–18. doi: 10.1007/978-1-4939-3670-0_2.*
2. *Топорков А.В. ред. Лихорадка Западного Нила. Волгоград: Волга-Пресс; 2017.*
3. *Куклев Е.В., Ковалевская А.А., Агапов Б.Л., и др. Оценка потенциальной эпидемической опасности сочетанных природных очагов бактериальных, вирусных и риккетсиозных инфекций. Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 78–83. doi: 10.21668/health.risk/2019.1.08.*
4. *Рудаков Н. В., Пеньевская Н. А., Савельев Д. А., и др. Районирование территорий Западной Сибири по интегральному уровню заболеваемости клещевыми трансмиссивными инфекциями. В сб.: В.И. Покровский ред. Инфекционные болезни в современном мире: эпидемиология, диагностика, лечение и профилактика: сборник трудов XII Ежегодного Всероссийского интернет-конгресса по инфекционным болезням с международным участием; 7–9 Сентября 2020. М.: Медицинское маркетинговое агентство; 2020. С. 196–196.*
5. *Кресова У. А., Гаранина С. Б., Казакова Л. В. и др. Сочетанные очаги актуальных для Саратовской области природно-очаговых инфекционных болезней. Здоровье населения и среда обитания. 2014. Т. 255, № 6. С. 30–32.*
6. *Монастырский М. В., Шестопалов Н. В., Акимкин В. Г. и др. Опыт осуществления эпидемиологического надзора за лихорадкой Западного Нила на территории Волгоградской области. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2015. Т. 20, № 1. С. 49–55. doi: https://doi.org/10.17816/EID40864.*
7. *Молчанова Е. В., Лучинин Д. Н., Негоденко А. О. и др. Мониторинговые исследования арбовирусных инфекций, передающихся комарами, на территории Волгоградской области. Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 6. С. 60–66.*
8. *Негоденко А. О., Молчанова Е. В., Прилепская Д. Р. и др. Анализ результатов мониторинга арбовирусных инфекций на территории Волгоградской области в 2019 г // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2021. Т. 20, № 1. С. 51–59. https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-1-51-59*
9. *Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: Волгоградская область, Россия. [Internet]. Доступно на: http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru&region=34. Ссылка активна на 09 сентября 2021.*
10. *Geofabrik Download Server. South Federal District. [Internet]. Доступнона: https://download.geofabrik.de/russia/south-fed-district.html. Ссылка активна на 09 сентября 2021.*
11. *Беляков В. Д., Яфаев Р. Х. Эпидемиология. М.: Медицина; 1989.*
12. *Черкасский Б. Л. Руководство по общей эпидемиологии. М.: Медицина; 2001.*
13. *Куклев Е. В., Кокушкин А. М., Кутырев В. В. Количественная оценка величины эпидемического потенциала природных очагов чумы и оптимизация эпидемиологического надзора за этой инфекцией // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2001. № 5. С. 10–13.*
14. *GitHub. HotSpot Analysis Plugin [Internet]. Доступно на: https://github.com/danioxoli/HotSpotAnalysis_Plugin. Ссылка активна на 09 сентября 2021.*
15. *Федорова М. В. Комары (Diptera, Culicidae) – переносчики вируса лихорадки Западного Нила на территории Россиu. РЭТ-инфо. 2007. №. 1. С. 11–15.*
16. *Федорова М. В., Бородай Н. В. О необходимости и путях совершенствования энтомологического мониторинга при эпидемиологическом надзоре за лихорадкой Западного Нила. Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2017. №. 2. С. 37–42.*

References

1. *Troupin A, Colpitts TM. Overview of West Nile Virus Transmission and Epidemiology. Methods Mol Biol. 2016;1435:15–18. doi: 10.1007/978-1-4939-3670-0_2.*
2. *West Nile Fever. Ed: Toporkov AV. itor. Volgograd: Volga-Press; 2017 (In Russ.).*
3. *Kuklev EV, Kovalevskaya AA, Agapov BL, et al. Assessment of potential epidemic hazards caused by combined foci with bacterial, viral, and ricketsial infections. Health Risk Analysis. 2019;(1):78–83 (In Russ.). doi: 10.21668/health.risk/2019.1.08.eng*
4. *Rudakov NV, Pen'evskaya NA, Savel'ev DA, et al. Rayonirovanie territoriy Zapadnoy Sibiri po integral'nomu urovnyu zabolevaemosti kleshchevymi transmissivnymi infektsiyami. In: V.I. Pokrovskiy editor. Infektsionnye bolezni v sovremennom mire: epidemiologiya, diagnostika, lechenie i profilaktika: sbornik trudov XII Ezhegodnogo Vserossiyskogo internet-kongressa po infektsionnym boleznyam s mezhdunarodnym uchastiem; 2020 Sep 7–9. Moscow: Medical Marketing Agency; 2020. P. 196–196 (In Russ.).*
5. *Kresova YuA, Garanina SB, Kazakova LV, et al. Actual for the Saratov province infectious diseases in the combined natural foci. Public Health and Life Environment. 2014;255(6):30–32 (In Russ.).*
6. *Monastyrskiy MV, Shestopalov NV, Akimkin VG, et al. Experience in the implementation of epidemiological surveillance of West Nile fever in the Volgograd region. Epidemiology and Infectious Diseases. 2015. 20(1):49–55 (In Russ.). doi: https://doi.org/10.17816/EID40864*
7. *Molchanova EV, Luchinin DN, Negodenko AO, et al. Monitoring studies of arbovirus infections transmitted by mosquitoes on the territory of the Volgograd Region. Public Health and Life Environment. 2019;(6):60–66 (In Russ.).*
8. *Negodenko AO, Molchanova EV, Prilepskaya DR, et al. Analysis of the Results of Monitoring Arbovirus Infections in the Volgograd Region in 2019. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2021;20(1):51–59 (In Russ.). doi: https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-1-51-59*
9. *Temperatura vozdukha i osadki po mesyatsam i godam: Volgogradskaya oblast', Rossiya. [Internet]. Available at: http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru&region=34. Accessed: 09 Sep 2021 (In Russ.).*
10. *Geofabrik Download Server. South Federal District. [Internet]. Available at: https://download.geofabrik.de/russia/south-fed-district.html. Accessed: 09 Sep 2021.*
11. *Belyakov VD., Yafaev RKh. Epidemiology. Moscow: Medicine; 1989 (In Russ.).*
12. *Cherkasskiy BL. Guide to the General Epidemiology. Moscow: Medicine; 2001 (In Russ.).*
13. *Kuklev EV, Kokushkin AM, Kutyrev VV. Quantitative assessment of epidemic potential value of natural plague foci and optimization of epidemiological surveillance over the infection. Epidemiology and Infectious Diseases. 2001;(5):10–13 (In Russ.).*
14. *GitHub. HotSpot Analysis Plugin [Internet]. Available at: https://github.com/danioxoli/HotSpotAnalysis_Plugin. Accessed: 09 Sep 2021.*
15. *Fedorova MV. Mosquitoes (Diptera, Culicidae)-West Nile fever vectors at Russian territory. RET-info. 2007;(1):11–15 (In Russ.).*
16. *Fedorova MV, Borodai NV. On the necessity and ways to improve entomological monitoring in the epidemiological surveillance for West Nile fever. Medical parasitology and parasitic diseases. 2017;(2):37–42 (In Russ.).*

Об авторах

- **Дмитрий Николаевич Никитин** – научный сотрудник ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0001-6940-0350.
- **Светлана Константиновна Удовиченко** – к. м. н., ведущий научный сотрудник ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0001-8682-1536.
- **Кирилл Вадимович Жуков** – к. м. н., ведущий научный сотрудник ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-8000-3257.
- **Елена Викторовна Путинцева** – к. м. н., ведущий научный сотрудник ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-9368-6165.
- **Дмитрий Викторович Викторов** – д. б. н., доцент, заместитель директора по научно-экспериментальной работе ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-2722-7948.
- **Андрей Владимирович Топорков** – д. м. н., доцент, директор ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, 400131, г. Волгоград, ул. Голубинская, 7. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-3449-4657.

Поступила: 26.10.2021. **Принята к печати:** 08.02.2022.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Dmitry N. Nikitin** – researcher of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0001-6940-0350.
- **Svetlana K. Udovichenko** – Cand. Sci. (Med.), leading researcher of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0001-8682-1536.
- **Kirill V. Zhukov** – Cand. Sci. (Med.), leading researcher of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-8000-3257.
- **Elena V. Putintseva** – Cand. Sci. (Med.), leading researcher of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-9368-6165.
- **Dmitry V. Viktorov** – Dr. Sci. (Bio.), associate professor, Deputy Director for Scientific and Experimental Work of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-2722-7948.
- **Andrey V. Toporkov** – Dr. Sci. (Med.), associate professor, Director of FGHI Volgograd Plague Control Research Institute of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare, 7 Golubinskaya st., Volgograd, 400131, Russia. +7 (8442) 37-37-74, vari2@sprint-v.com.ru. ORCID 0000-0002-3449-4657.

Received: 26.10.2021 **Accepted:** 08.02.2022.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.