

УДК: 57.083.3:616.98:578.833.28-097.3(571.620)"2022/2025"
DOI: 10.62963/2073-2899-2026-52-31-38

О ВЫЯВЛЯЕМОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ К ВИРУСУ ЗАПАДНОГО НИЛА У НАСЕЛЕНИЯ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ В 2022-2025 гг.

**В.Р. Решетов, А.Г. Драгомерецкая, Т.А. Аушева, Н.В. Белкина,
О.Е. Троценко**

*ФБУН Хабаровский научно-исследовательский институт эпидемиологии и
микробиологии Роспотребнадзора; Хабаровск, Российская Федерация*

Ответственный за взаимодействие с редакцией: Решетов Владислав Русланович – младший научный сотрудник лаборатории клещевого энцефалита и других природно-очаговых инфекций ФБУН Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, e-mail: poi_hniiem@bk.ru

АННОТАЦИЯ

Введение: Лихорадка Западного Нила является природно-очаговой арбовирусной инфекцией, актуальной для многих регионов России. Хабаровский край характеризуется наличием благоприятных экологических условий для циркуляции возбудителя.

Цель исследования: оценка интенсивности контактов населения Хабаровского края с возбудителем лихорадки Западного Нила на основе данных серологического мониторинга в 2022-2025 гг.

Материалы и методы: методом иммуноферментного анализа исследовано 516 образцов сывороток крови жителей Хабаровского края. Группу наблюдения составили пациенты медицинских организаций с подозрением на клещевые инфекции (179 человек) и лица, обследованные с профилактической целью после присасывания клеща (337 человек). Образцы тестировали на наличие иммуноглобулинов классов М и G к вирусам Западного Нила и клещевого энцефалита, а также определяли индекс авидности иммуноглобулинов G.

Результаты: специфические иммуноглобулины М к вирусу Западного Нила были выявлены у 18 человек. Из них 13 пациентов находились на стационарном лечении с диагнозами «клещевой риккетсиоз» или «иксодовый клещевой боррелиоз», при этом иммуноглобулины М к вирусу клещевого энцефалита у всех отсутствовали. Величина иммунной прослойки составила 5,6%. В 90% положительных случаев выявлены низкоавидные иммуноглобулины G, что подтверждает недавнее инфицирование.

Обсуждение: полученные данные позволяют предполагать наличие в 2022-2025 гг. случаев инфицирования вирусом Западного Нила населения Хабаровского края при отсутствии (за исключением 1 случая в 2024 году) официальной регистрации. Выявление маркеров инфицирования вирусом Западного Нила у пациентов с лихорадкой и указанием на присасывание клеща требует повышения настороженности медицинских работников в отношении данной инфекции, а также учета возможной роли иксодовых клещей в передаче вируса.

Заключение: результаты мониторинга подтверждают циркуляцию вируса Западного Нила на территории Хабаровского края. Ключевое значение для интерпретации результатов лабораторных исследований по определению величины иммунной прослойки среди населения имеет исключение перекрёстной реакции ИФА сывороток в отношении других флавивирусов, в первую очередь вируса клещевого энцефалита, также циркулирующего на территории Хабаровского края.

Ключевые слова: Вирус Западного Нила, серологический мониторинг, иммуноглобулины М и G, Дальневосточный федеральный округ, флавивирус, перекрестные реакции

Вклад авторов: внесшие существенный вклад в разработку концепции научной работы - А.Г. Драгомерецкая; участвующие в анализе и интерпретации данных работы - В.Р. Решетов, А.Г. Драгомерецкая Т.А. Аушева, Н.В. Белкина; составлявшие черновик рукописи - В.Р. Решетов; осуществлявшие критический пересмотр рукописи с внесением ценного интеллектуального содержания - О.Е. Троценко.

Конфликт интересов: авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Исследование одобрено этическим комитетом ФБУН Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора, протокол 3 от 23.03.2022 г.

Все пациенты и законные представители пациентов подписали информированное согласие на участие в исследовании.

ON DETECTION OF ANTIBODIES AGAINST WEST NILE VIRUS IN THE POPULATION OF THE Khabarovsk Krai in 2022-2025

V.R. Reshetov, A.G. Dragomeretskaya, T.A. Ausheva, N.V. Belkina, O.E. Trotsenko

FBUN Khabarovsk research institute of epidemiology and microbiology of the Federal service for surveillance on consumers rights protection and human wellbeing (Rospotrebnadzor), Khabarovsk, Russian Federation

SUMMARY

Introduction: West Nile fever is a natural focal arbovirus infection, which is relevant for many regions of Russia. The Khabarovsk Krai features favorable ecological conditions for circulation of the pathogen.

Aim of the research: to evaluate intensity of contacts of the Khabarovsk Krai population with West Nile fever causative agent based on serological surveillance performed in 2022 – 2025.

Materials and methods: in total, 516 serum samples obtained from Khabarovsk Krai residents were assessed with enzyme-linked immunosorbent assay. The observation group included patients hospitalized in medical institutions with suspected tick-borne infections (179 individuals) and people examined for preventive purposes after a tick bite (337 individuals). Samples were tested for the presence of immunoglobulins M and G against West Nile virus and tick-borne encephalitis virus. Avidity index was calculated for samples positive for immunoglobulin G.

Results: specific immunoglobulins M against West Nile virus were identified in 18 individuals. Among them, 13 patients were hospitalized with a diagnosis of “tick-borne rickettsiosis” or “ixodid tick-borne borreliosis”. It should be noted that immunoglobulins M against tick-borne encephalitis were absent in all patients. Seroprevalence was 5.6%. Positive samples had a low avidity index in 90% of cases, which confirms recent infection.

Discussion: the obtained data suggest the presence of West Nile fever among the population of the Khabarovsk Krai in 2022-2025, although no cases were officially registered except for one in 2024. Identification of West Nile fever infection markers in patients with fever and tick bites necessitates increased attention from medical personnel towards diagnosing this infection. The potential role of ixodid ticks in the virus transmission should be considered as well.

Conclusion: the results of the surveillance indicate circulation of the West Nile virus in the Khabarovsk Krai. Particular attention should be paid to exclude cross-reactivity in enzyme-linked immunosorbent assay with other flaviviruses, especially tick-borne encephalitis virus, which also circulates in the Khabarovsk Krai, when interpreting the laboratory data on population immunity.

Key words: West Nile virus, serological surveillance, immunoglobulins M and G, Far Eastern federal district, flavivirus, cross-reactivity

Authors' contributions: A.G. Dragomeretskaya made substantial contributions to the conception of the research work; V.R. Reshetov, A.G. Dragomeretskaya, T.A. Ausheva, and N.V. Belkina participated in the analysis and interpretation of the data; V.R. Reshetov drafted the manuscript; O.E. Trotsenko critically revised the manuscript for important intellectual content. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest: authors declare no financial/nonfinancial conflict of interest.

The study was approved by the Ethics Committee of the Khabarovsk Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Rospotrebnadzor, Protocol No. 3 dated March 23, 2022.

All patients and their legal representatives signed an informed consent form to participate in the study.

Введение

Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) - зоонозная природно-очаговая арбовирусная инфекция, возбудителем которой является вирус Западного Нила (ВЗН) из семейства *Flaviviridae*, рода *Orthoflavivirus*, вида *Orthoflavivirus nilense* [1, 2]. Вирус был впервые выделен в Уганде в 1937 году [2, 3]. Основной природный резервуар - птицы, особенно виды водно-околоводного комплекса [2, 4]. Основные переносчики - комары рода *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. modestus*), в России эпидемиологическое значение имеют комары родов *Culex*, *Aedes*, *Anopheles* и *Culiseta* [2, 4, 5]. Человек и другие млекопитающие являются случайными, тупиковыми хозяевами. Доминирующий путь передачи - трансмиссивный, через укус инфицированного комара [2], описаны редкие случаи передачи через кровь, при трансплантации органов, трансплацентарно и через грудное молоко [6].

Эпидемиологическая ситуация по ЛЗН связана с климатическими и экологическими факторами. Повышение среднегодовых температур, аномальные осадки и наличие обширных водно-болотных угодий создают благоприятные условия для размножения переносчиков и интенсификации эпизоотического цикла «птицы-комары» [7, 8, 9]. Урбанизация способствует формированию устойчивых городских очагов за счет синантропных популяций комаров и птиц [6, 8]. Для Дальнего Востока России, включая Хабаровский край, критическое значение имеют обширные пойменные ландшафты рек Амур и Уссури, являющиеся местами гнездования и остановок мигрирующих птиц - как значимого звена в циркуляции вируса [9].

Серологический мониторинг является одним из основных инструментов эпидемиологического надзора за ЛЗН, что обусловлено ограничениями клинического надзора: высоким процентом бессимптомных и легких неспецифических форм, а также сложностями лабораторной диагностики из-за серологических перекрестов с другими флавивирусами [10, 11].

Материалы и методы

На наличие специфических антител к ВЗН был исследован клинический материал (сыворотки крови) от 516 жителей Хабаровского края (г. Хабаровск, Хабаровский район, Верхнебуреинский район). Из них 179 человек составили пациенты медицинских организаций, обследованные для подтверждения диагноза клещевых трансмиссивных инфекций (КТИ) и получавшие лечение в стационаре или амбулаторно, и 337 человек из числа жителей Хабаровского края, имеющих в анамнезе присасывание клеща и обследованных с профилактической целью в 2022-2025 гг. Информированное согласие было получено от всех обследованных лиц. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФБУН Хабаровский НИИ эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора.

Сыворотки до момента проведения исследования хранили в замороженном состоянии при температуре минус 40°C. Выявление иммуноглобулинов классов М и G к вирусу Западного Нила, определение индекса авидности иммуноглобулинов класса G к вирусу Западного Нила проводили методом иммуноферментного анализа (ИФА). С целью дифференциальной диагностики все пробы также были исследованы на наличие иммуноглобулинов классов М и G к вирусу клещевого энцефалита (ВКЭ). Для проведения исследований использовали диагностические наборы «ВектоНил-IgM», «ВектоНил-IgG», «ВектоНил-IgG-авидность», «ВектоВКЭ-IgG», «ВектоВКЭ-IgM» (АО «Вектор-Бест», г. Новосибирск) в соответствии с инструкциями производителя. Результаты ИФА учитывали при помощи микропланшетного ридера Anthos 2020 (Biochrom Ltd., Великобритания).

Статистическую обработку результатов проводили с расчётом 95% доверительных интервалов (ДИ) для долей. Учитывая небольшое количество положительных образцов в некоторых подгруппах, для расчёта ДИ использовали точный метод Клоппера-Пирсона, который рекомендован для малых выборок и обеспечивает корректную оценку доверительных границ для данного количества событий.

Результаты исследования

В настоящем исследовании специфические IgM к ВЗН были обнаружены у 18 из 516 обследованных (таблица 1).

Из них 13 человек были пациентами инфекционных отделений, находились на стационарном лечении в медицинских организациях г. Хабаровска с диагнозами «клещевой риккетсиоз», «иксодовый клещевой боррелиоз» (табл. 2). Во всех образцах сывороток крови от лихорадящих пациентов специфические IgM к ВКЭ не были обнаружены. В 90,9% проб отсутствовали антитела класса G к ВЗН, что может свидетельствовать об остром периоде заболевания. Пятеро обследованных не отмечали ухудшения самочувствия и обратились для обследования с профилактической целью после присасывания иксодовых клещей. Специфические IgM и IgG к ВКЭ в материале от этих пациентов не были обнаружены. У двоих обследованных были также выявлены IgG к ВЗН.

Таблица 1.

**Частота выявления специфических иммуноглобулинов к ВЗН у населения
Хабаровского края в 2022-2025 гг.**

Группы обследованных	Обследовано человек	Выявлены маркеры трансмиссивных инфекций					
		IgM ВЗН		IgG ВЗН		IgG ВЗН + IgG ВКЭ	
		Абс.	% (95% ДИ)	Абс.	% (95% ДИ)	Абс.	% (95% ДИ)
Обратившиеся за медицинской помощью	179	13	7,3 (3,46-11,06)	83	46,4 (39,06-53,67)	67	37,4 (30,34-44,52)
Обследованные с профилактической целью (без клинических проявлений)	337	5	1,5 (0,19-2,77)	95	28,2 (23,38-32,99)	85	25,2 (20,58-29,86)
Всего	516	18	3,5 (1,90-5,07)	178	34,5 (30,39-38,59)	152	29,5 (25,52-33,39)

Примечание: 95% ДИ - 95% доверительный интервал

Таблица 2.

**Сведения о лихорадящих больных, у которых были обнаружены специфические
иммуноглобулины класса М к вирусу Западного Нила**

№	Дата заболевания	Результаты ИФА			
		ВКЭ		ВЗН	
		IgM	IgG	IgM	IgG
1	26.06.2022	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 8,2	Отрицательный
2	27.06.2022	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,6	Отрицательный
3	27.06.2022	Отрицательный	Положительный	Положительный КП 1,0	Положительный КП 1,4
4	30.06.2022	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,1	Отрицательный
5	24.07.2022	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 2,3	Отрицательный
6	26.06.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,5	Отрицательный
7	29.06.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,3	Отрицательный
8	30.06.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,3	Отрицательный
9	01.07.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,5	Отрицательный
10	07.07.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,1	Отрицательный
11	21.07.2023	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 1,1	Отрицательный
12	09.07.2025	Отрицательный	Отрицательный	Положительный КП 5,5	Отрицательный
13	08.08.2025	Отрицательный	Положительный 1047,13 Ед/мл	Положительный КП 1,03	Положительный КП 2,04

Примечание: КП - коэффициент позитивности образца

Обсуждение

Еще до первых крупных эпидемий серия научных исследований в дельте Нила в Египте сыграла ключевую роль в понимании эпизоотологии вируса. Ученые установили, что до 60% местного населения имели антитела к ВЗН, что свидетельствовало о широкой, но преимущественно бессимптомной циркуляции. Эти работы впервые четко определили птиц как основной природный резервуар вируса, а комаров рода *Culex* - как переносчика, заложив фундамент для понимания классического природного очага инфекции [12, 13]. Это позволило описать базовый жизненный цикл вируса "комар-птица-комар", в который человек и другие млекопитающие вовлекаются лишь случайно [6, 14].

Во время вспышки 1996 года в Румынии было зарегистрировано 393 случая заболевания, из них 352 случая нейроинвазивных форм, 17 человек погибли. Среди заболевших с развившимся энцефалитом летальность достигла 13% [14, 15]. Это была первая крупная городская вспышка, продемонстрировавшая, что ВЗН может эффективно циркулировать в урбанизированной среде. Штаммы, циркулировавшие в Европе, стали чаще приводить к тяжелым нейроинвазивным формам болезни, что указывало на рост их вирулентности [15, 16]. Следующая вспышка произошла в Нью-Йорке в августе 1999 года [14].

Изначально врачи столкнулись с увеличением частоты случаев энцефалита и массовой гибелью птиц. Вирус, генетически близкий к штамму из Израиля, был впервые идентифицирован в Западном полушарии. За первый год было зафиксировано 62 случая заболевания людей и 7 летальных исходов. Это событие имело значимые последствия: вирус, занесенный инфицированной птицей или комаром, распространился по всей Северной Америке. Он укоренился в местных экосистемах, что привело к вспышкам: в 2003 году - 9 862 случая с 264 летальными исходами, в 2012 - 5 674 случая и 286 смертей. Этот случай стал примером того, как в эпоху глобализации опасный патоген может стать эндемичным на новом континенте [17].

В России вспышка 1999 года в Волгоградской области (380 подтвержденных случаев, летальность 10%) [14] и возобновление эпидемического процесса в 2010 году (413 заболевших, летальность 1,2%) подтвердили наличие устойчивого активного природного очага вируса на юге России [18, 19]. В 2000 году одна из крупнейших для Ближнего Востока вспышек произошла в Израиле - зарегистрировано 417 случаев инфекции с 35 летальными исходами [20]. Спустя десятилетие, в 2010-2012 годах, продолжительная эпидемия в Греции (197 случаев и 33 смерти только в 2010 году) продемонстрировала интенсивную циркуляцию ВЗН в Южной Европе [14].

Известно, что клинический спектр заболевания варьирует от бессимптомного течения и легкой гриппоподобной лихорадки (около 80% случаев) до тяжелых нейроинвазивных форм [6, 21]. Нейроинвазивная форма (менингит, менингоэнцефалит, острый вялый паралич) развивается менее чем у 1% инфицированных, но характеризуется высокой летальностью (особенно среди лиц старше 60 лет и иммунокомпрометированных пациентов) и риском длительных неврологических осложнений [22, 23]. Помимо неврологических проявлений, накапливаются данные о способности ВЗН вызывать длительные желудочно-кишечные симптомы, включая нарушение моторики, что составляет предмет отдельного исследовательского направления [24, 25].

Патогенез нейроинвазивной формы связан с проникновением вируса в центральную нервную систему (ЦНС) через несколько механизмов: прямое инфицирование эндотелия гематоэнцефалического барьера (ГЭБ), перенос инфицированными лейкоцитами («тройной конь»), повышение проницаемости ГЭБ под действием провоспалительных цитокинов и ретроградный аксональный транспорт. В ЦНС вирус поражает нейроны, вызывая их гибель преимущественно через апоптоз, а иммунопатологическое воспаление усугубляет повреждение ткани [26, 27, 28, 29].

Патогенез ЛЗН-ассоциированных кишечных синдромов связан с поражением энтеральной нервной системы (ENS). Исследования показывают, что в острой фазе вирусный антиген обнаруживается в нейронах мышечного сплетения тонкой кишки, что приводит к потере нейронов и снижению плотности нейрональных и глиальных сетей. Ключевую роль в повреждении ENS играет не прямое вирусное действие, а иммунопатология, опосредованная вирус-специфическими Т-лимфоцитами (как $CD4^+$, так и $CD8^+$), которые используют множественные цитолитические пути (перфорин и *FasL*) [24, 25, 30].

Эволюция представлений о лихорадке Западного Нила демонстрирует переход от восприятия ее как строго приуроченной к классическим африканским очагам инфекции к признанию за вирусом статуса глобально значимого патогена с высоким инвазивным потенциалом. События последних десятилетий - появление и закрепление вируса в Западном полушарии, его устойчивая циркуляция в странах Европы, неоднократные вспышки на юге России - убедительно показали, что ВЗН способен преодолевать географические барьеры, адаптироваться к новым экосистемам и формировать новые очаги далеко за пределами исходного ареала.

В этой логике Дальневосточный регион, включая Хабаровский край, не может рассматриваться как заведомо свободный от риска в силу своей удаленности от традиционных очагов. Напротив, наличие здесь разветвленной гидрологической сети, миграционных путей перелетных птиц и подходящих видов переносчиков создает предпосылки для потенциального распространения вируса. Вопрос заключается не столько в принципиальной возможности его заноса, сколько в том, произошло ли уже это событие и успел ли патоген укорениться в местных биоценозах.

Ответ на этот вопрос требует выхода за рамки клинической регистрации манифестных форм и обращения к методам серологической «разведки», позволяющим выявлять скрытые компоненты эпидемического процесса.

В настоящем исследовании положительная реакция на IgG с антигеном ВЗН была получена в 34,5% (95% ДИ: 30,39-38,59%) проб. При этом в 152 из 178 IgG-ВЗН- положительных проб были также выявлены IgG к ВКЭ, что, вероятно, свидетельствует о наличии антигенных перекрестных реакций. Таким образом, специфичные к ВЗН IgG были выявлены в 26 образцах сыворотки крови, а уровень

иммунной прослойки составил 5,6%. В результате определения индекса авидности (ИА) в 90% положительных проб были выявлены низкоавидные IgG к ВЗН (ИА <50%).

Обнаружение IgM к ВЗН у пациентов инфекционных стационаров позволяет предполагать наличие в 2022-2025 гг. случаев инфицирования ВЗН населения Хабаровского края. Доказательством протекающего, но не диагностированного эпидемического процесса ЛЗН является показатель серопревалентности к ВЗН, равный 5,6%. Выявление в 90% низкоавидных антител в пробах, положительных на наличие IgG, также подтверждает недавний (обычно до 3-6 месяцев) контакт с возбудителем ЛЗН. Учитывая предполагаемые сроки начала заболевания ЛЗН и продолжительность инкубационного периода болезни (в среднем 5-7 дней), начало сезона активной передачи ВЗН человеку в Хабаровском крае совпадает с таковым на территориях высокого эпидемиологического риска (юг европейской части России).

Следует отметить, что за весь период проведения мониторинговых исследований на территории Хабаровского края (с 2004 г.) единственный местный случай заболевания ЛЗН среди населения официально был зарегистрирован в 2024 году. Однако Н.Н. Сапега и соавт. (2022) сообщали, что ЛЗН была диагностирована в 2020 г. в г. Хабаровске специалистами ФКУЗ «7 военный госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации» у служащего войск национальной гвардии. Данные эпидемиологического анамнеза пациента свидетельствовали о посещении им природных биотопов на территории Хабаровского края в предшествующий заболеванию период, что позволяет предположить возможный местный случай заражения ВЗН.

Обязательным условием совершенствования эпиднадзора является обобщение и систематизация данных об эпизоотических и эпидемических проявлениях ЛЗН на территории Хабаровского края за многолетний период наблюдения и последующее информирование всех заинтересованных служб и ведомств (министерства здравоохранения Хабаровского края, медицинских организаций, ветеринарной службы Россельхознадзора и других).

Практическую реализацию надзора на региональном уровне обеспечивают территориальные управления Роспотребнадзора и подведомственные им ФБУЗ «Центры гигиены и эпидемиологии», в задачи которых входит организация лабораторных исследований, сбор данных и проведение противоэпидемических мероприятий. Методическое руководство, подтверждающую диагностику (включая дифференциацию с другими флавивирусами), генотипирование штаммов и консолидацию информации осуществляет Референс-центр по мониторингу возбудителя ЛЗН на базе ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора.

По данным Референс-центра по мониторингу за возбудителем лихорадки Западного Нила, при накопленном большом массиве данных о зарегистрированных случаях ЛЗН в РФ (1997-2024 гг.) в эпидемиологическом анамнезе пациентов отсутствовали чёткие указания на контакт с клещом. Очевидно, что факт присасывания клеща совершенно не исключает возможность одновременного нападения на человека инфицированных ВЗН комаров. Вместе с тем, в отношении клещей *Ixodes persulcatus* - наиболее эпидемиологически значимого переносчика клещевых трансмиссивных инфекций на территории Хабаровского края, и *I. pavlovskyi*, который также здесь обитает, была экспериментально доказана способность передавать ВЗН прокормителям при кровососании. Таким образом, представляется актуальным расширение круга лихорадящих пациентов, подлежащих обследованию на наличие маркеров ЛЗН с включением лиц, имевших в анамнезе присасывание клеща.

Заключение

Таким образом, для Хабаровского края организация эффективной системы серологического мониторинга ЛЗН представляет собой актуальную и научно обоснованную задачу. Она направлена на оценку интенсивности циркуляции возбудителя, что является основой для своевременного прогнозирования рисков и принятия управленческих решений. Ключевое значение для интерпретации результатов лабораторных исследований по этиологической верификации диагноза ЛЗН и определению величины иммунной прослойки среди населения имеет исключение перекрёстной реакции ИФА сывороток в отношении других флавивирусов, в первую очередь ВКЭ, также циркулирующего на территории Хабаровского края. Наиболее доступным алгоритмом в этом случае является параллельное исследование проб клинического материала на наличие антител к вирусам клещевого энцефалита и Западного Нила с количественным определением IgM и IgG и сопоставлением полученных данных. С целью подтверждения специфичности выявленных IgG против ВЗН возможно определение их индекса авидности.

Внедрение системного серомониторинга решит такие задачи как:

1. Выявление истинной распространенности инфекции через определение уровня серопревалентности в популяции, что позволяет оценить совокупный популяционный иммунитет.
2. Картирование активных и потенциальных очагов путем сопоставления данных серопревалентности населения с результатами зоолого-эпидемиологического мониторинга.
3. Выявление контингентов групп риска для последующей разработки профилактических мероприятий.
4. Оценка эффективности противоэпидемических мероприятий.

5. Прогнозирование возможного ухудшения эпидемической ситуации на основе данных серологического мониторинга и анализа климатических факторов.

Литература

1. Zulli A., Duong D., Shelden B., Bidwell A., et al. West Nile Virus (Orthoflavivirus nilense) RNA concentrations in wastewater solids at five wastewater treatment plants in the United States. *PeerJ*. 2025;13:e19748. DOI: 10.7717/peerj.19748.
2. Carrasco L., Utrilla M.J., Fuentes-Romero B., et al. West Nile Virus: An Update Focusing on Southern Europe. *Microorganisms*. 2024;12(12):2623. DOI: 10.3390/microorganisms12122623.
3. Вирус жаркого лета. *PCR.news*. <https://pcr.news/stati/virus-zharkogo-leta/>
4. Бородай Н.В., Несговорова А.В., Мендыгалиева А.К., и др. Итоги рекогносцировочного эпизоотологического мониторинга лихорадки Западного Нила на отдельных территориях европейской части России и Урала в 2024 году. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2025;102(4):413-424. DOI: 10.36233/0372-9311-654.
5. Жуков К.В., Никитин Д.Н., Коврижных Д.В., Викторов Д.В., Топорков А.В. Разработка концептуальной схемы прогнозно-аналитической модели заболеваемости лихорадкой Западного Нила на основе оценки природно-климатических факторов (на примере Волгоградской области). *Анализ риска здоровью*. 2022;(4):124-136. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.12.
6. Factsheet about West Nile virus infection. European Centre for Disease Prevention and Control. December 2025. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/west-nile-fever/facts>
7. Barrett A.D.T. West Nile in Europe: an increasing public health problem. *Journal of Travel Medicine*. 2018;25(1):tay096. DOI: 10.1093/jtm/tay096.
8. Andreychev A., Boyarova E., Nesterova D. Climate change's impact on recording of West Nile fever of animals in the Middle Volga region. *BIO Web of Conferences*. 2025;181:02023. DOI: 10.1051/bioconf/202518102023.
9. Авдеева М.Г., Кулбужева М.И., Блажная Л.П., Бахтина В.А., Ванюков А.А., Нежурин А.В., Арзуманян К.А., Мищенко Н.Е. Клинико-эпидемиологические особенности вспышки лихорадки Западного Нила 2019 года (на примере города Краснодара). *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2024;29(5):321-336. DOI: 10.17816/EID636844.
10. Endale A., Medhin G., Darfiro K., Kebede N., Legesse M. Magnitude of Antibody Cross-Reactivity in Medically Important Mosquito-Borne Flaviviruses: A Systematic Review. *Infection and Drug Resistance*. 2021;14:4291-4299. DOI: 10.2147/IDR.S336351.
11. Chan K.R., Ismail A.A., Thergarajan G., et al. Serological cross-reactivity among common flaviviruses. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2022;12:975398. DOI: 10.3389/fcimb.2022.975398.
12. Dunphy B.M., Kovach K.B., Gehrke E.J., et al. Long-term surveillance defines spatial and temporal patterns implicating *Culex tarsalis* as the primary vector of West Nile virus. *Scientific Reports*. 2019;9(1):6637. DOI: 10.1038/s41598-019-43246-y.
13. West Nile Virus Infection: Virology, Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Manifestations, and Public Health Implications. *African Journal of Applied Research & Sustainable Development*. 2025;1(1):1-11. DOI: 10.54117/7pfqeg92.
14. Bruno L., Nappo M.A., Frontoso R., et al. West Nile Virus (WNV): One-Health and Eco-Health Global Risks. *Veterinary Sciences*. 2025;12(3):288. DOI: 10.3390/vetsci12030288.
15. Simonin Y. Circulation of West Nile Virus and Usutu Virus in Europe: Overview and Challenges. *Viruses*. 2024;16(4):599. DOI: 10.3390/v16040599.
16. Erazo D., Grant L., Ghisbain G., et al. Contribution of climate change to the spatial expansion of West Nile virus in Europe. *Nature Communications*. 2024;15:1196. DOI: 10.1038/s41467-024-45290-3.
17. Rodhain F. Les arbovirus ont aussi leur « rêve américain ». *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. 2017;110:147-159. DOI: 10.1007/s13149-017-0557-y.
18. Иоанниди Е.А., Муромцева А.А., Божко В.Г., Кувшинова Т.Д., Викторов Д.В., Смелянский В.П. Особенности проявлений лихорадки Западного Нила в Волгоградской области. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2019;(2):67-70. DOI 10.19163/1994-9480-2019-2(70)-67-70

19. Топорков А.В., Путинцева Е.В., Удовиченко С.К. Лихорадка Западного Нила как актуальная угроза здоровью: история изучения и меры профилактики в России. Анализ риска здоровью. 2023;(3): DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.13
20. Вспышка лихорадки Западного Нила в Израиле в 2000 году: эпидемиологические аспекты. Medscape. https://www.medscape.com/s/viewarticle/414476_4?form=fpf
21. Истин А.А., Красноруцкая О.Н., Безлепкин А.С., Шевцова В.И., Саломехин Г.Г. Аспекты иммунного ответа при инфекции, вызванной вирусом Западного Нила. Медицинский алфавит. 2025;(16):64-67. DOI: 10.33667/2078-5631-2025-16-64-67.
22. Montgomery R.R. Age-related alterations in immune responses to West Nile virus infection. *Clinical and Experimental Immunology*. 2017;187(1):26-34. DOI: 10.1111/cei.12863.
23. European Centre for Disease Prevention and Control, European Food Safety Authority. Surveillance of West Nile virus infections in humans and animals in Europe, monthly report - data submitted up to 6 August 2025. 2025. <https://www.ecdc.europa.eu/en/infectious-disease-topics/west-nile-virus-infection/surveillance-and-diseasedata/monthly-updates>
24. Janova H., Zhao F.R., Desai P., et al. West Nile virus triggers intestinal dysmotility via T cell-mediated enteric nervous system injury. *The Journal of Clinical Investigation*. 2024;134(21):e181421. DOI: 10.1172/JCI181421.
25. Bornstein J.C. Experimental West Nile virus infection provides lessons for recovery from enteric neuropathies. *The Journal of Clinical Investigation*. 2024;134(21):e185865. DOI: 10.1172/JCI185865.
26. Marshall E.M., Bauer L., Nelemans T., et al. Differential susceptibility of human motor neurons to infection with Usutu and West Nile virus. *Journal of Neuroinflammation*. 2024;21(1):236. DOI: 10.1186/s12974-024-03228-y.
27. Рымаренко Н.В., Вьяльцева Ю.В., Аметов А.Н., и др. Нейроинвазивные формы лихорадки Западного Нила у детей в Республике Крым: анализ клинических случаев. *Детские инфекции*. 2025;24(3):65-69. DOI: 10.22627/2072-8107-2025-24-3-65-69.
28. Luque-Ambrosiani A.C., Lopera-Rodríguez I., Fernández-Panadero A., et al. West Nile Virus Neuroinvasive Disease: A Retrospective Analysis of Hospitalized Cases in a Tertiary Care Center in Southern Europe. *Revista de Neurologia*. 2025;80(8):36787. DOI: 10.31083/RN36787.
29. Alter R., Juretschko S., Smith M.A. West Nile Neuroinvasive Disease: Case Series and Review of the Literature. *American Journal of Therapeutics*. 2025;32(1):e1-e4. DOI: 10.1097/MJT.0000000000001869.
30. White J.P., et al. Intestinal dysmotility syndromes following systemic infection by flaviviruses. *Cell*. 2018;175(5):1198-1212. DOI: 10.1016/j.cell.2018.08.069.