

DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-18-26

УДК 616.921.5(470+100)

Н.Н. Васильцова, А.С. Панова, В.Н. Петров, А.В. Даниленко, К.Н. Шадринова, С.В. Святченко,
К.И. Иванова, Г.С. Онхонова, Н.И. Гончарова, В.Ю. Марченко

Эпизоотологическая и эпидемиологическая обстановка по высокопатогенному гриппу птиц в мире и на территории Российской Федерации в 2024 г.

ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», р.п. Кольцово, Российская Федерация

Цель работы – анализ циркуляции наиболее важных в эпидемиологическом значении вариантов вируса гриппа птиц в мире и России за 2024 г. Ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в мире в 2024 г. оставалась напряженной. Инфекция затронула 68 стран, в результате чего погибли или были уничтожены порядка 19 млн голов сельскохозяйственной птицы. Кроме того, зафиксировано большое количество случаев выявления вируса гриппа А(Н5N1) среди диких и домашних млекопитающих, преимущественно на территории США. К их числу относятся вспышки на молочных фермах, в течение всего года поражавшие стада и охватившие к концу года более 900 молочных хозяйств на территории 16 штатов, а также ставшие причиной инфицирования 40 работников ферм в четырех штатах. Вирусы А(Н5N1), выявленные у работников ферм, содержали мутации адаптации к млекопитающим. Всего в 2024 г. зарегистрировано более 100 случаев инфицирования людей зоонозными вариантами вируса гриппа, при этом в 81 случае выявлен вирус гриппа А(Н5N1). Помимо вспышек А(Н5N1), в мире отмечена циркуляция и других вариантов вируса гриппа, таких как А(Н5N6), А(Н5N8), А(Н5N5), А(Н5N2). Кроме того, в ряде стран регистрировались вспышки среди домашней птицы, вызванные различными подтипами вируса гриппа А(Н7). В России ситуация по высокопатогенному вирусу гриппа в 2024 г. была менее напряженной. Все выявленные вирусы гриппа А(Н5N1) относились к кладе 2.3.4.4b и генетически схожи с вакцинными штаммами, рекомендованными ВОЗ. Исследованные вирусы антигенно схожи с референсным штаммом A/goose/Tyumen/359-13/2021(Н5N1), идентичным по последовательности HA1 вакцинному штамму A/Astrakhan/3212/2020 (Н5N8). Кроме того, в 2024 г. выделен вирус гриппа подтипа А(Н9N2). Результаты исследования данного штамма показали, что выявленный вирус относится к генетической кладе Y439 и не содержит мутаций, связанных с повышенной патогенностью и устойчивостью к лекарственным препаратам.

Ключевые слова: вирус гриппа птиц, мониторинг, эпизоотия, вспышки, H5N1, Россия.

Корреспондирующий автор: Панова Анастасия Сергеевна, e-mail: panova_as@vector.nsc.ru.

Для цитирования: Васильцова Н.Н., Панова А.С., Петров В.Н., Даниленко А.В., Шадринова К.Н., Святченко С.В., Иванова К.И., Онхонова Г.С., Гончарова Н.И., Марченко В.Ю. Эпизоотологическая и эпидемиологическая обстановка по высокопатогенному гриппу птиц в мире и на территории Российской Федерации в 2024 г. Проблемы особо опасных инфекций. 2025; 1:18–26. DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-18-26

Поступила 12.02.2025. Отправлена на доработку 21.02.2025. Принята к публикации 26.02.2025.

N.N. Vasil'tsova, A.S. Panova, V.N. Petrov, A.V. Danilenko, K.N. Shadrinova, S.V. Svyatchenko,
K.I. Ivanova, G.S. Onkhonova, N.I. Goncharova, V.Yu. Marchenko

Epizootiological and Epidemiological Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza Globally and in the Russian Federation in 2024

State Scientific Center of Virology and Biotechnology "Vector", Koltsovo, Russian Federation

Abstract. The aim of the work was to analyze the circulation of the most epidemiologically significant variants of the avian influenza virus in the world and across Russia in 2024. The global situation on highly pathogenic avian influenza remained tense in 2024. The disease affected 68 countries, resulting in the death or culling of about 19 million poultry. In addition, there was a large number of influenza A(H5N1) virus detections in wild and domestic mammals, predominantly in the United States. Those included outbreaks on dairy farms that affected herds throughout the year, encompassing more than 900 dairy farms in 16 states by the year's end and causing infection of 40 farm workers in four states. The A(H5N1) viruses detected in farm workers contained mammalian adaptation mutations. In total, more than 100 human infections with zoonotic variants of influenza virus were reported in 2024, with influenza A(H5N1) virus detected in 81 cases. Apart from outbreaks of A(H5N1), other influenza virus variants, such as A(H5N6), A(H5N8), A(H5N5), A(H5N2), were circulating worldwide. Outbreaks among poultry caused by different subtypes of influenza A(H7) virus were also reported in a number of countries. In Russia, the situation on highly pathogenic influenza virus in 2024 was less tense. All detected influenza A(H5N1) viruses belonged to clade 2.3.4.4b and were genetically similar to the vaccine strains recommended by WHO. Isolated strains were antigenically similar to a reference strain A/goose/Tyumen/359-13/2021(H5N1), which had HA1 sequence identical to the vaccine strain A/Astrakhan/3212/2020(H5N8). In addition, an influenza A(H9N2) virus was isolated in 2024. The study of this strain showed that it belongs to the clade Y439 and does not contain mutations associated with increased pathogenicity and drug resistance.

Key words: avian influenza virus, surveillance, epizooty, outbreaks, H5N1, Russia.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The study was conducted as part of the state assignment for the Federal Budgetary Scientific Institution "State Scientific Center of Virology and Biotechnology "Vector" of the Rospotrebnadzor.

Corresponding author: Anastasiya S. Panova, e-mail: panova_as@vector.nsc.ru.

Citation: Vasiltsova N.N., Panova A.S., Petrov V.N., Danilenko A.V., Shadrinova K.N., Svyatchenko S.V., Ivanova K.I., Onkhonova G.S., Goncharova N.I., Marchenko V.Yu. Epizootiological and Epidemiological Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza Globally and in the Russian Federation in 2024. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii* [Problems of Particularly Dangerous Infections]. 2025; 1:18–26. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-18-26

Received 12.02.2025. Revised 21.02.2025. Accepted 26.02.2025.

Vasiltsova N.N., ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1548-5608>

Panova A.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0556-0552>

Petrov V.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3270-8412>

Danilenko A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3214-2794>

Shadrinova K.N., ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4351-8267>

Svyatchenko S.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4573-5783>

Ivanova K.I., ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3191-1360>

Onkhonova G.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1547-1708>

Goncharova N.I., ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6753-597X>

Marchenko V.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1339-6732>

С каждым годом вирус гриппа птиц поражает все больше видов животных, охватывая при этом и новые территории. С 2020 г. основное количество вспышек вызвано высокопатогенным вирусом гриппа птиц (ВПВГП) А(Н5N1) линии А/goose/Guangdong/1/96 (Gs/Gd) клады 2.3.4.4b. Впервые вирусы гриппа клады 2.3.4.4b были выявлены у диких птиц в Китае в 2016 г. В 2016–2017 гг. вирусы А(Н5N8) клады 2.3.4.4b стали причиной эпизоотий гриппа среди дикой и домашней птицы. В последующие годы регистрировались спорадические вспышки высокопатогенного гриппа птиц (ВПГП), пока в 2020 г. в ходе реассортации А(Н5N8) с другими подтипами вируса гриппа не появились вирусы А(Н5N1) клады 2.3.4.4b. Они быстро распространились по всему миру и уже к концу 2021 г. стали преобладающими во многих странах, вытеснив другие подтипы [1]. ВПВГП А(Н5N1) клады 2.3.4.4b является причиной ежегодно регистрируемых массовых вспышек среди дикой и сельскохозяйственной птицы. Кроме того, в последние годы вирус демонстрирует способность поражать широкий круг млекопитающих. При этом во многих вирусах, выявленных у больных или павших животных, присутствуют мутации, повышающие патогенность и вирулентность ВПВГП А(Н5N1) для млекопитающих и человека.

Продолжает расти и число случаев инфицирования людей ВПВГП. Всего с 2003 г. в мире зарегистрирован 961 подтвержденный на национальном уровне случай инфицирования людей вирусом гриппа А(Н5N1), из которых 465 имели летальный исход [2]; 93 случая инфицирования человека вирусом гриппа А(Н5N6), включая 57 летальных; 1568 случаев инфицирования человека вирусом гриппа А(Н7N9), в том числе 616 – с летальным исходом [3]. Не следует недооценивать и низкопатогенные варианты вируса гриппа, такие как Н6, Н10 и Н9, широко распространенные в циркуляции среди птиц и время от времени вызывающие заболевание у человека. Так, с 1998 г. зарегистрировано 153 случая инфицирования людей вирусом гриппа А(Н9N2), два из которых имели летальный исход [4, 5]. Риск инфицирования человека данными вариантами вируса гриппа ниже, а заболевание, как правило, протекает в легкой форме. Однако накопление адаптивных мутаций или реассортация с другими подтипами вируса гриппа А, в том числе высокопатогенными, может привести к появлению нового варианта вируса гриппа с пандемическим потенциалом [6].

Ключевой мерой по контролю за распространением ВПВГП является комплексный мониторинг,

реализуемый на стыке человек – животное и включающий в себя выявление, а также генетическую и вирусологическую характеристику вирусов гриппа, циркулирующих среди птиц и млекопитающих. Цель работы – анализ циркуляции наиболее важных в эпидемиологическом значении вариантов вируса гриппа птиц в мире и России за 2024 г.

Ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в мире. В 2024 г. ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в мире была напряженной. Вспышки гриппа среди диких и домашних птиц регистрировались в течение всего года и нанесли серьезный экономический ущерб. Большая часть вспышек в 2024 г. вызвана ВПВГП А(Н5N1) клады 2.3.4.4b. Инфекция затронула 68 стран Азии, Европы, Африки, Северной и Южной Америки. В течение 2024 г. зарегистрировано более 1200 вспышек ВПГП среди диких птиц и более 2000 вспышек среди сельскохозяйственной птицы, в результате чего погибли или были уничтожены в рамках принятых противоэпизоотических мер порядка 19 млн голов птиц – кур, уток, индюков [7].

Закономерным продолжением распространения ВПВГП А(Н5N1) на юг, после его выявления у птиц в Антарктике и млекопитающих на субантарктических территориях [8], стало лабораторное подтверждение проникновения вируса на сам материк, Антарктиду, сделанное при анализе образцов от поморников [9] и морского слона [10]. Также впервые ВПВГП А(Н5N1) найден у папуасских и королевских пингвинов в Антарктическом регионе [11]. Кроме того, вирус А(Н5) впервые выявлен у одного из шести погибших моржей, обнаруженных еще в 2023 г. на территории архипелага Шпицберген, расположенного в нескольких сотнях километров от Северного полюса. Из-за недостаточного количества генетического материала в образце субтип нейраминидазы вируса установить не удалось [12].

В 2024 г. зафиксировано большое количество случаев выявления вируса гриппа А(Н5N1) среди диких млекопитающих, преимущественно на территории США. Зарегистрированы случаи заболевания и гибели американской норки (*Neogale vison*), рысей (*Lynx lynx*), пумы (*Puma concolor*), енотов (*Procyon lotor*), виргинского опоссума (*Didelphis virginiana*). На территории США, Германии и Канады зарегистрированы случаи заболевания и гибели обыкновенных лисиц (*Vulpes vulpes*) и полосатых скунсов (*Mephitis mephitis*). В Аргентине зарегистрирован случай гибели от гриппа морского льва (*Otaria flavescens*). В сентябре 2024 г. вспышка А(Н5N1) унесла жизни десятков животных в зоопарке и экологическом

туристическом парке во вьетнамских провинциях Лонган и Донгнай – от инфекции погибли 50 тигров, три льва и черная пантера [7]. Одной из возможных причин вспышки могло стать мясо птицы, которым питались звери.

В период с 30 января по середину марта 2024 г. ветеринарное сообщество нескольких американских штатов, первым из которых был Техас, делилось наблюдениями, описывающими вспышку неустановленного заболевания среди дойных коров. Специалисты отмечали в стадах такие проявления, как снижение аппетита, надоев, сгущение молока, незначительные респираторные признаки и ряд других симптомов [13]. В конце марта возбудитель был идентифицирован как ВПВГП А(H5N1) клады 2.3.4.4b. Зарегистрированная вспышка А(H5N1) стала первой среди крупного рогатого скота за всю историю наблюдений в мире.

За несколько дней до подтверждения ВПВГП А(H5N1) у коров этот вирус был обнаружен у новорожденных козлят на ферме в Миннесоте. Причиной для лабораторного расследования стал их падеж, произошедший вскоре после выбраковки больной птицы с той же фермы. Таким образом, именно козлята стали первыми домашними жвачными, в естественных условиях заразившимися вирусом А(H5N1) [14].

С марта 2024 г. инфекция стала быстро распространяться по территории США, охватывая все большее количество молочных стад в разных штатах. В большинстве случаев животные переносили инфекцию в легкой форме, однако при проверке молока, мазков из носа и крови коров на затронутых инфекцией молочных фермах вирус в высокой концентрации обнаруживался только в молоке. Это обусловлено тем, что выявленный у коров вирус А(H5N1) обладает повышенным тропизмом к эпителиальным клеткам молочной железы. При этом вирус обнаруживался не только у коров с выраженными симптомами гриппа, но и у клинически здоровых животных. В связи с этим наиболее вероятным способом передачи вируса между коровами внутри ферм считается заражение через доильное оборудование, на поверхности которого вирус способен персистировать в течение длительного времени [15]. Также были зарегистрированы случаи заболевания и гибели на подверженных инфекции фермах домашних кошек, которые употребляли в пищу молоко больных коров. Вирус А(H5N1) выявлен у кошек в легких, в головном мозге, сердце и глазных яблоках [16]. В связи с этим населению дана рекомендация отказаться от употребления в пищу непастеризованного молока, а Управлением по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) проведена общенациональная проверка розничного молока, по результатам которой в каждом пятом образце выявлено наличие фрагментов вируса гриппа птиц А(H5N1) [17].

Генетический анализ показал, что вирус А(H5N1), ставший причиной вспышек на молочных фермах, имеет генотип В3.13, который является ре-

зультатом произошедшей в 2023 г. рекомбинации между нынешней высокопатогенной кладой 2.3.4.4b и низкопатогенным вирусом диких птиц [13]. В связи с этим продолжающаяся вспышка А(H5N1) среди молочных стад, вероятнее всего, является следствием однократной передачи вируса от диких птиц коровам через загрязненный корм или окружающую среду. Дальнейшее распространение инфекции внутри стад связывают с механической передачей вируса через загрязненное доильное оборудование, а передачу вируса между стадами связывают с транспортировкой инфицированных коров между штатами.

К настоящему времени вспышка среди молочного скота в США не локализована и продолжает расширяться, охватив более 900 стад в 16 штатах [18] и став причиной инфицирования 40 работников ферм в четырех штатах [19]. Динамика вспышки в США в 2025 г. будет во многом зависеть от успешной реализации противоэпизоотических мер, учитывающих особенности распространения вируса среди крупного рогатого скота.

В течение 2024 г. ВПВГП А(H5N1) выявлялся и у других сельскохозяйственных млекопитающих. Так, в мае вирус А(H5N1) впервые выявлен у альпак на ферме с совместным содержанием зараженных птиц и животных [12]. При этом симптомов заболевания у животных не наблюдалось.

Осенью 2024 г. впервые в США вирус гриппа А(H5N1) выявлен у свиней на ферме в штате Орегон [20]. Известно, что животные содержались вместе с инфицированной домашней птицей. Несмотря на отсутствие признаков заболевания, животных подвергли эвтаназии и вскрытию. Вирус А(H5N1) обнаружен в большинстве тканей и органов и имел генотип D1.2, который также был выявлен у домашней птицы на ферме [21]. Анализ образцов от перелетных птиц показал, что именно они могли быть источником инфекции для разводимых на ферме животных. Хотя в данном случае не выявлено признаков передачи вируса А(H5N1) между свиньями, любое инфицирование этих млекопитающих вирусом гриппа А(H5N1) нежелательно, поскольку свиньи являются основным резервуаром для реассортации вирусов гриппа.

Вовлечение в продолжающуюся панзоотию ВПГП А(H5N1) все новых видов млекопитающих указывает на появление новых потенциальных эволюционных маршрутов, которые в конечном счете могут привести к появлению адаптированных к человеку вариантов вируса. Одним из препятствий решению данной проблемы является ограниченное тестирование, не обеспечивающее надлежащую видимость субклинических случаев инфицирования [22].

В пользу того, что круг нераспознанных хозяев ВПГП среди окружающих человека животных является, возможно, более широким, чем ранее предполагалось, говорят и результаты пакистанских ученых, которые провели серологическое исследование местных коз (n=452) и овец (n=329) и обнаружили высокую серопозитивность сразу к трем вирусам

гриппа: H5, H7 и H9 [23]. Европейский центр профилактики и контроля заболеваний (ECDC) отмечает неизвестную широту специфичности детектированных антител и связанную с этим сложность дифференцирования ситуаций множественных заражений и однократных заражений, индуцирующих генерацию перекрестных антител [24]. Аналогичное исследование проведено в Монголии, где при анализе сывороток от лошадей (n=240) выявлены антитела к вирусу гриппа A(H5N1) [25].

Помимо вспышек ВППА(H5N1), в течение всего года в странах Европы, Азии и Америки регистрировались случаи заболевания и гибели диких птиц и млекопитающих от гриппа A(H5N5). В Южной Корее, Китае и Японии регистрировались вспышки вируса гриппа A(H5N6) среди диких и домашних птиц. При этом зарегистрирован всего один случай гибели дикой птицы от вируса гриппа A(H5N8) в Германии. В Мексике зафиксирована вспышка гриппа A(H5N2) среди сельскохозяйственной птицы. Также в течение года в ряде стран регистрировались вспышки среди домашней птицы, вызванные различными подтипами вируса гриппа A(H7) [7].

Случаи инфицирования людей. В течение 2024 г. зарегистрировано более 100 подтвержденных на национальном и международном уровнях случаев заражения людей зоонозными вариантами вируса гриппа шести подтипов. Как и в предыдущие годы, наибольшее количество случаев заболевания людей связано с подтипами вируса гриппа A(H5Nx) и A(H9N2), которые преимущественно регистрировались на территории КНР и США. В 2024 г. в мире зарегистрирован 81 лабораторно подтвержденный случай инфицирования людей вирусом гриппа A(H5N1) (4 из них – с летальным исходом), 3 случая инфицирования вирусом A(H5N6) с летальным исходом, а также 23 случая заболевания, вызванного вирусом гриппа A(H9N2) [4, 5, 12, 24, 26].

В связи с распространением ВППА A(H5N1) клады 2.3.4.4b среди дойных коров в США сформировалась новая группа риска – работники молочных ферм. Из 66 зарегистрированных на территории США в 2024 г. случаев инфицирования людей ВППА A(H5N1) 40 человек заразились именно в условиях молочного производства. Инфекция у людей протекала в легкой форме: основным, и часто единственным, симптомом был конъюнктивит (в силу контакта с вирусом при доении, происходящем на уровне глаз), реже наблюдались респираторные признаки заболевания и повышение температуры тела [27]. При этом выделенный от работника фермы в Техасе вирус A(H5N1) содержал в белке PB2 мутацию E627K, связанную с повышенной патогенностью и адаптацией вируса к млекопитающим. Стоит отметить, что данная мутация не обнаружена в вирусах, выделенных от коров. Однако 99 % вирусов A(H5N1), выявленных у инфицированного скота, имели в белке PB2 мутацию M631L, ассоциированную с повышенной репликацией вируса в клетках млекопитающих и человека [28]. Эта мутация так-

же выявлена в вирусах, выделенных от работников ферм в Мичигане, Калифорнии и Колорадо.

Для вируса A(H5N1) с мутацией PB2-E627K, выделенного от инфицированного работника фермы в Техасе (A/Texas/37/2024), была показана ограниченная передача воздушно-капельным путем между хорьками [29]. В этом контексте стоит отметить, что впервые ограниченная способность вирусов A(H5N1) клады 2.3.4.4b передаваться воздушно-капельным путем между млекопитающими была показана в 2024 г. для вируса с мутацией PB2-E627K, выявленного в 2023 г. у эму на территории биосферного заповедника в Российской Федерации [30], а также для вируса, ставшего причиной вспышки на норковой ферме в Испании в 2022 г. [31]. Для выявленного у коров вируса A(H5N1) показано наличие двойной рецепторной специфичности, что свидетельствует о его потенциальной способности связываться с рецепторами в респираторных путях млекопитающих и человека. Поскольку для более раннего, родственного коровьему изолята A(H5N1) двойной рецепторной специфичности не наблюдалось, это может быть особенностью, присущей только вирусу A(H5N1), выявленному у молочного скота. Указанные факты имеют важное значение на фоне опасений относительно дальнейших эволюционных изменений трансмиссивных свойств вируса гриппа A(H5N1) и потенциальной возможности его эффективной передачи воздушно-капельным путем между млекопитающими [13]. Еще одной причиной для беспокойства относительно возможного появления нового пандемического варианта вируса гриппа является наличие рецепторов «птичьего» и «человеческого» типа в клетках молочной железы коров, что позволяет считать их потенциальным резервуаром для реассортации вирусов A(H5N1) с вирусами гриппа других подтипов [32].

В общее число инфицированных лиц в США также вошли 23 человека, работавших в птицеводческих хозяйствах [19], один контактировавший с птицей на личном подворье в штате Луизиана и один без известного источника заражения. Пациент из Луизианы был госпитализирован с тяжелой формой гриппа A(H5N1) и скончался. Выявленный у скончавшегося пациента вирус генотипа D1.1 имел в гемагглютinine полиморфизмы 134A/V, 182N/K и 186E/D, ассоциированные с усилением связывания вируса с $\alpha 2,6$ -рецепторами сиаловой кислоты «человеческого» типа. Несмотря на то, что это первый случай заболевания гриппом A(H5N1) с тяжелым течением и летальным исходом за всю историю наблюдений за ВППА в США, согласно заключению Центров по контролю и профилактике заболеваний (CDC), данный случай соответствует общемировым тенденциям тяжести течения заболевания, вызываемого вирусом гриппа A(H5N1) [33].

С первым и тяжелым случаем гриппа A(H5N1) в 2024 г. также столкнулась Канада. Вирус, выявленный у подростка в провинции Британская Колумбия, имел генотип D1.1, циркулировавший на тот момент

среди диких птиц, и содержал в гемагглютinine полиморфизм 186E/D, как и вирус, выявленный у пациента из Луизианы [34, 35].

Помимо Северной Америки, в 2024 г. эпизоды заражения людей вирусом гриппа A(H5N1) отмечены во Вьетнаме [36]. Все три случая, один из которых лабораторно подтвержден на территории КНР [37], связаны с контактом с инфицированной птицей. Один заболевший скончался [38].

Второй год подряд после почти десятилетнего перерыва вирус гриппа A(H5N1) выявляется в Камбодже. В 2024 г. зафиксировано 10 случаев инфицирования людей ВПВГП A(H5N1) [39]. Всего с 2003 г. в этой стране зарегистрировано 72 случая заражения людей вирусом гриппа A(H5N1), в том числе 43 – с летальным исходом. Значительная часть заболеваний последних двух лет связана с появлением нового вируса, являющегося реассортантом вирусов клад 2.3.2.1c и 2.3.4.4b. Этот реассортант имеет мутацию E627K в белке PB2 [40]. Как показало недавнее исследование, в Камбодже 93 % сельскохозяйственной птицы разводится на придомовой территории [41], при этом 22,6 % опрошенных в 2023 г. жителей одной из провинций признали употребление в пищу больной или павшей птицы [42]. Такое пренебрежение мерами предосторожности, игнорирование риска и недостаточная осведомленность граждан вынудили руководство страны и ВОЗ провести в 2024 г. серию краткосрочных и среднесрочных коммуникационных кампаний. В ходе их реализации выяснилось, что только 50 % участников слышали о рекомендации не контактировать и не употреблять в пищу больную или погибшую птицу и только 36,9 % планируют ей следовать [43].

Кроме того, 2024 г. отмечен завозом вируса A(H5N1) в страну, где он эпизоотически не представлен – Австралию. Девочка из австралийского штата Виктория заразилась в Индии в марте 2024 г. Это стало первым случаем заражения человека вирусом гриппа A(H5N1) в Австралии, обнаруженным благодаря практике дополнительного тестирования положительных на грипп образцов, предусмотренной системой усиленного эпиднадзора в штате Виктория [44]. Болезнь у ребенка протекала тяжело и потребовала пребывания в отделении интенсивной терапии, но девочка полностью выздоровела. Отмечая тот факт, что обнаруженный у ребенка вирус является ранее не фиксировавшимся реассортантом клад 2.3.2.1a и 2.3.4.4b, специалисты делают акцент на недостатке эпиднадзорных данных из Южной Азии [45].

На протяжении последних лет наблюдается снижение количества случаев заражения людей вирусом гриппа A(H5N6) (18 случаев в 2022 г., 6 – в 2023 г. и 3 – в 2024 г.). Всего за 2014–2024 гг. в мире зарегистрировано 93 случая заболевания людей вирусом гриппа A(H5N6), из которых 92 выявлены в Китае и 1 – в Лаосе. Вероятно, данная тенденция может быть связана с тем, что в 2022 г. в Китае была проведена замена компонента H5 в вакцине, используемой для

иммунизации домашней птицы, что могло ограничить распространение вирусов A(H5N6) среди домашней птицы и снизить риск заражения людей.

Помимо высокопатогенных вариантов вируса гриппа, в 2024 г. зафиксированы случаи инфицирования людей вирусами низкопатогенного гриппа птиц (НПГП). В большинстве случаев инфекция вызвана вирусом гриппа A(H9N2) и связана с контактом или употреблением в пищу больной или павшей птицы. Из всех случаев инфицирования людей вирусом A(H9N2) 20 зарегистрировано в КНР и по одному случаю в Индии, Вьетнаме (впервые) и Гане (впервые) [4, 5, 12]. Кроме того, в 2024 г. зарегистрированы ранее не отмеченные у людей вирусы гриппа A(H5N2) и A(H10N5). Так, госпитализированный житель штата Мехико (Мексика), страдающий от многочисленных хронических заболеваний, стал первым человеком, у которого был выявлен вирус НПГП A(H5N2). Примечательно, что до этого в Мексике люди не заражались вирусами гриппа подтипа H5, однако в то же время сообщалось о циркуляции вируса A(H5N2) среди птиц [46]. В январе 2024 г. Национальная комиссия здравоохранения КНР уведомила ВОЗ о случае коинфицирования человека вирусом сезонного гриппа A(H3N2) и, впервые в мире, вирусом птичьего гриппа A(H10N5) с летальным исходом [47]. Данный случай произошел с женщиной-фермером 60 лет из провинции Аньхой, имевшей в анамнезе множественные хронические заболевания. В ходе эпидемиологического расследования выяснилось, что накануне заболевания женщина контактировала с домашней птицей, инфицированной вирусом гриппа A(H10N5). Кроме того, в другой китайской провинции, Юньнань, в 2024 г. отмечен третий в мире случай заболевания человека гриппом A(H10N3) [48] (первые два случая также зарегистрированы в КНР в 2021 и 2022 гг. [49]). Широкое распространение вирусов гриппа A(H10Nx), их частая реассортация с вирусами других подтипов, продолжающиеся случаи среди людей и тот факт, что они не подлежат уведомлению по стандартам Всемирной организации здоровья животных [50], требуют от научного сообщества проактивного реагирования.

Таким образом, в 2024 г. по широкому спектру подтипов гриппа птиц ситуация оставалась напряженной, без предпосылок к ее смягчению в следующем году.

Ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в России. В настоящее время в России действует комплексная система мониторинга за высокопатогенным гриппом, в которой участвуют ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора и 48 региональных учреждений Роспотребнадзора, деятельность которых регулируется опорными базами, расположенными в Краснодарском крае, Новосибирской области и Хабаровском крае.

Региональные учреждения Роспотребнадзора взаимодействуют с ветеринарной службой и лечебными учреждениями, обеспечивая сбор первичного материала от диких и домашних птиц и млекопи-

тающих, а также от людей, по роду деятельности контактирующих с инфицированными или потенциально инфицированными животными. Собранный биоматериал направляется в соответствующую региональную опорную базу для проведения дифференциальной диагностики. Все пробы биоматериала, содержащие РНК вируса гриппа А, направляются в ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора для последующей изоляции и углубленного изучения выявленных вирусов.

В рамках проводимого мониторинга в 2024 г. исследовано, включая данные отчетов региональных учреждений Роспотребнадзора, 15 159 проб биоматериала, включая 4428 проб от диких птиц, 2528 – от домашней птицы, 350 – от свиней, 7853 – от людей, по роду деятельности контактирующих с дикой или домашней птицей, в том числе 4973 пробы сывороток крови.

В ходе всероссийского мониторинга в 2024 г. зарегистрирована циркуляция ВПВГП А(Н5N1) клады 2.3.4.4b среди диких и домашних птиц. Кроме того, у диких и фермерских уток выявлены низкопатогенные варианты вируса гриппа А(Н9N2) и А(Н6N1).

В результате диагностики, проведенной ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, за исследованный период в 236 образцах выявлен генетический материал ВПВГП А(Н5N1). Для 66 образцов с достаточным количеством генетического материала вируса гриппа А(Н5N1) получены полные последовательности генома.

При культивировании на 9-дневных куриных эмбрионах все изученные вирусы гриппа А(Н5N1) показали высокую степень вирулентности, приводя к 100 % гибели инфицированных эмбрионов в течение 48 часов после заражения. Инфекционный титр вируса в аллантоисной жидкости составил от 6,7 до 10,3 lg ЭИД₅₀/мл.

Большинство исследованных вирусов А(Н5N1) были чувствительны к противовирусным препаратам – ингибиторам нейраминидазной активности занамивиру и осельтамивиру, что продемонстрировано флуоресцентным методом анализа. Только один вирус показал сниженное ингибирование осельтамивиром и занамивиром. Этот вирус содержал в нейраминидазе мутацию D199G, ассоциированную со сниженным ингибированием этими препаратами [51].

При анализе антигенных свойств выявленных вирусов в реакции торможения гемагглютинации (РТГА) показано, что большинство исследованных в 2024 г. вирусов гриппа А(Н5N1) имеют некоторые антигенные отличия от рекомендованного ВОЗ кандидного вакцинного штамма А/Astrakhan/3212/2020 (H5N8) (таблица). В частности, сниженная реактивность с иммунной сывороткой крови хорька anti-A/Astrakhan/3212/2020 (A(H5N8)) наблюдалась у вирусов А(Н5N1) клады 2.3.4.4b, имеющих в гемагглютине аминокислотные замены А83D и Р136S. Тем не менее данные вирусы хорошо распознавались сывороткой крови, полученной на референсный штамм А/goose/Tyumen/359-13/2021 (H5N1),

гемагглютинин которого отличался от НА штамма А/Astrakhan/3212/2020 лишь по одной аминокислоте, расположенной в НА2 (M532I). Также данные вирусы хорошо реагировали с некоторыми сыворотками, полученными на вирусы гриппа А(Н5N1) клады 2.3.4.4b, циркулировавшие в России в 2022–2023 гг.

Сниженная реактивность некоторых исследованных вирусов А(Н5N1) с сывороткой, полученной на штамм А(Н5N8) А/Astrakhan/3212/2020, при нормальной реактивности с сывороткой, полученной на идентичный ему по последовательности субъединицы НА1 референс-вирус А(Н5N1), вероятно, может быть обусловлена влиянием невыясненных факторов, связанных с несоответствием подтипа нейраминидазы, а также особенностями иммунного ответа хорьков при получении каждой из этих сывороток. В общем исследование показало, что целый ряд иммунных сывороток крови, полученных на разные вирусы гриппа А(Н5N1) клады 2.3.4.4b, циркулировавшие в России с 2021 г. по настоящее время, включая сыворотку anti-A/goose/Tyumen/359-13/2021, взаимодействовали в РТГА с большинством вирусов, исследованных в 2024 г., в достаточных титрах. Это свидетельствует о том, что на данный момент не наблюдается значительного изменения антигенных свойств циркулирующих вирусов А(Н5N1) клады 2.3.4.4b. Необходимо продолжать мониторинг антигенных свойств вирусов гриппа А(Н5N1) для своевременного выявления антигенного дрейфа.

Проведенный нами филогенетический анализ показал, что все выявленные вирусы А(Н5N1) по последовательности гемагглютинина относились к кладе 2.3.4.4b. При этом наблюдалась продолжающаяся диверсификация вирусов гриппа А(Н5N1). При сравнении последовательностей гемагглютинина выявленных в 2024 г. вирусов гриппа А(Н5N1) с кандидатными вакцинными штаммами А/Astrakhan/3212/2020 (H5N8), А/chicken/Ghana/AVL-763_21VIR7050-39/2021 (H5N1) и А/American Wigeon/South Carolina/22-000345-001/2021 (H5N1) клады 2.3.4.4b в части вирусов выявлен ряд аминокислотных замен в антигенных сайтах. Данные замены ранее уже встречались в некоторых вирусах, циркулировавших в России и мире. В целом генетический анализ показал, что у вирусов, выявленных в России в 2024 г., сохраняется высокий уровень идентичности гена НА с кандидатными вакцинными штаммами и циркулирующими в мире вирусами гриппа А(Н5N1) клады 2.3.4.4b.

Таким образом, несмотря на некоторые генетические и антигенные отличия циркулировавших в 2024 г. в России вирусов гриппа А(Н5N1) от рекомендованных ВОЗ кандидатных вакцинных штаммов, исследованные вирусы были антигенно сходны с выявленными в России в 2022–2023 гг. вирусами А(Н5N1) 2.3.4.4b, подобными по последовательности НА вакцинному штамму А/Astrakhan/3212/2020 (H5N8). В совокупности с результатами предсказания антигенного сходства исследованных вирусов с вакцинными штаммами полученные данные свиде-

Результаты РТГА с вирусами гриппа A(H5Nx) кланды 2.3.4.4 с использованием эритроцитов индюка
Results of hemagglutination inhibition reaction with A(H5Nx) viruses, clade 2.3.4.4, using turkey red blood cells

Вирусы Viruses	Подтип Subtype	Клада Clade	Референс-сыворотка хорька Reference ferret serum								
			A/gyrfalcon/ Washington/ 41088-6/2014	A/chicken/ Vietnam/ NCVD- 15A59/2015	A/Astrakhan/ 3212/2020	A/goose/ Tyumen/ 359-13/2021	A/dalmatian pelican/ Astrakhan/ 213-2V/2022	A/chicken/ Khabarovsk/ 24-1V/2022	A/gull/ Mari El/ 340-1V/2023	A/gull/ Udmurtia/ 342-8V/2023	A/fur seal/ Sakhalin/ 399-1V/2023
Референс-антиген / Reference antigen											
A/gyrfalcon/Washington/41088-6/2014	H5N8	2.3.4.4c	160	160	160	320	160	80	40	80	160
A/chicken/Vietnam/NCVD-15A59/2015	H5N6	2.3.4.4f	40	320	40	640	40	80	20	20	160
A/Astrakhan/3212/2020	H5N8	2.3.4.4b	160	160	160	160	160	320	40	160	40
A/goose/Tyumen/359-13/2021	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	80	160	20	40	20	20	40
A/dalmatian pelican/Astrakhan/213-2V/2022	H5N1	2.3.4.4b	160	160	160	640	320	320	80	320	320
A/chicken/Khabarovsk/24-1V/2022	H5N1	2.3.4.4b	<10	10	20	80	20	160	40	80	20
A/gull/Mari El/340-1V/2023	H5N1	2.3.4.4b	80	160	80	320	80	160	80	320	80
A/gull/Udmurtia/342-8V/2023	H5N1	2.3.4.4b	80	160	160	320	160	320	80	320	160
A/fur seal/Sakhalin/399-1V/2023	H5N1	2.3.4.4b	20	10	40	160	20	40	20	20	40
Исследуемый антиген / Antigen under study											
A/chicken/Russia/257-6V/2024	H5N1	2.3.4.4b	160	160	160	320	160	320	80	320	160
A/chicken/Russia/211-8V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	320	40	80	40	40	80
A/chicken/Russia/203-1V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	80	20	40	<10	20	40
A/chicken/Russia/255-1V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	320	160	160	80	160	80
A/chicken/Russia/255-2V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	80	80	160	40	80	40
A/chicken/Russia/255-3V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	320	160	160	80	320	80
A/chicken/Russia/214-2V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	320	80	160	80	160	80
A/chicken/Russia/214-4V/2024	H5N1	2.3.4.4b	<10	<10	<10	320	80	160	40	160	160

тельствуют о том, что, несмотря на продолжающуюся эволюцию, выделенные в России в 2024 г. вирусы A(H5N1) остаются близки по антигенным свойствам циркулирующим вирусам клады 2.3.4.4b и кандидатным вакцинным штаммам.

Помимо вирусов гриппа A(H5N1), за исследованный период выделен один штамм вируса гриппа A(H9N2) от дикой утки. Согласно результатам филогенетического анализа, выявленный вирус A(H9N2) принадлежит генетической линии Y439-h9.2. Показано близкое генетическое сходство выявленного вируса по гену гемагглютинина с вирусами A(H9N2), циркулировавшими среди птиц в Европе в 2023 г. Генетический анализ не выявил мутаций, ассоциированных с повышенной патогенностью и лекарственной устойчивостью.

Прогноз развития ситуации по высокопатогенному гриппу птиц в России. Как показывают результаты проведенного мониторинга, в 2024 г. ситуация по высокопатогенному вирусу гриппа в России оставалась напряженной. Вспышки среди дикой и домашней птицы были вызваны как сохранившимися в циркуляции, так и новыми вариантами вируса гриппа A(H5N1) клады 2.3.4.4b, занесенными на территорию нашей страны. В 2025 г. можно ожидать повторный занос вируса вдоль Черноморско-Средиземноморского и Восточноазиатско-Австралийского пролетных путей в весенний и осенний периоды.

Риск заражения циркулирующими в настоящее время вирусами гриппа птиц остается низким для населения. Заражение людей ВПВГП является редким явлением, и в настоящее время случаев передачи вируса от человека к человеку не наблюдается. В большинстве случаев заражение людей связано с контактом с инфицированной птицей или скотом. В связи с этим люди, по роду деятельности или иным причинам контактирующие с инфицированными или потенциально инфицированными животными, находятся в группе риска. Дальнейшее развитие ситуации по ВПВГП в России будет зависеть от комплекса своевременно принятых в местах вспышек противоэпизоотических и противоэпидемических мер, соблюдение которых позволит предотвратить распространение инфекции и минимизировать риск заболевания людей.

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

Финансирование. Исследование проводилось в рамках выполнения государственного задания ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора.

References / Список литературы

1. Graziosi G., Lupini C., Catelli E., Carnaccini S. Highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5 clade 2.3.4.4b virus infection in birds and mammals. *Animals (Basel)*. 2024; 14(9):1372. DOI: 10.3390/ani14091372.
2. Cumulative number of confirmed human cases for avian influenza A(H5N1) reported to WHO, 2003–2024. (Cited 21 Jan 2025).

[Internet]. Available from: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/cumulative-number-of-confirmed-human-cases-for-avian-influenza-a\(h5n1\)-reported-to-who-2003-2024.pdf](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/cumulative-number-of-confirmed-human-cases-for-avian-influenza-a(h5n1)-reported-to-who-2003-2024.pdf).

3. Human infection with avian influenza A(H5) viruses. *Avian Influenza Weekly Update Number 980* (10 January 2025). (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/380024/AI-20250110.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
4. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control; European Union Reference Laboratory for Avian Influenza; Alexakis L., Buczkowski H., Ducatez M., Fusaro A., Gonzales J.L., Kuiken T., Ståhl K., Staubach C., Svartström O., Terregino C., Willert K., Melo M., Kohnle L. Avian influenza overview September–December 2024. *EFSJ J.* 2025; 23(1):e9204. DOI: 10.2903/j.efsa.2025.9204.
5. Centre for Health Protection. *Avian Influenza Report*. Vol. 21, No. 2. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: https://www.chp.gov.hk/files/pdf/2025_avian_influenza_report_vol21_wk02.pdf.
6. Yang H., Carney P.J., Chang J.C., Villanueva J.M., Stevens J. Structure and receptor binding preferences of recombinant hemagglutinins from avian and human H6 and H10 influenza A virus subtypes. *J. Virol.* 2015; 89(8):4612–23. DOI: 10.1128/JVI.03456-14.
7. WAHIS: World Animal Health Information System. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://wahis.woah.org>.
8. Banyard A.C., Bennisson A., Byrne A.M.P., Reid S.M., Lynton-Jenkins J.G., Mollett B., De Silva D., Peers-Dent J., Finlayson K., Hall R., Blockley F., Blyth M., Falchieri M., Fowler Z., Fitzcharles E.M., Brown I.H., James J. Detection and spread of high pathogenicity avian influenza virus H5N1 in the Antarctic Region. *Nat. Commun.* 2024; 15(1):7433. DOI: 10.1038/s41467-024-51490-8.
9. CIENCIA – Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Científicos del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa del CSIC confirman la presencia por primera vez en la Antártida del virus de la Gripe Aviar Altamente Patogénica. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.ciencia.gob.es/Noticias/2024/febrero/gripe-aviar-antartida.html>.
10. CIENCIA – Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Investigadores españoles encuentran el virus de la gripe aviar altamente patogénica en un mamífero marino por primera vez en la Antártida. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.ciencia.gob.es/Noticias/2024/Julio/gripe-aviar-antartida.html>.
11. CIDRAP. First H5N1 avian flu detection in Antarctic penguins. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cidrap.umn.edu/avian-influenza-bird-flu/first-h5n1-avian-flu-detection-antarctic-penguins>.
12. European Food Safety Authority; European Centre for Disease Prevention and Control; European Union Reference Laboratory for Avian Influenza; Alexakis L., Fusaro A., Kuiken T., Mirinavičiūtė G., Ståhl K., Staubach C., Svartström O., Terregino C., Willert K., Delacourt R., Goudjihoude S.M., Grant M., Tampach S., Kohnle L. Avian influenza overview March–June 2024. *EFSJ J.* 2024; 22(7):e8930. DOI: 10.2903/j.efsa.2024.8930.
13. Caserta L.C., Frye E.A., Butt S.L., Laverack M., Nooruzzaman M., Covalada L.M., Thompson A.C., Koscielny M.P., Cronk B., Johnson A., Kleinhenz K., Edwards E.E., Gomez G., Hitchener G., Martins M., Kapczynski D.R., Suarez D.L., Alexander Morris E.R., Hensley T., Beeby J.S., Lejeune M., Swinford A.K., Elvinger F., Dimitrov K.M., Diel D.G. Spillover of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus to dairy cattle. *Nature*. 2024; 634(8034):669–76. DOI: 10.1038/s41586-024-07849-4.
14. Minnesota Board of Animal Health. Stevens County goat tests positive for same influenza virus affecting poultry. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: https://www.bah.state.mn.us/news_release/stevens-county-goat-tests-positive-for-same-influenza-virus-affecting-poultry.
15. CIDRAP. H5N1 avian flu viruses can persist on milking equipment surfaces. (Cited 21 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cidrap.umn.edu/avian-influenza-bird-flu/h5n1-avian-flu-viruses-can-persist-milking-equipment-surfaces>.
16. Burroughs E.R., Magstadt D.R., Petersen B., Timmermans S.J., Gauger P.C., Zhang J., Siepk C., Mainenti M., Li G., Thompson A.C., Gorden P.J., Plummer P.J., Main R. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) clade 2.3.4.4b virus infection in domestic dairy cattle and cats, United States, 2024. *Emerg. Infect. Dis.* 2024; 30(7):1335–43. DOI: 10.3201/eid3007.240508.
17. CIDRAP. 1 in 5 US retail milk samples test positive for H5N1 avian flu fragments. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cidrap.umn.edu/avian-influenza-bird-flu/1-5-us-retail-milk-samples-test-positive-h5n1-avian-flu-fragments>.
18. Eisefeld A.J., Biswas A., Guan L., Gu C., Maemura T., Trifkovic S., Wang T., Babujee L., Dahn R., Halfmann P.J., Barnhardt T., Neumann G., Suzuki Y., Thompson A., Swinford A.K., Dimitrov K.M., Poulsen K., Kawaoka Y. Pathogenicity and transmissibility of bovine H5N1 influenza virus. *Nature*. 2024; 633(8029):426–32. DOI: 10.1038/s41586-024-07766-6.
19. CDC. H5 Bird Flu: Current Situation. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cdc.gov/bird-flu/situation-summary/index.html>.

20. Reuters. US detects H5N1 bird flu in a pig for the first time. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/us-detects-h5n1-bird-flu-swine-first-time-2024-10-30/>.
21. USDA Animal and Plant Health Inspection Service Shares Update on H5N1 Detection in Oregon Swine, Bovine Vaccine Candidate Progression. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.aphis.usda.gov/news/agency-announcements/usda-animal-plant-health-inspection-service-shares-update-h5n1-detection>.
22. Peacock T.P., Moncla L., Dudas G., VanInsberghe D., Sukhova K., Lloyd-Smith J.O., Worobey M., Lowen A.C., Nelson M.I. The global H5N1 influenza panzootic in mammals. *Nature*. 2025; 637(8045):304–13. DOI: 10.1038/s41586-024-08054-z.
23. BioRxiv preprint. Highly pathogenic avian influenza H5 virus exposure in goats and sheep. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.08.31.610397v1.full.pdf+html>.
24. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control, European Union Reference Laboratory for Avian Influenza; Alexakis L., Buczkowski H., Ducatez M., Fusaro A., Gonzales J.L., Kuiken T., Ståhl K., Staubach C., Svartström O., Terregino C., Willgert K., Delacourt R., Kohnle L. Avian influenza overview June–September 2024. *EFSA J.* 2024; 22(10):e9057. DOI: 10.2903/j.efsa.2024.9057.
25. Damdinjav B., Raveendran S., Mojsiechczuk L., Ankanbaatar U., Yang J., Sadeyen J.R., Iqbal M., Perez D.R., Rajao D.S., Viana M., Murcia P.R. Evidence of influenza A(H5N1) spillover infections in horses, Mongolia. *Emerg. Infect. Dis.* 2025; 31(1):183–5. DOI: 10.3201/eid3101.241266.
26. European Food Safety Authority; European Centre for Disease Prevention and Control; European Union Reference Laboratory for Avian Influenza; Fusaro A., Gonzales J.L., Kuiken T., Mirinavičiūtė G., Niqueux E., Ståhl K., Staubach C., Svartström O., Terregino C., Willgert K., Baldinelli F., Delacourt R., Georganas A., Kohnle L. Avian influenza overview December 2023–March 2024. *EFSA J.* 2024; 22(3):e8754. DOI: 10.2903/j.efsa.2024.8754.
27. Garg S., Reinhart K., Couture A., Kniss K., Davis C.T., Kirby M.K., Murray E.L., Zhu S., Kraushaar V., Wadford D.A., Drehoff C., Kohnen A., Owen M., Morse J., Eckel S., Goswitz J., Turabelidze G., Krager S., Unutzer A., Gonzales E.R., Abdul Hamid C., Ellington S., Mellis A.M., Budd A., Barnes J.R., Biggerstaff M., Jhung M.A., Richmond-Crum M., Burns E., Shimabukuro T.T., Uyeki T.M., Dugan V.G., Reed C., Olsen S.J. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infections in humans. *N. Engl. J. Med.* 2025; 392(9):843–54. DOI: 10.1056/NEJMoa2414610.
28. Mostafa A., Naguib M.M., Nogales A., Barre R.S., Stewart J.P., Garcia-Sastre A., Martinez-Sobrido L. Avian influenza A(H5N1) virus in dairy cattle: origin, evolution, and cross-species transmission. *mBio*. 2024; 15(12):e0254224. DOI: 10.1128/mbio.02542-24.
29. CDC. CDC Reports A(H5N1) Ferret Study Results. (Cited 24 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cdc.gov/bird-flu/spotlights/ferret-study-results.html>.
30. Marchenko V.Y., Panova A.S., Kolosova N.P., Gudymo A.S., Svyatchenko S.V., Danilenko A.V., Vasiltsova N.N., Egorova M.L., Onkhonova G.S., Zhestkov P.D., Zinyakov N.G., Andreychuk D.B., Chvala I.A., Kosenko M.N., Moiseeva A.A., Boldyrev N.D., Shadrinova K.N., Perfilieva O.N., Ryzhikov A.B. Characterization of H5N1 avian influenza virus isolated from bird in Russia with the E627K mutation in the PB2 protein. *Sci. Rep.* 2024; 14(1):26490. DOI: 10.1038/s41598-024-78175-y.
31. Restori K.H., Septer K.M., Field C.J., Patel D.R., VanInsberghe D., Raghunathan V., Lowen A.C., Sutton T.C. Risk assessment of a highly pathogenic H5N1 influenza virus from mink. *Nat. Commun.* 2024; 15(1):4112. DOI: 10.1038/s41467-024-48475-y.
32. Halwe N.J., Cool K., Breithaupt A., Schön J., Trujillo J.D., Nooruzzaman M., Kwon T., Ahrens A.K., Britzke T., McDowell C.D., Piesche R., Singh G., Dos Reis V.P., Kafle S., Pohlmann A., Gaudreault N.N., Corleis B., Ferreyra F.M., Carossino M., Balasuriya U.B.R., Hensley L., Morozov I., Covalada L.M., Diel D., Ulrich L., Hoffmann D., Beer M., Richt J.A. Outcome of H5N1 clade 2.3.4.4b virus infection in calves and lactating cows. *bioRxiv [Preprint]*. 2024; 2024.08.09.607272. DOI: 10.1101/2024.08.09.607272.
33. CDC. Confirms First Severe Case of H5N1 Bird Flu in the United States. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cdc.gov/media/releases/2024/m1218-h5n1-flu.html>.
34. CDC. Genetic Sequences of Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N1) Viruses Identified in a Person in Louisiana. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.cdc.gov/bird-flu/spotlights/h5n1-response-12232024.html>.
35. Ison M.G., Marrazzo J. The emerging threat of H5N1 to human health. *N. Engl. J. Med.* 2025; 392(9):916–8. DOI: 10.1056/NEJMe2416323.
36. Patel A., Pal R., Bhowmick M., Mahanty J., Halder P., Ashique S. Avian influenza: outbreak in Viet Nam in 2024. *Infect. Disord. Drug Targets*. 2025; 25(1):e280624231376. DOI: 10.2174/0118715265322184240624074555.
37. WHO. Influenza at the human-animal interface. Summary and risk assessment, from 4 May to 7 June 2024. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/influenza-at-the-human-animal-interface-summary-and-assessment--from-4-may-to-7-june-2024.pdf>.
38. WHO. Avian Influenza A(H5N1) – Viet Nam. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON511>.
39. ECDC. Communicable Disease Threats Report. Week 36, 2024. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/communicable-disease-threats-report-week-36-2024.pdf>.
40. medRxiv. Emergence of a Novel Reassortant Clade 2.3.2.1c Avian Influenza A/H5N1 Virus Associated with Human Cases in Cambodia. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2024.11.04.24313747v1.full.pdf>.
41. CGIAR. Poultry production, marketing and consumption in Cambodia: A review of literature. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://cgspace.cgiar.org/items/c9e1c69e-a22e-4c4a-8919-07b92b7c8e7a>.
42. medRxiv. Knowledge, Attitudes, and Practices Related to Avian Influenza (H5N1) After the Outbreak in Rural, Cambodia. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2023.09.25.23296059v1>.
43. WHO. Addressing the low risk perception of avian flu in Cambodia. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.who.int/westernpacific/newsroom/feature-stories/item/addressing-the-low-risk-perception-of-avian-flu-in-cambodia>.
44. Department of Health. Human case of avian influenza (bird flu) detected in returned traveler to Victoria. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: <https://www.health.vic.gov.au/health-advisories/human-case-of-avian-influenza-bird-flu-detected-in-returned-traveller-to-victoria>.
45. CDC. Influenza A(H5N1) Virus Clade 2.3.2.1a in Traveler Returning to Australia from India, 2024. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: https://www.wnc.cdc.gov/eid/article/31/1/24-1210_article.
46. Apostolopoulos V., Sah R., Mehta R., Diaz B., Rodriguez-Morales A.J. First confirmed human case of H5N2 virus infection in Mexico: an emerging zoonotic concern. *Infez. Med.* 2024; 32(3):413–6. DOI: 10.53854/liim-3203-16.
47. WHO. Avian Influenza A(H10N5) and Influenza A(H3N2) Co-infection - China. (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: [https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON504#:~:text=On%2027%20January%202024%2C%20the,and%20seasonal%20influenza%20A\(H3N2\)%20virus](https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON504#:~:text=On%2027%20January%202024%2C%20the,and%20seasonal%20influenza%20A(H3N2)%20virus).
48. Zhao Z., Luo S., Gao Y., Dai M., Yan J., Yang Y., Li H., Zhang Y., Mao Z. A case report of human infection with avian influenza H10N3 with a complex respiratory disease history. *BMC Infect. Dis.* 2024; 24(1):918. DOI: 10.1186/s12879-024-09830-y.
49. Zhang W., Zhang Z., Wang M., Pan X., Jiang X. Second Identified human infection with the avian influenza virus H10N3: A case report. *Ann. Intern. Med.* 2023; 176(3):429–31. DOI: 10.7326/L22-0376.
50. Everest H., Billington E., Daines R., Burman A., Iqbal M. The emergence and zoonotic transmission of H10Nx avian influenza virus infections. *mBio*. 2021; 12(5):e0178521. DOI: 10.1128/mBio.01785-21.
51. WHO. Summary of neuraminidase (NA) amino acid substitutions assessed for their effects on inhibition by neuraminidase inhibitors (NAIs). (Cited 25 Jan 2025). [Internet]. Available from: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/influenza/laboratory---network/quality-assurance/human-nai-marker-table_for-publication_final_20240918.pdf.

Authors:

Vasiltsova N.N., Panova A.S., Petrov V.N., Danilenko A.V., Shadrinova K.N., Svyatchenko S.V., Ivanova K.I., Onkhonova G.S., Goncharova N.I., Marchenko V.Yu. State Scientific Center of Virology and Biotechnology "Vector". Koltsovo, Novosibirsk Region, 630559, Russian Federation. E-mail: vector@vector.nsc.ru.

Об авторах:

Васильцова Н.Н., Панова А.С., Петров В.Н., Даниленко А.В., Шадринова К.Н., Святченко С.В., Иванова К.И., Онхонова Г.С., Гончарова Н.И., Марченко В.Ю. Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор». Российская Федерация, 630559, Новосибирская обл., р.п. Кольцово. E-mail: vector@vector.nsc.ru.