



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>
УДК 619:616.92/.93:616-036.22(470)



Концепция «Единое здоровье» в изучении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации

Т. В. Михалева¹, Р. Р. Гасанов¹, С. С. Коннова², Д. А. Лунина¹

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Самарский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (СамНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия

² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Саратовский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (СарНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. 53-й Стрелковой Дивизии, 6, г. Саратов, 410028, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Лихорадка Западного Нила – зоонозное трансмиссивное заболевание, вызываемое флавивирусом, который чаще всего циркулирует в природе в энзоотическом цикле между комарами и птицами и вызывает случаи болезни у людей, лошадей и других млекопитающих. Стремительное расширение ареала возбудителя лихорадки Западного Нила, развитие вспышек с тяжелым течением болезни, отсутствие средств специфической профилактики послужили главными аргументами при отнесении его к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению. Тесная взаимосвязь между здоровьем людей, животных и экосистемой требует коммуникации и координации между соответствующими секторами. Принцип «Единое здоровье» – это интегрированный, объединяющий подход, направленный на оптимизацию здоровья людей, животных и экосистем, включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды.

Цель исследования. Анализ основных эпизоотологических данных о распространении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации.

Материалы и методы. Поиск источников литературы осуществлялся с использованием международных (PubMed, Springer, Google Scholar, CrossRef) и российских (РИНЦ, eLibrary, КиберЛенинка) баз научного цитирования. Отбор материала проводился по ключевым словам: лихорадка Западного Нила, единое здоровье, миграция птиц, беспозвоночные хозяева, меры контроля.

Результаты. В России вирус Западного Нила был впервые изолирован в 1963 г. в Астраханской области. В настоящее время присутствие возбудителя доказано в южных и центральных регионах европейской части страны, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока. Отсутствие эпизоотологического мониторинга заболевания в отдельных регионах России и низкие объемы исследуемого материала в большинстве субъектов не позволяют дать объективную оценку эпизоотической ситуации, поэтому имеется необходимость в увеличении числа проводимых исследований. Показано, что основными переносчиками возбудителя на территории нашей страны являются комары родов *Culex*, *Anopheles* и *Aedes*, также в поддержании циркуляции вируса принимают участие иксодовые, аргасовые и гамазовые клещи. В обзоре описана роль птиц в передаче возбудителя, приводятся сведения о восприимчивости животных к инфекции, рассмотрены современные аспекты диагностики, профилактики лихорадки Западного Нила и меры борьбы.

Заключение. Надзор за лихорадкой Западного Нила является достаточно сложной задачей, поскольку циркуляция вируса происходит среди людей, членистоногих и птиц. Вакцинация является эффективным средством профилактики, однако иммунологические профилактические препараты против заболевания в России пока не разработаны. В связи с этим особое внимание должно уделяться взаимодействию между различными ведомствами, а также профилактическим мерам, направленным на снижение распространения вируса в окружающей среде.

Ключевые слова: обзор, лихорадка Западного Нила, «Единое здоровье», миграция птиц, беспозвоночные хозяева, меры контроля

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии».

Для цитирования: Михалева Т. В., Гасанов Р. Р., Коннова С. С., Лунина Д. А. Концепция «Единое здоровье» в изучении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 20–27. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Для корреспонденции: Михалева Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, ученый секретарь СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия, tatyanamihaleva@mail.ru

Applying One Health approach to the study of West Nile fever in the Russian Federation

Tatyana V. Mikhaleva¹, Ruslan R. Gasanov¹, Svetlana S. Konnova², Daria A. Lunina¹

¹ Federal Research Center for Virology and Microbiology; Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia

² Federal Research Center for Virology and Microbiology; Saratov Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. 53-i Strelkovoi Divizii, 6, Saratov 410028, Russia

ABSTRACT

Introduction. West Nile fever is a zoonotic transmissible disease caused by flavivirus that primarily circulates in nature within an enzootic cycle between mosquitoes and birds, and causes disease cases in humans, horses, and other mammals. The rapid expansion of the West Nile fever pathogen range, development of outbreaks with severe clinical manifestations, and the lack of specific preventive tools have been the main arguments for classifying it as a potentially dangerous

© Михалева Т. В., Гасанов Р. Р., Коннова С. С., Лунина Д. А., 2026

threat to global health. The close interconnection between human health, animal health, and ecosystems necessitates communication and coordination across the relevant sectors. One Health is an integrated, unifying approach aimed at optimizing the health of humans, animals, and ecosystems involving public health, veterinary and environment protection authorities.

Objective. Analysis of basic epizootological data on the spread of West Nile fever in the Russian Federation.

Materials and methods. The following international and Russian databases were used for literature searching: PubMed, Springer, Google Scholar, CrossRef and Russian Science Citation Index (RSCI), eLibrary, CyberLeninka, respectively. The searching was performed based on the following key words: West Nile fever, One Health, migration of birds, invertebrate hosts, control measures.

Results. In Russia, West Nile virus was first isolated in Astrakhan Oblast in 1963. Currently, presence of the pathogen has been proven in the southern and central regions of the European part of the country, in the south of Western Siberia and the Far East. The lack of disease monitoring in some Russian regions and small numbers of samples tested in most subjects of the Russian Federation hinder an objective assessment of the disease situation, so there is a need to increase the number of tests. It has been shown that the main carriers of the pathogen in our country are mosquitoes of the genera *Culex*, *Anopheles* and *Aedes*, ixodid, argasid and gamasid ticks are also involved in maintaining the virus circulation. The review describes the role of birds in the pathogen transmission, provides data on susceptibility of animals to the infection, discusses modern aspects of West Nile fever diagnosis, prevention and control.

Conclusion. Surveillance of West Nile fever presents a considerable challenge, as the virus circulates among humans, arthropods, and birds. While vaccination is an effective preventive tool, no vaccines against the disease have yet been developed in Russia. In this context, strengthening inter-authority coordination and implementing environmental control measures to limit the virus spread are essential priorities.

Keywords: review, West Nile fever, One Health, migration of birds, invertebrate hosts, control measures

Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology.

For citations: Mikhaleva T. V., Gasanov R. R., Konnova S. S., Lunina D. A. Applying One Health approach to the study of West Nile fever in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 20–27. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>

Conflict of interests: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this paper.

For correspondence: Tatyana V. Mikhaleva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Academic Secretary, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia, tatyanamikhaleva@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Зоонозы являются причиной миллиардов случаев заболеваний людей по всему миру, представляя собой значительную проблему общественного здравоохранения [1]. Огромное разнообразие биологических видов, обитающих на территории Российской Федерации, создает благоприятные условия для развития инфекционных заболеваний, в том числе передающихся членистоногими. Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) – зоонозное трансмиссивное заболевание, вызываемое флавивирусом, который чаще всего циркулирует в природе в энзоотическом цикле между комарами и птицами и является причиной возникновения болезни у людей, лошадей и других млекопитающих [2, 3, 4]. Вирус Западного Нила (ВЗН) был обнаружен более чем у 300 видов птиц, включая дикие, домашние и синантропные виды. Миграционные пути птиц, гнездящихся на обширных пространствах России и зимующих в южных странах, определяют возможность заноса вируса с мест зимовок с дальнейшим формированием сезонных или стойких природных очагов [5]. Стремительное расширение ареала ВЗН, развитие специфической профилактики послужили главными аргументами при отнесении вируса к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению, что было учтено Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в Международных медико-санитарных правилах¹ [6]. Тесная взаимосвязь между здоровьем людей, животных и экосистемой требует сотрудничества, коммуникации и координации между соответствующими секторами. Принцип «Единое здоровье» (One Health) – это интегрированный, объединяющий подход, направленный на устойчивое равновесие и оптимизацию здоровья людей, животных и экосистем, включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды [7, 8]. Применение данного подхода является

ключом к получению всестороннего понимания эпизоотической ситуации по ЛЗН и борьбы с заболеванием.

Цель обзора – анализ основных эпизоотологических данных о распространении ЛЗН на территории РФ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск источников литературы осуществлялся с использованием международных (PubMed, Springer, Wiley Online Library, Google Scholar, CrossRef) и российских (РИНЦ, eLibrary, КиберЛенинка) баз данных научного цитирования. Отбор материала проводился по ключевым словам: лихорадка Западного Нила (West Nile fever), единое здоровье (One Health), миграция птиц (bird migration), беспозвоночные хозяева (invertebrate hosts), меры контроля (control measures).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возбудитель лихорадки Западного Нила – флавивирус, в естественном цикле передачи которого участвуют птицы и комары, а люди, лошади и другие млекопитающие являются случайными или тупиковыми хозяевами [9, 10]. В соответствии с классификацией Международного комитета по таксономии вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, Release 2022) ВЗН принадлежит к роду *Orthoflavivirus* семейства *Flaviviridae* и представляет собой небольшой (около 50 нм в диаметре) сферический оболочечный флавивирус, геном которого состоит из одноцепочечной молекулы РНК положительной полярности, кодирующей три структурных и семь неструктурных белков [11, 12]. На основании филогенетического анализа ВЗН был сгруппирован в 9 линий [13]. Штаммы линий 1 и 2 являются наиболее вирулентными и способны вызывать вспышки инфекции с тяжелыми неврологическими признаками [14, 15, 16].

Впервые возбудитель ЛЗН был выделен в 1937 г. от женщины в округе Западный Нил в Уганде (Африка). С тех пор вирус широко распространился по всему миру, вызывая вспышки заболевания среди людей и животных на всех континентах, включая большую часть Африки, Восточной

¹ International Health Regulations (2005). 3rd ed. WHO; 2016. 74 p. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241580496>



Рис. 1. Административные территории РФ, в которых зафиксированы случаи заболевания людей ЛЗН в 2024 г. (по данным ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора²)

Fig. 1. Administrative territories of the Russian Federation where West Nile fever human cases were reported in 2024 (according to the data of the Volgograd Plague Control Research Institute of the Rospotrebnadzor²)

и Южной Европы, Северной Америки, Западной Азии и Ближнего Востока. Вспышки инфекции среди людей были зарегистрированы в Южной Африке, США, Алжире, Тунисе, Марокко, Румынии, Израиле, Италии, Греции. Эпизоотии с участием лошадей происходили в Марокко и Италии. В России прямые доказательства присутствия ВЗН впервые получены в 1963 г. при изучении очагов крымской геморрагической лихорадки в Астраханской области. Южные регионы страны являются эндемичными по данному заболеванию, но глобальное изменение климата стало причиной того, что инфекция начала встречаться в центральной части России и Поволжье. В настоящее время присутствие возбудителя ЛЗН доказано в южных и центральных регионах европейской части России, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока [6, 17, 18, 19, 20].

Люди очень восприимчивы к ВЗН, но считаются тупиковыми хозяевами. Примерно 80% случаев заражения человека ВЗН протекают бессимптомно. В большинстве симптоматических случаев (20%) у пациентов наблюдается легкая лихорадка, связанная с миалгией, артралгией, головной болью, усталостью, кишечными расстройствами, сыпью, увеличением лимфатических узлов. Менее чем у 1% из них развиваются серьезные неврологические осложнения, проявляющиеся различными патологиями, такими как менингит или менингоэнцефалит, острый вялый паралич, заболевания глаз. Энцефалит является наиболее тяжелой неврологической формой, которая иногда может быть фатальной, особенно у пожилых людей и лиц с ослабленным иммунитетом. Персистентную инфекцию, обусловленную ВЗН, у людей оценить довольно сложно, однако наличие вируса в моче на протяжении 9 лет после заражения показывает, что почечная инфекция может сохраняться годами. Следовательно, ВЗН может вызывать хроническое заболевание людей [11, 19].

Эпидемиологический надзор за природно-очаговыми инфекциями с трансмиссивным механизмом передачи в нашей стране осуществляет ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора. На базе института действуют референс-центры по ЛЗН, лихорадке Зика, клещевым инфекциям и др. По данным референс-центра по мониторингу возбудителя ЛЗН, в 2024 г. случаи заболевания людей были зарегистрированы в 33 субъектах Российской Федерации (рис. 1). Лабораторные исследования птиц на наличие маркеров ВЗН в 2024 г. проводили в 34 субъектах, что составляет только 38,2%

от общего числа административных территорий РФ. Инфицированность комаров была исследована в 76 субъектах (85,4% от общего числа административных территорий РФ), клещей – в 58 субъектах (65,2%). Обследование крупных млекопитающих на наличие антител к ВЗН проводили в 5 субъектах, выявляемость маркеров вируса составила 3,4%.

Отсутствие эпизоотологического мониторинга ЛЗН в отдельных регионах страны и низкие объемы исследуемого материала в большинстве субъектов не позволяют дать объективную оценку эпизоотической ситуации, поэтому имеется необходимость в увеличении числа проводимых исследований. В связи с этим обмен данными по надзору за ЛЗН между различными ведомствами позволил бы получить более полное представление об эпидемиологии и эпизоотологии возбудителя и улучшить меры профилактики и контроля болезни. Для этого необходимо создать единую межотраслевую базу данных на основе комплексных систем наблюдения за животными и окружающей средой, а механизм обмена данными должен быть прозрачным и стандартизированным [21].

Экология вируса. ВЗН поддерживается в биологическом цикле «птица – комар – птица», где птицы выступают в качестве усиливающих хозяев. Комары заражаются, питаясь кровью инфицированных птиц, и остаются носителями вируса на протяжении всей своей жизни. Животным и людям возбудитель болезни передается через укусы комаров (в основном рода *Culex*), от матери плоду во время беременности, а также может попадать в организм при трансплантации органов и переливании крови [2, 22, 23]. Биологический цикл распространения ВЗН представлен на рисунке 2.

После попадания в организм комара вирус сначала поражает среднюю кишку насекомого, затем пересекает барьер средней кишки и распространяется по гемолимфе в другие органы, включая слюнные железы, инфицирование которых является предпосылкой для передачи возбудителя новым восприимчивым позвоночным хозяевам. Во время укусов комаров вирус попадает в организм людей и животных, где он может размножаться и приводить к болезни [19].

² Итоги эпизоотологического мониторинга за лихорадкой Западного Нила в 2024 году в Российской Федерации (по данным ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора). http://vniipchi.rospotrebnadzor.ru/s/203/files/directions/centre/lixoradka/analiz/145607_505.pdf

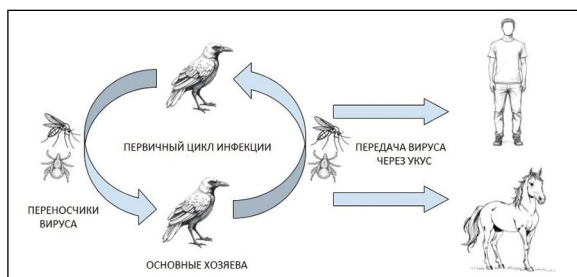


Рис. 2. Биологический цикл распространения ВЗН (рисунок подготовлен Д. А. Луниной)

Fig. 2. Biological cycle of West Nile virus transmission (the drawing was prepared by D. A. Lunina)

При этом ВЗН не вызывает явного заболевания у комаров [24]. Также возможна вертикальная передача вируса, при которой он может поддерживаться в популяциях комаров путем прямой передачи от инфицированной самки комара ее потомству. Куколки комаров могут заражаться при экспериментальном воздействии инфекционных выделений комара, что свидетельствует о возможности поддерживать резервуар инфекции в комарах без циклического перехода к позвоночным хозяевам [25].

У людей, позвоночных животных и птиц после укуса инфицированного комара ВЗН размножается в различных клетках, включая кератиноциты, нейтрофилы и моноциты, и распространяется через кровоток в периферические органы, такие как печень, почки и селезенка. Чтобы достичь мозга, вирусу необходимо пересечь гематоэнцефалический барьер, что может происходить двумя основными путями: первый включает аксональный ретроградный транспорт по спинному мозгу, а второй – транспорт по кровеносным сосудам [19].

Из 100 видов кровососущих комаров, обитающих в России, маркеры ВЗН обнаружены в представителях следующих видов: *Culex modestus* Fic., *Cx. pipiens* L. (неавтогенная форма *Cx. pipiens f. pipiens* и автогенная форма *Cx. pipiens f. molestus*), *Anopheles maculipennis* Mg., *An. claviger* Mg., *An. hyrcanus* Pall., *An. messeae* Pall., *Aedes cinereus* Mg., *Ae. geniculatus* Oliv., *Ae. vexans* Mg., *Ae. caspius* Pall., *Ae. pulchritarsis* Rond., *Ae. albopictus* Sk., *Ae. cataphylla* Dyar, *Ae. flavescens* Mull., *Ae. excrucians* Walk., *Ae. cantans* Mg., *Culiseta annulata* Schr., *Coquillettidia richiardii* Fic., *Uranotaenia unguiculata* Edw. На модели Астраханской области показано, что в антропогенных биоценозах эпидемически значимыми переносчиками являются комары *Cx. pipiens*, *An. hyrcanus*, *Coq. richiardii*, *An. messeae*, в природных биоценозах – *An. hyrcanus*, *Coq. richiardii*. В другом активном очаге ЛЗН – Волгоградской области – высокие показатели инфицированности ВЗН установлены для комаров *Cx. modestus*, *Cx. pipiens*, *An. maculipennis*, *An. hyrcanus* [6, 26]. Таким образом, комары родов *Culex*, *Anopheles* и *Aedes* – основные переносчики ВЗН на территории РФ. Род *Culex* является орнитофильным и очень агрессивен по отношению к человеку. Наибольшая численность комаров рода *Culex* наблюдается в июле – августе. В этот же период происходит подъем заболеваемости среди людей, которому обычно предшествуют эпизоды среди диких, а затем домашних и синантропных птиц [27].

Эпизоотологическое значение также имеет высокая численность клещей в регионе. В поддержании циркуляции ВЗН на территории России принимают участие иксодовые, аргасовые и гамазовые клещи. Считается, что клещи семейств *Ixodidae* и *Argasidae* играют второстепенную роль в передаче вируса, при этом их значимость заключается в перезимовке вируса. Маркеры вируса (антиген, РНК) выявлены в энтомологическом материале, и изоляты ВЗН получены от клещей 12 видов, из них наиболее часто на юге

европейской части страны от *Hyalomma marginatum*, *H. scutense*, *Rhipicephalus rossicus*, *Dermacentor reticulatus* [6, 28]. В отдельные годы зараженность клещей *H. marginatum* в антропогенных биоценозах дельты Волги значительно превышала таковую у комаров. Кроме того, у урановых птиц обнаружена высокая заклещеванность (до 300 экземпляров на птице) личинками и нимфами *H. marginatum*, что может говорить о существенной значимости клещей в сохранении вируса [29].

Повышенная температура окружающей среды может усилить репликацию вируса и сократить инкубационный период внутри переносчиков, что способствует циркуляции вируса и возникновению вспышек инфекции [30]. Засуха уменьшает поток воды, тем самым создавая стоячие водные бассейны с более высокой концентрацией органических веществ, которые являются идеальными условиями для размножения комаров. Птицы собираются вокруг небольших водоемов во время засухи, и это усиливает взаимодействие птиц и комаров. Хотя инфицированные комары могут распространять ВЗН на большие расстояния как без посторонней помощи (например, с помощью ветровых потоков), так и с помощью транспортных средств (например, на лодках или самолетах), основным путем распространения ВЗН являются инфицированные перелетные птицы, которые переносят ВЗН в новые районы [31].

Роль птиц в передаче ВЗН. Птицы обладают физической способностью перемещаться по континентам на тысячи километров за несколько дней, пересекая географические барьеры, такие как горы, пустыни и моря. Межконтинентальное перемещение диких птиц через обширные географические зоны способствует обмену патогенами между регионами и популяциями. Во время своего путешествия перелетные птицы распространяют различные инфекционные агенты, и считается, что они ответственны за широкое географическое распространение некоторых арбовирусов. Циркуляция возбудителя ЛЗН в природе может быть связана с лесным циклом распространения, включающим диких птиц и орнитофильных комаров, и с городским циклом, включающим синантропных и домашних птиц. Перелетные птицы играют решающую роль в заносе ВЗН, тогда как резидентные виды, обитающие на определенной территории, участвуют в амплификации и локальной циркуляции вирусов. При этом возбудитель ЛЗН может зимовать в инфицированных самках комаров, а также в птицах, что устраняет необходимость в постоянном повторном заносе мигрирующими видами [32, 33].

Наиболее частым механизмом заражения у птиц является укус комаров, которые ранее были инфицированы от другой (зараженной) птицы. У многих видов птиц после инфицирования не развиваются какие-либо симптомы заболевания. Однако некоторые виды, такие как вороны, сойки и хищные птицы, могут погибнуть от инфекции. Другой механизм передачи ВЗН – контактный. Он может привести к заражению, так как некоторые виды птиц выделяют большое количество вируса с клоакальными экскретами. Контактная передача может быть эпизоотически значимой, когда большое количество птиц концентрируется в одном районе (в гнездовых колониях или на остановках во время миграции). У хищных птиц, таких как ястребообразные, совообразные и др., вирус может передаваться при питании инфицированными птицами и другими позвоночными, восприимчивыми к ВЗН, которые служат добычей для хищных птиц либо являются падалью. Длительное сохранение возбудителя ЛЗН в тканях инфицированных животных может увеличить вероятность заражения хищных птиц даже через несколько месяцев после окончания сезона лёта комаров, что обеспечивает механизм перезимовки вируса [34].

Через территорию России проходят пять основных миграционных путей диких птиц: восточно-атлантический,

средиземноморско-черноморский, западноазиатско-африканский, центральноазиатский и восточноазиатско-австралийский³. При этом разные популяции одного и того же вида могут использовать разные пролетные пути, а могут и один. На территорию Российской Федерации птицы заносят вирус из стран Африки, Юго-Западной и Юго-Восточной Азии. Из Африки занос ВЗН в европейскую часть России осуществляют птицы, придерживающиеся осенью южного и юго-западного направления перелета: озёрная чайка, перепела, ласточки, утки, кулики, грачи, скворцы и многие другие. Юго-западное направление осеннего перелета свойственно и птицам Западной Сибири: гуси, утки, кулики, чайки, воробьинообразные. Различия в путях миграции птиц и определяют факт существования очагов инфекции, сформированных разными генотипами на сопредельных территориях как в Европе, так и в России. Даже в Волгоградской и Астраханской областях отличаются как видовой состав, так и пути миграции перелетных птиц [27].

Пути миграции птиц в центральных районах европейской части России проходят в меридиональном направлении в основном по долинам рек. Места концентрации располагаются по водохранилищам, озерам и заболоченным территориям. Весенняя миграция происходит с середины марта по май, осенняя – с сентября по октябрь. В эти периоды кругло-суточные перелеты совершают утки, гуси, журавли, чайки и другие птицы околотовского комплекса. Более 50 видов птиц были вовлечены в передачу вируса на водно-болотных угодьях и в окрестностях дельты Волги. Среди диких птиц как хозяева вируса чаще всего были идентифицированы аисты и другие птицы отряда голенастые (аистообразные), а также большой баклан (*Phalacrocorax carbo*), лысуха (*Fulica atra*), камышница (*Gallinula chloropus*), большая поганка (*Podiceps cristatus*), чайка и крачка (семейство *Laridae*) [26].

Птицы различаются по восприимчивости к инфекции и тяжести заболевания. Некоторые виды практически не проявляют симптомы инфекции, но остаются вируемичными в течение нескольких дней после заражения, а затем вырабатывают пожизненный иммунитет. У других видов возникают тяжелые неврологические состояния и наступает внезапная смерть [18, 22, 35]. Большинство видов домашних птиц невосприимчивы к заболеванию. У птиц отряда курообразных (куры, фазаны, цесарки, индейки) заболеваемость и смертность отсутствуют, а вируемичность очень низкая. Хищные птицы (ястребы, совы, орлы), напротив, явно восприимчивы к естественному заражению и демонстрируют широкий спектр клинических признаков [34]. У некоторых видов птиц вирус поражает центральную нервную систему и такие органы, как сердце, печень, селезенка и почки. Симптомы варьируют от потери веса, летаргии, нарушения зрения до неврологических признаков, включая слабость, потерю координации, наклон головы и тремор [19].

Члены семейства врановых (вороны, сойки, сороки) особенно важны в качестве маркеров циркуляции ВЗН, поскольку у них развивается смертельный энцефалит, что стоит расценивать как индикатор активности вируса в новых эндемичных районах. Так, гибель американских воронов (*Corvus brachyrhynchos*) около зоопарка Бронкса в 1999 г. возвестила о появлении в регионе ВЗН, и с тех пор эти птицы служат полезным индикатором данного заболевания [36].

Восприимчивые животные. Некоторые дикие позвоночные, такие как белки, бурундуки, домовые мыши, хомяки, летучие мыши, медведи, волки, тигры, львы, полосатые скунсы, еноты и крокодилы, также подвержены воздействию ВЗН. Кабаны являются идеальными индикаторными животными для выявления циркуляции возбудителя ЛЗН, поскольку они часто контактируют с инфицированными комарами в есте-

ственной среде обитания (лесных ландшафтах), а также имеют подходящие физические характеристики (низкая плотность шерсти и тонкий эпидермис), что является предпочтительным для комаров. Использование альтернативных индикаторов может помочь в обнаружении путей передачи ВЗН за пределами энзоотического цикла «птица – комар – птица». В частности, наблюдение за дикими млекопитающими может охватывать разнообразные места обитания и временные интервалы, в течение которых может происходить передача вируса [37]. Из домашних животных к ВЗН восприимчивы лошади, коровы, овцы, свиньи, собаки, кошки и другие, но их роль в поддержании цикла ВЗН в природе пока не определена [11]. Как правило, у этих видов развивается недостаточная для передачи вируса вируемичность, и они считаются случайными или тупиковыми хозяевами [17].

Инфицирование лошадей ВЗН в большинстве случаев протекает субклинически, однако у некоторых животных все же могут наблюдаться клинические признаки болезни. В результате экспериментального заражения установлено, что инкубационный период до появления первых неврологических признаков у лошадей составляет 7–9 сут. Наиболее распространенными клиническими признаками являются слабость, анорексия, потеря аппетита и летаргия, развиваются заболевания глаз, хотя слепота считается одним из самых редких клинических проявлений. Чаще всего могут наблюдаться энтероколит, колики, выпадение прямой кишки, хромота, боль в шейном и грудном отделах, анемия, воспаление языка, желтуха (указывающая на поражение печени) и нарушение мочеиспускания (указывающее на поражение почек). Нейроинвазивные формы проявляются приблизительно на 7-е сут после экспериментального инфицирования и характеризуются атаксией, мышечной слабостью, лихорадкой, анорексией, летаргией, скрежетом зубов, гидрофобией, тревогой, круговыми движениями, генерализованным мышечным тремором и лицевым параличом. ВЗН преимущественно поражает мотонейроны черепных нервов среднего и ромбовидного мозга, что приводит к появлению таких клинических признаков, как затрудненное глотание, слюнотечение и односторонний паралич лицевого нерва. У лошадей в наибольшей степени поражаются спинной мозг и серое вещество среднего и ромбовидного мозга, тогда как кора головного мозга, по-видимому, затронута в меньшей степени. Уровень смертности лошадей, страдающих нейроинвазивными заболеваниями, составляет от 22 до 36%, при этом он выше у пожилых лошадей и лошадей с ослабленным иммунитетом, а также у жеребят младше 12 мес. [38, 39].

Идентификация вируса. Диагностика ЛЗН играет ключевую роль в изучении вируса и отслеживании эпидемиологической обстановки по данному заболеванию. Учитывая риск субклинического течения инфекции, диагностические исследования включают лабораторные методы с использованием комплекса тестов для подтверждения наличия вируса и дифференциальной диагностики с другими ортофлавиовирусными заболеваниями. Точная постановка диагноза требует сочетания молекулярных, серологических и вирусологических методов, что обеспечивает комплексный подход к выявлению болезни.

В последнее время диагностика ЛЗН претерпела значительные изменения с внедрением современных методов молекулярной диагностики. Эти технологии существенно повысили чувствительность, специфичность и общую эффективность выявления этой потенциально опасной инфекции. В частности, полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) – это молекулярный диагностический инструмент, который позволяет обнаружить РНК ВЗН в крови, спинномозговой жидкости или образцах тканей на ранних стадиях инфекции, особенно в случае наличия тяжелых неврологических симптомов, таких как

³ Краснова Е. Д. О птичьих перелетах. РОСИП. <https://birdsrussia.ru/about/articles/e-d-krasnova-o-ptichikh-pereletakh>

энцефалит или менингит. Этот метод бесценен для обнаружения вируса во время острой фазы инфекции, хотя диагностическое окно относительно короткое и обычно ограничивается первыми несколькими днями после заражения. ОТ-ПЦР в реальном времени дает более комплексные результаты, позволяя определить вирусную нагрузку, что имеет решающее значение для мониторинга циркуляции вируса в популяциях людей и животных, а также переносчиков – комаров [38]. Внедрение количественной ОТ-ПЦР для выявления РНК возбудителя в моче стало важным инструментом, особенно при подтверждении нейроинвазивных форм ЛЗН. По сравнению с анализом крови данный подход позволяет обнаруживать вирус в моче в более высоких концентрациях и на протяжении более длительного времени, что способствует увеличению числа выявляемых случаев. Более того, применение цельной крови для ПЦР-тестирования, как показано во время вспышки в Аризоне в 2021 г., оказалось более эффективным, чем использование спинномозговой жидкости или сыворотки крови. Такой подход обеспечивает более быстрое и точное получение диагностических данных, что критически важно для своевременного и эффективного лечения нейроинвазивных форм заболевания [40].

Наиболее часто используемые серологические методы обнаружения антител к ВЗН включают иммуноферментный анализ (ИФА) и реакции нейтрализации. Антитела можно выявить в сыворотке крови лошадей с помощью твердофазного ИФА с захватом IgM и IgG, реакции торможения гемагглютинации (РТГА), реакции нейтрализации бляшкообразования (РНБО) и реакции микронейтрализации вируса (PMN). ИФА с захватом IgM позволяет обнаружить антитела, которые появились в сыворотке крови лошадей в период первых клинических признаков. Данные иммуноглобулины обычно вырабатываются на 7–10-й день после инфицирования и сохраняются до 1–2 мес. Специфические антитела класса G к ВЗН обнаруживаются вскоре после IgM и сохраняются в течение многих лет, поэтому наличие только IgG свидетельствует лишь о перенесенной инфекции [11]. Антитела, нейтрализующие ВЗН, выявляются в сыворотке крови лошадей через две недели после инфицирования и могут сохраняться более года. В некоторых серологических исследованиях возможны перекрестные реакции антител с близкородственными флавивирусами, такими как вирус Усуту, энцефалита Сент-Луис, японского энцефалита или клещевого энцефалита. Для дифференциации ВЗН от других флавивирусов используется РНБО.

Вирус способен размножаться в восприимчивых клеточных культурах, таких как клетки почек кролика (RK-13) и клетки почек африканской зеленой мартышки (Vero), а также в куриных яйцах с развивающимися эмбрионами. Для первичного выделения вируса могут использоваться куриные эмбрионы или клеточные линии *Aedes albopictus* C6/36, после чего проводится пассирование в клетках млекопитающих. Для проявления цитопатического эффекта может потребоваться несколько пассажей. Подтверждение наличия ВЗН осуществляется с помощью непрямого флуоресцентного окрашивания инфицированных культур или методов детекции нуклеиновой кислоты [41].

Методы иммуногистохимии позволяют выявить макроскопическую и микроскопическую патологию, связанную с энцефалитом Западного Нила, в тканях центральной нервной системы [42].

Лечение и профилактика болезни. Принципы лечения ЛЗН являются чисто симптоматическими и включают в себя поддержание адекватной гидратации и купирование боли, связанной с воспалением. У пациентов с тяжелыми неврологическими симптомами часто требуются контроль судорог и респираторная поддержка [34].

Мировые стратегии профилактики ЛЗН включают в себя два подхода: вакцинацию и борьбу с комарами. Иммунизация

представляется наиболее эффективной мерой противодействия флавивирусам, особенно в группах высокого риска. Однако, несмотря на то что было разработано несколько вакцин – кандидатов против ЛЗН для людей, ни одна из них не была лицензирована. В настоящее время несколько вакцин для людей проходят I и II фазы клинических испытаний. Стратегии разработки включают живые аттенуированные вакцины, субъединичные вакцины и рекомбинантные ДНК-вакцины [43].

Вакцины для ветеринарного применения направлены на профилактику заражения животных, восприимчивых к ВЗН. По данным американских ученых, в США лицензированы четыре вакцины против ЛЗН для лошадей: две инактивированные цельновиральные; модифицированная живая рекомбинантная, содержащая в качестве вектора вирус оспы канареек, и химерная вакцина, которая объединяет антиген ВЗН с инактивированным флавивирусом [44, 45]. Вакцины против ЛЗН доказали свою защитную силу, и их использование в значительной степени способствовало снижению заболеваемости лошадей в США. Однако, несмотря на доказанную эффективность данных вакцин, они все еще имеют некоторые ограничения, к ним относятся необходимость повторных введений при первоначальной иммунизации и относительно короткая продолжительность иммунитета, что делает необходимыми ежегодные ревакцинации. Следовательно, эти аспекты должны быть учтены для улучшения существующих вакцин и вакцин-кандидатов, находящихся на стадии разработки [11]. Препараты для защиты собак, кошек, крупного рогатого скота, свиней, крокодилов и птиц от инфицирования ВЗН находятся на стадии разработки.

В России эффективные и безопасные вакцины против ЛЗН пока не разработаны, что становится причиной регулярного возникновения вспышек как в эндемичных, так и неэндемичных районах. В связи с этим особое внимание должно уделяться профилактическим мерам, направленным на снижение распространения вируса в окружающей среде, в том числе среди птиц, животных и комаров. Чтобы предотвратить заражение ВЗН, нужно защищаться от укусов комаров, использовать репелленты, москитные сетки, фумигаторы, контролировать, чтобы на садовых и дачных участках не было емкостей с затхлой водой, избегать нахождения в заболоченных местах, а при посещении лесопарковых зон и берегов водоемов носить закрытую одежду. Также следует исключить прямой контакт с больными или мертвыми птицами, включая их фекалии и перья; надевать перчатки, если необходимо подбирать птиц, например, чтобы отвезти их в ветеринарный центр; тщательно мыть руки после обращения с птицей и любыми поверхностями, с которыми она соприкасалась; в случае подозрения на возникновение ЛЗН среди людей, домашних животных и птиц своевременно информировать об этом официальные органы здравоохранения и государственного ветеринарного надзора [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вирус Западного Нила не классифицируется как вирус – кандидат на пандемию, поскольку его распространение и клиническая значимость варьируются в зависимости от региона и условий окружающей среды. Тем не менее он вызывает значительный интерес у исследователей различных направлений, включая медиков, работников общественного здравоохранения, экологов, ветеринаров, эпидемиологов и специалистов по инфекционным болезням. Это связано со способностью ВЗН вызывать тяжелые неврологические состояния у людей, особенно у лиц пожилого возраста и пациентов с ослабленным иммунитетом, что делает его потенциальной угрозой для уязвимых групп населения. Кроме того, клинические проявления ЛЗН можно наблюдать у животных и птиц, что подчеркивает значение ВЗН как зоонозного возбудителя. Тенденция глобального

изменения климата, наблюдаемая в последние десятилетия, способствует расширению ареала обитания переносчиков арбовирусов и, соответственно, увеличивает риск распространения патогенов в новые, ранее не эндемичные районы. Это может привести к изменению эпидемиологической картины и появлению новых очагов инфекции. Учитывая данные факторы, ВЗН заслуживает пристального внимания со стороны научного сообщества и органов здравоохранения. Его можно отнести к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению, особенно в условиях устойчивого изменения климата [46].

В настоящее время исследования сосредоточены на разработке и совершенствовании новых методов диагностики, лечения и профилактики ЛЗН. Особое внимание уделяется молекулярной диагностике, позволяющей быстро и точно выявлять вирус в биологических образцах. Также активно изучаются иммунологические аспекты болезни, включая механизм формирования иммунитета и возможные пути создания эффективных вакцин. Иммунизация является одним из наиболее эффективных средств профилактики болезней, и разработка вакцины против ЛЗН могла бы стать важным прорывом в борьбе с этой инфекцией, особенно для групп риска. Однако на сегодняшний день иммунологические профилактические препараты против ЛЗН в России не разработаны и не сертифицированы. В связи с этим комплексный подход «Единое здоровье», включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды, мог бы стать наиболее эффективным и действенным механизмом борьбы с лихорадкой Западного Нила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Weissenböck H., Hubálek Z., Bakonyi T., Nowotny N. Zoonotic mosquito-borne flaviviruses: worldwide presence of agents with proven pathogenicity and potential candidates of future emerging diseases. *Veterinary Microbiology*. 2010; 140 (3–4): 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.jvetmic.2009.08.025>
- Gossner C. M., Marrama L., Carson M., Allerberger F., Calistri P., Dilaveris D., et al. West Nile virus surveillance in Europe: moving towards an integrated animal-human-vector approach. *Eurosurveillance*. 2017; 22 (18):30526. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2017.22.18.30526>
- Pervanidou D., Kefaloudi C. N., Vakali A., Tsakalidou O., Karatheodorou M., Tsioka K., et al. The 2022 West Nile virus season in Greece; a quite intense season. *Viruses*. 2023; 15 (7):1481. <https://doi.org/10.3390/v15071481>
- De Freitas Costa E., Streng K., Avelino de Souza Santos M., Counotte M. J. The effect of temperature on the boundary conditions of West Nile virus circulation in Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2024; 18 (5):e0012162. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012162>
- Львов Д. К., Писарев В. Б., Петров В. А., Григорьева Н. В. Лихорадка Западного Нила: по материалам вспышек в Волгоградской области в 1999–2002 гг. Волгоград: Издатель; 2004. 102 с.
- Lvov D. K., Pisarev V. B., Petrov V. A., Grigorieva N. V. West Nile fever: data on the disease outbreaks in Volgograd Oblast in 1999–2002. Volgograd: Izdatel'; 2004. 102 p. (in Russ.)
- 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): 138–149. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.13>
- Toporkov A. V., Putintseva E. V., Udovichenko S. K. West Nile fever as a relevant health hazard: the history of studying and measures of its prevention in Russia. *Health Risk Analysis*. 2023; (3): 124–135. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.13.eng>
- Tucker C., Keyel J., Blue A., Chun R., Estrada A., Khalili H., et al. The intersection of interprofessional education and One Health: a qualitative study in human and veterinary medical institutions. *One Health*. 2024; 19:100767. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100767>
- Bansal D., Jaffrey S., Al-Emadi N. A., Hassan M., Islam M. M., Al-Baker W. A. A., et al. A new One Health framework in Qatar for future emerging and re-emerging zoonotic diseases preparedness and response. *One Health*. 2023; 16:100487. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100487>
- Young J. J., Coulombier D., Domanović D., European Union West Nile fever working group, Zeller H., Gossner C. M. One Health approach for West Nile virus surveillance in the European Union: relevance of equine data for blood safety. *Eurosurveillance*. 2019; 24 (16):1800349. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2019.24.16.1800349>
- Calistri P., Giovannini A., Hubalek Z., Ionescu A., Monaco F., Savini G., Lelli R. Epidemiology of West Nile in Europe and in the Mediterranean Basin. *The Open Virology Journal*. 2010; (4): 29–37. <https://doi.org/10.2174/1874357901004010029>
- Saiz J.-C., Martín-Acebes M. A., Blázquez A. B., Escribano-Romero E., Poderoso T., Jiménez de Oya N. Pathogenicity and virulence of West Nile virus revisited eight decades after its first isolation. *Virulence*. 2021; 12 (1): 1145–1173. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1908740>
- Petersen L. R., Brault A. C., Nasci R. S. West Nile virus: review of the literature. *Journal of the American Medical Association*. 2013; 310 (3): 308–315. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.8042>
- Rizzoli A., Jiménez-Clavero M. A., Barzon L., Cordioli P., Figuerola J., Koraka P., et al. The challenge of West Nile virus in Europe: knowledge gaps and research priorities. *Eurosurveillance*. 2015; 20 (20):21135. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2015.20.20.21135>
- Bakonyi T., Ivanics É., Erdélyi K., Ursu K., Ferenczi E., Weissenböck H., Nowotny N. Lineage 1 and 2 strains of encephalitic West Nile virus, Central Europe. *Emerging Infectious Diseases*. 2006; 12 (4): 618–623. <https://doi.org/10.3201/eid1204.051379>
- Mann R. A., Fegan M., O'Riley K., Motha J., Warner S. Molecular characterization and phylogenetic analysis of Murray valley encephalitis virus and West Nile virus (Kunjin subtype) from an arbovirus disease outbreak in horses in Victoria, Australia, in 2011. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2013; 25 (1): 35–44. <https://doi.org/10.1177/1040638712467985>
- Antonov A. S., Shpak I. M., Ustinov D. V., Izherdeeva M. P., Guseva A. N., Galkina A. Y., et al. Phylogenetic analysis and molecular genetic characteristics of West Nile virus lineage 2 isolates circulating in the Russian Federation. *Virus Genes*. 2024; 60 (4): 370–376. <https://doi.org/10.1007/s11262-024-02079-2>
- Ganzenberg S., Sieg M., Ziegler U., Pfeffer M., Vahlenkamp T. W., Hörügel U., et al. Seroprevalence and risk factors for equine West Nile virus infections in Eastern Germany, 2020. *Viruses*. 2022; 14 (6):1191. <https://doi.org/10.3390/v14061191>
- Reed K. D., Meece J. K., Henkel J. S., Shukla S. K. Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clinical Medicine & Research*. 2003; 1 (1): 5–15. <https://doi.org/10.3121/cmr.1.1.5>
- Fiacre L., Pagès N., Albina E., Richardson J., Lecollinet S., Gonzalez G. Molecular determinants of West Nile virus virulence and pathogenesis in vertebrate and invertebrate hosts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21 (23):9117. <https://doi.org/10.3390/ijms21239117>
- Mencattelli G., Ndione M. H. D., Silverj A., Diagne M. M., Curini V., Teodori L., et al. Spatial and temporal dynamics of West Nile virus between Africa and Europe. *Nature Communications*. 2023; 14 (1):6440. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42185-7>
- Liu J.-S., Li X.-C., Zhang Q.-Y., Han L.-F., Xia S., Kassegne K., et al. China's application of the One Health approach in addressing public health threats at the human-animal-environment interface: Advances and challenges. *One Health*. 2023; 17:100607. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100607>
- Williams R. A. J., Sánchez-Llatas C. J., Doménech A., Madrid R., Fandiño S., Cea-Callejo P., et al. Emerging and novel viruses in passerine birds. *Microorganisms*. 2023; 11 (9):2355. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092355>
- Young J. J., Haussig J. M., Aberle S. W., Pervanidou D., Riccardo F., Sekulić N., et al. Epidemiology of human West Nile virus infections in the European Union and European Union enlargement countries, 2010 to 2018. *Eurosurveillance*. 2021; 26 (19):2001095. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2021.26.19.2001095>
- Habrugira G., Suen W. W., Hobson-Peters J., Hall R. A., Bielefeldt-Ohmann H. West Nile virus: an update on pathobiology, epidemiology, diagnostics, control and "One Health" implications. *Pathogens*. 2020; 9 (7):589. <https://doi.org/10.3390/pathogens9070589>
- Hamel R., Narpon Q., Serrato-Pomar I., Gauliard C., Berthomieu A., Wicht S., et al. West Nile virus can be transmitted within mosquito populations through infectious mosquito excreta. *iScience*. 2024; 27 (11):111099. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111099>
- Shartova N., Mironova V., Zelikhina S., Korennoy F., Grishchenko M. Spatial patterns of West Nile virus distribution in the Volgograd region of Russia, a territory with long-existing foci. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2022; 16 (1):e0010145. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010145>
- Батулин А. А., Антонов В. А., Смелянский В. П., Жуков К. В., Чернобай В. Ф., Колякина Н. Н. Роль птиц как потенциальных резервуаров вируса Западного Нила на территории Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2012; (4): 18–21. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-4-18-21>
- Baturin A. A., Antonov V. A., Smelyansky V. P., Zhukov K. V., Chernobay V. F., Kolyakina N. N. The role of birds as potential reservoirs of West Nile virus in the territory of the Russian Federation. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2012; (4): 18–21. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-4-18-21> (in Russ.)

28. Львов Д. Н., Щелканов М. Ю., Джаркенов А. Ф., Галкина И. В., Колобухина Л. В., Аристов В. А. и др. Популяционные взаимодействия вируса Западного Нила (*Flaviviridae*, *Flavivirus*) с членистоногими переносчиками, позвоночными животными, людьми в среднем и нижнем поясах дельты Волги, 2001–2006 гг. *Вопросы вирусологии*. 2009; 54 (2): 36–43. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/11905>

L'vov D. N., Shchelkanov M. Y., Dzharckenov A. F., Galkina I. V., Kolobukhina L. V., Aristova V. A., et al. Population interactions of West Nile virus (*Flaviviridae*, *Flavivirus*) with arthropod vectors, vertebrates, humans in the middle and low belts of Volga delta in 2001–2006. *Problems of Virology*. 2009; 54 (2): 36–43. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/11905> (in Russ.)

29. Матросов А. Н., Чекашов В. Н., Поршаков А. М., Яковлев С. А., Шилов М. М., Кузнецов А. А. и др. Условия циркуляции вируса и предпосылки формирования природных очагов лихорадки Западного Нила в Саратовской области. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2013; (3): 17–22. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2013-3-17-22>

Matrosov A. N., Chekashov V. N., Porshakov A. M., Yakovlev S. A., Shilov M. M., Kuznetsov A. A., et al. Conditions for virus circulation and premises for natural West Nile fever foci formation in the territory of the Saratov Region. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2013; (3): 17–22. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2013-3-17-22> (in Russ.)

30. Haussig J. M., Young J. J., Gossner C. M., Mezei E., Bella A., Sirbu A., et al. Early start of the West Nile fever transmission season 2018 in Europe. *Eurosurveillance*. 2018; 23 (32):1800428. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2018.23.32.1800428>

31. Esser H. J., Mögling R., Cleton N. B., van der Jeugd H., Sprong H., Stroo A., et al. Risk factors associated with sustained circulation of six zoonotic arboviruses: a systematic review for selection of surveillance sites in non-endemic areas. *Parasites and Vectors*. 2019; 12 (1):265. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3515-7>

32. Mancuso E., Cecere J. G., Iapao F., Di Gennaro A., Sacchi M., Savini G., et al. West Nile and Usutu virus introduction via migratory birds: a retrospective analysis in Italy. *Viruses*. 2022; 14 (2):416. <https://doi.org/10.3390/v14020416>

33. Fair J. M., Al-Hmoud N., Alrwashdeh M., Bartlow A. W., Balkhamishvili S., Daraselia I., et al. Transboundary determinants of avian zoonotic infectious diseases: challenges for strengthening research capacity and connecting surveillance networks. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15:1341842. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1341842>

34. Vidaña B., Busquets N., Napp S., Pérez-Ramírez E., Jiménez-Clavero M. A., Johnson N. The role of birds of prey in West Nile virus epidemiology. *Vaccines*. 2020; 8 (3):550. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030550>

35. Michel F., Fischer D., Eiden M., Fast C., Reuschel M., Müller K., et al. West Nile virus and Usutu virus monitoring of wild birds in Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15 (1):171. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010171>

36. Eidson M., Komar N., Sorhage F., Nelson R., Talbot T., Mostashari F., et al. Crow deaths as a sentinel surveillance system for West Nile virus in the northeastern United States, 1999. *Emerging Infectious Diseases*. 2001; 7 (4): 615–620. <https://doi.org/10.3201/eid0704.010402>

37. Holicki C. M., Ziegler U., Gaede W., Albrecht K., Hänske J., Walraph J. et al. Tracking WNV transmission with a combined dog and wild boar surveillance system. *Scientific Report*. 2025; 15 (1):11083. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89561-5>

38. Bruno L., Nappo M. A., Frontoso R., Perrotta M. G., Di Lecce R., Guarnier C., et al. West Nile virus (WNV): one-health and eco-health global risks. *Veterinary Sciences*. 2025; 12 (3):288. <https://doi.org/10.3390/vetsci12030288>

39. Naveed A., Eertink L. G., Wang D., Li F. Lessons learned from West Nile virus infection: vaccinations in equines and their implications for One Health approaches. *Viruses*. 2024; 16 (5):781. <https://doi.org/10.3390/v16050781>

40. Singh P., Khatib M. N., Ballal S., Kaur M., Nathiya D., Sharma S., et al. West Nile virus in a changing climate: epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges – a comprehensive review. *Emerging Microbes & Infections*. 2025; 14 (1):2437244. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2437244>

41. World Organization for Animal Health. West Nile Fever. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.24_WEST_NILE.pdf

42. Sewgobind S., McCracken F., Schilling M. JMM Profile: West Nile virus. *Journal of Medical Microbiology*. 2023; 72 (7):001730. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001730>

43. Chang S., Xiaojuan G., Xiaotian H., Mengzhe L., Chengcheng Z., Jialuo B., et al. Humoral and cellular immune response to a single dose of a novel bivalent recombinant adenovirus-vector vaccine against West Nile virus and chikungunya virus in mice. *Virology Journal*. 2025; 22 (1):256. <https://doi.org/10.1186/s12985-025-02878-5>

44. Cendejas P. M., Goodman A. G. Vaccination and control methods of West Nile virus infection in equids and humans. *Vaccines*. 2024; 12 (5):485. <https://doi.org/10.3390/vaccines12050485>

45. Diamond M. S. Virus and host determinants of West Nile virus pathogenesis. *PLoS Pathogens*. 2009; 5 (6):e1000452. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000452>

46. Brüssow H., Figuerola J. The spread of the mosquito-transmitted West Nile virus in North America and Europe. *Microbial Biotechnology*. 2025; 18 (3):e70120. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.70120>

Поступила в редакцию / Received 18.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 05.11.2025

Принята к публикации / Accepted 13.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Михалева Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, ученый секретарь СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-6411-6027>, tatyanamihaleva@mail.ru

Tatyana V. Mikhaleva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Academic Secretary, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-6411-6027>, tatyanamihaleva@mail.ru

Гасанов Руслан Рамизович, канд. вет. наук, начальник группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0009-0002-5654-4077>, rus_gasanov@mail.ru

Ruslan R. Gasanov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of the Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0009-0002-5654-4077>, rus_gasanov@mail.ru

Коннова Светлана Сергеевна, заместитель директора СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Саратов, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1282-7980>, konnovass@yandex.ru

Svetlana S. Konnova, Deputy Director, Saratov Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Saratov, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1282-7980>, konnovass@yandex.ru

Лунина Дарья Александровна, заместитель руководителя группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Daria A. Lunina, Deputy Head of the Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Вклад авторов: Михалева Т. В. – идея, общее руководство, написание текста статьи, редактирование, утверждение окончательного варианта; Гасанов Р. Р. – написание текста статьи; Коннова С. С. – написание текста статьи; Лунина Д. А. – визуализация материала путем картирования.

Contribution of the authors: Mikhaleva T. V. – concept, management, paper text preparation, editing, finalizing; Gasanov R. R. – paper text preparation; Konnova S. S. – paper text preparation; Lunina D. A. – data visualization, mapping.