



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>  
УДК 619:578.832.1:598.2:578.42:636.2



# Межвидовая передача вируса гриппа птиц А(Н5N1) млекопитающим: уроки вспышек среди крупного рогатого скота в 2024–2025 гг.

Е. А. Краснова, Е. В. Корогодина, Д. А. Лунина

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

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** В 2024–2025 гг. произошла серия вспышек высокопатогенного гриппа птиц А(Н5N1) среди молочного скота. Подобное изменение круга хозяев вируса повышает глобальные риски для животноводства и общественного здравоохранения, что требует усиления систем эпизоотологического мониторинга и контроля.

**Цель исследования.** Анализ эпизоотологических характеристик инфекции молочного скота и других млекопитающих, вызванной вирусом гриппа птиц А(Н5N1) в 2024–2025 гг., а также обобщение принятых мер реагирования и рекомендаций международных организаций.

**Материалы и методы.** Применялись аналитические методы исследований с использованием баз данных PubMed, Scopus, Web of Science, Springer, Wiley Online Library и материалов международных организаций (FAO, EFSA, WOAH, OFFLU, CDC).

**Результаты.** Вспышки гриппа птиц А(Н5N1), обусловленные вирусом клады 2.3.4.4b генотипов В3.13 и D1.1, среди молочного скота в 2024–2025 гг. произошли в результате трех установленных независимых случаев передачи возбудителя из популяции дикой птицы. Инфекция была выявлена на 1078 фермах у крупного рогатого скота в 17 штатах США. Зафиксирована последующая передача вируса домашней птице, диким и домашним животным, включая кошек, и людям (70 человек), в основном работникам ферм и птицефабрик, а также обратная передача возбудителя от коров к птицам. Повсеместное быстрое распространение вируса связано с массовыми перемещениями скота и недостаточностью мер обеспечения биобезопасности. Рекомендовано проводить исследования на грипп А(Н5) при дифференциальной диагностике заболеваний крупного рогатого скота, свиней, домашних и диких животных.

**Заключение.** Эпизоотия гриппа птиц А(Н5N1) среди крупного рогатого скота и передача инфекции другим млекопитающим демонстрирует серьезную угрозу для животноводства и общественного здоровья. В ответ на существующие риски необходимо усилить меры биобезопасности и надзор в эпидемиологически важных популяциях животных, учесть опыт других стран и наладить международное сотрудничество для изучения направлений эволюции вируса.

**Ключевые слова:** обзор, грипп птиц А(Н5N1), межвидовая передача, крупный рогатый скот, кошки, свиньи, биобезопасность, перемещение скота, молоко, эпизоотологический надзор

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦВиМ (тема № FGNM-2022-0004). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку данной работы.

**Для цитирования:** Краснова Е. А., Корогодина Е. В., Лунина Д. А. Межвидовая передача вируса гриппа птиц А(Н5N1) млекопитающим: уроки вспышек среди крупного рогатого скота в 2024–2025 гг. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 13–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для корреспонденции:** Краснова Елена Анатольевна, канд. биол. наук, заместитель директора СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия, [krasnova@yandex.ru](mailto:krasnova@yandex.ru)

## Cross-species transmission of avian influenza A(H5N1) virus to mammals: lessons learnt from 2024–2025 outbreaks in cattle

Elena A. Krasnova, Elena V. Korogodina, Daria A. Lunina

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

## ABSTRACT

**Introduction.** In 2024–2025, a number of high pathogenicity avian influenza A(H5N1) outbreaks were reported in dairy cattle. Such an expansion of the range of the virus hosts increases global risks for livestock farming and public health, which requires strengthening animal disease monitoring and control systems.

**Objective.** Analysis of the epizootological characteristics of avian influenza A(H5N1) virus infection in dairy cattle and other mammals in 2024–2025, as well as summary of the response measures taken and recommendations of international organizations.

**Materials and methods.** Analytical research methods were used utilizing PubMed, Scopus, Web of Science, Springer, Wiley Online Library databases and materials from international organizations (FAO, EFSA, WOAH, OFFLU, CDC).

**Results.** Outbreaks of avian influenza A(H5N1) caused by clade 2.3.4.4b virus of genotypes B3.13 and D1.1 in dairy cattle in 2024–2025 occurred as a result of three confirmed independent cases of the pathogen transmission from wild birds. The infection was detected on 1,078 cattle farms in 17 US states. Subsequent virus

© Краснова Е. А., Корогодина Е. В., Лунина Д. А., 2026

transmission to poultry, wild and domestic animals, including cats, as well as to humans (70 people), mainly those working on animal and poultry farms, was reported. Reverse transmission of the pathogen from cows back to birds was documented as well. Rapid and wide spread of the virus is associated with extensive animal movements and insufficient biosafety measures. Influenza A(H5) is recommended for the inclusion in the differential diagnosis for cattle, pigs, domestic and wild animals.

**Conclusion.** Avian influenza A(H5N1) epizootic in cattle and the infection transmission to other mammals pose a serious threat to livestock production and public health. In response to the existing risks, it is necessary to strengthen biosafety measures and surveillance in epidemiologically significant animal populations, incorporate the experience of other countries and establish international cooperation to study the trends of the virus evolution.

**Keywords:** review, avian influenza A(H5N1), cross-species transmission, cattle, cats, pigs, biosafety, animal movement, milk, epizootological surveillance

**Acknowledgements:** The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the state assignment for the Federal Research Center for Virology and Microbiology (No. FGNM-2022-0004). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this paper.

**For citation:** Krasnova E. A., Korogodina E. V., Lunina D. A. Cross-species transmission of avian influenza A(H5N1) virus to mammals: lessons learnt from 2024–2025 outbreaks in cattle. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 13–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>

**Conflict of interests:** The authors declare no conflict of interests.

**For correspondence:** Elena A. Krasnova, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia, [krasnovaficvim@yandex.ru](mailto:krasnovaficvim@yandex.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

Весьма тревожным событием последних лет является регистрируемое по всему миру обнаружение возбудителя высокопатогенного гриппа птиц (ВГП) у млекопитающих (рис.). Ранее рассматриваемый в первую очередь как угроза для домашней птицы, ВГП установил «новую норму», проявляющуюся в передаче млекопитающим [1, 2, 3]. С 2022 г. сообщается о значительном увеличении числа случаев выявления гриппа птиц H5 среди наземных животных (лисы, еноты, норки, медведи, тигры, рыси, горностаи, белки и др.) и водных млекопитающих (дельфины, тюлени, морские львы, моржи и др.) [4]. В 2023 г. впервые было зафиксировано распространение ВГП от инфицированных вирусом диких млекопитающих Северной и Южной Америки в Антарктиду [5]. Сообщалось о массовой гибели животных: от сотен до тысяч морских львов в Перу, Аргентине, Уругвае и Бразилии, морских котиков в Чили и Бразилии и морских слонов в Аргентине [3, 6]. В начале 2024 г. в субантарктической зоне была зарегистрирована массовая гибель южных морских слонов и морских котиков от ВГП, чему, вероятно, способствовали их колониальный образ жизни и высокая восприимчивость к возбудителю [7]. В 2024 г. увеличилось количество случаев инфицирования вирусом ВГП домашних животных (кошек) и людей от домашнего скота, включая крупный рогатый (КРС), что указывает на сохраняющуюся угрозу передачи возбудителя гриппа птиц от млекопитающих к млекопитающим и представляет значительный риск дальнейшей мутации вируса и приобретения способности передаваться от человека к человеку [8].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAO), в I квартале 2025 г. вирус гриппа подтипа H5Nx был выделен у млекопитающих почти 100 видов, преимущественно плотоядных. Таким образом, за относительно короткий период (2021–2025 гг.) с момента широкого распространения возбудителя ВГП подтипа H5Nx произошло удвоение количества восприимчивых видов млекопитающих и диких птиц<sup>1</sup>. Расширение спектра восприимчивых видов млекопитающих и ареала географического распространения вируса увеличивают риск его передачи человеку, согласно данным Всемирной организации здравоохранения животных (WOAH). Поэтому крайне важно регулярно проводить эпизоотологический мониторинг по гриппу птиц и соблюдать меры биологической безопасности, особенно в отношении новых и нетипичных хозяев вируса [6].

<sup>1</sup> Global avian influenza viruses with zoonotic potential situation update: Bird & mammal species affected by H5Nx HPAI. <https://www.fao.org/animal-health/situation-updates/global-aiv-with-zoonotic-potential/bird-species-affected-by-h5nx-hpai/en>

Нарастанию риска межвидового перехода возбудителя ВГП к новым видам млекопитающих и от млекопитающих к человеку способствуют высокая активность циркуляции вируса A(H5N1), повышение генетического разнообразия представителя клады 2.3.4.4, накопление мутаций, которые приводят к адаптации к млекопитающим (включая усиление вирусной репликации и изменение вирулентности, хозяин-специфической полимеразной активности, в том числе связывание с  $\alpha 2,6$ -рецепторами сиаловой кислоты по человеческому типу и др.), в генных сегментах, кодирующих ключевой поверхностный белок – гемагглютинин (HA), другой поверхностный белок – нейраминидазу (NA), белки матрикса (M1 и M2), нуклеопротеин (NP), основную полимеразу 2 (PB2) [9, 10, 11, 12].

Особого внимания к проблеме преодоления вирусом межвидового барьера и роста его пандемического потенциала требуют случаи заражения млекопитающих, находящихся в тесном контакте с человеком. К ним относятся сельскохозяйственные (КРС, свиньи) и домашние животные (кошки) [8, 9, 13, 14, 15].

С целью изучения эпизоотологических характеристик инфекции молочного скота и других млекопитающих, вызванной вирусом гриппа птиц A(H5N1) в 2024–2025 гг., а также принятых мер реагирования и рекомендаций международных организаций был проведен анализ доступной научной литературы и материалов таких международных организаций, как ВОАН, FAO, Европейское агентство по безопасности продуктов питания (EFSA), Глобальная сеть экспертов ВОАН/FAO по гриппу животных (OFFLU), Центр по контролю и профилактике заболеваний США (CDC). Анализ актуального эпизоотологического профиля и опыта по борьбе с ВГП необходим для совершенствования комплексного контроля данного заболевания.

## ВСПЫШКИ ГРИППА ПТИЦ СРЕДИ МОЛОЧНОГО СКОТА В США

Инфицирование вирусом гриппа A(H5) КРС представляет собой резкое изменение круга хозяев возбудителя и эпизоотологического профиля, приводящее к устойчивой передаче патогена от одного млекопитающего к другому и повышенному риску для диких и домашних животных, а также работников сельского хозяйства, что представляет опасность для общественного здравоохранения [14]. По мнению FAO, обнаружение вируса у молочного скота и случаи инфицирования среди работников ферм, контактировавших с зараженными животными, подчеркивают необходимость усиления систем эпизоотологического мониторинга и контроля [16].

В марте 2024 г. после сообщений о нехарактерных симптомах у молочного скота в США вирус гриппа A(H5N1) клады

2.3.4.4b генотипа В3.13 был выделен из образцов непастеризованного молока и мазков из ротоглотки КРС [13]. Возбудитель гриппа птиц генотипа В3.13 является реассортантом европейского высокопатогенного штамма вируса подтипа H5N1 и североамериканского низкопатогенного штамма [1]. Секвенирование и филогенетический анализ выделенных штаммов вируса показали, что первоначально имел место однократный случай передачи указанного патогена (генотип В3.13) от дикой птицы к КРС в конце 2023 – начале 2024 г., после чего последовало широкое и быстрое его распространение по территории США, в основном связанное с особенностями ведения скотоводства в стране. Зафиксирована последующая передача вируса гриппа А(H5N1) генотипа В3.13 от инфицированного КРС диким птицам, домашним птицам (куры), диким млекопитающим (еноты), синантропным грызунам (мыши), домашним животным (кошки) и людям, работникам ферм и птицефабрик. Кроме того, была зарегистрирована обратная передача вируса от коров к птицам [17].

В начале 2025 г. были подтверждены второй и третий независимые случаи передачи высокопатогенного вируса гриппа клады 2.3.4.4b от дикой птицы к КРС, при этом возбудитель относился к генотипу D1.1<sup>2</sup>. В настоящее время генотип D1.1 является наиболее часто обнаруживаемым генотипом в Северной Америке, который поражает дику и домашнюю птицу, а также млекопитающих.

На сайте Министерства сельского хозяйства США обновляется карта с количественным и территориальным (с указанием штата) распространением случаев ВГП у животных (КРС, свиньи, альпаки)<sup>3</sup>. По состоянию на 1 августа 2025 г. в 17 штатах зарегистрировано инфицирование вирусом ВГП 1078 стад КРС. На сайте CDC отображена актуальная ситуация среди людей<sup>4</sup>. На 7 июля 2025 г. у 70 человек (в основном сотрудников ферм и птицефабрик) подтвердилось заражение вирусом гриппа птиц. Пока риск для общественного здравоохранения оценивается как низкий.

Широкое распространение высокопатогенного вируса гриппа А(H5N1) среди КРС ставит под сомнение устоявшиеся теории экологической динамики гриппа и указывает на значительные пробелы в системе глобальной готовности реагирования на подобные биологические угрозы, требуя принятия незамедлительных мер по устранению выявленных недостатков [14].

**Пути передачи инфекции и факторы риска.** Передача вируса внутри ферм в основном происходила через зараженное молоко и в процессе доения (через доильные аппараты), а не респираторным путем [18], в то время как распространение от фермы к ферме в основном связано с перемещением скота и использованием общего оборудования [13]. Было показано, что на доильных аппаратах вирус гриппа А (H5N1) в сыром молоке от инфицированных животных сохраняет инфекционность в течение нескольких часов и обнаруживается в пробах окружающей среды из доильных залов, что подчеркивает риск непрямого передачи возбудителя во время рутинного доения. Однако в экспериментальных условиях при длительном совместном содержании (14 дней) инфицированных и контрольных коров, а также при совместном использовании доильного оборудования не удалось воспроизвести передачу вируса [19]. В ходе



*Рис. Географическое распространение ВГП среди млекопитающих в 2022–2025 гг. (на карте указаны основные семейства млекопитающих, среди которых были зарегистрированы вспышки инфекции за указанный период; по данным World Animal Health Information System на 01.08.2025)*

*Fig. Geographic distribution of high pathogenicity avian influenza (HPAI) in mammals, 2022–2025 (symbols on the map indicate main mammalian families affected by HPAI outbreaks during this period; World Animal Health Information System, 01 August 2025)*

проведения модельного эксперимента подтверждена возможность заражения телят алиментарным путем при кормлении сырым молоком от коров, инфицированных высокопатогенным вирусом гриппа подтипа H5N1 генотипа В3.13 [20]. При этом клинические признаки у телят были слабовыраженными (выделения из носа, незначительная лихорадка и вялость, жидкий стул и учащенное дыхание) и совпадали с признаками других часто встречающихся заболеваний, что в полевых условиях затруднит постановку диагноза.

Особенности ведения сельского хозяйства в США предполагают обширное перемещение животных как в пределах ферм, так и между ними на разных этапах производства [9]. Например, около 40% ремонтного молодняка для молочных хозяйств выращивается за пределами фермы. По данным Национального эпидемиологического обзора Министерства сельского хозяйства США, появлению клинических признаков у скота на более чем 50% пострадавших ферм предшествовало поступление новых партий КРС в последние 30 дней, а более 45% ферм продолжали осуществлять перемещение скота даже после появления клинических признаков у животных<sup>5</sup>. Перемещения скота в США разрешены и проводились без предварительных лабораторных исследований, что при отсутствии симптомов способствовало широкому распространению вируса.

Другим высоковероятным путем передачи инфекции между фермами и штатами является несоблюдение требований биологической безопасности: использование общего транспорта и оборудования (в том числе для уборки и переработки кормов и отходов), недостаточная их дезинфекция, отсутствие смены одежды и обуви персонала, являющегося одновременно работниками других ферм или имеющего собственный скот и птицу, и посетителей ферм, имеющих доступ к животным (в том числе ветеринаров, консультантов по кормам, специалистов по разведению скота и обрезке копыт, перевозчиков и др.) [13, 16].

Дополнительным фактором риска является смешанное разведение животных и присутствие в местах содержания

<sup>2</sup> Updated joint FAO/WHO/WOAH public health assessment of recent influenza A(H5) virus events in animals and people (Assessment based on data as of 1 March 2025). <https://www.woah.org/app/uploads/2025/04/2025-04-17-fao-woah-who-h5n1-assessment.pdf>

<sup>3</sup> HPAI confirmed cases in livestock. <https://www.aphis.usda.gov/livestock-poultry-disease/avian/avian-influenza/HPAI-detections/HPAI-confirmed-cases-livestock>

<sup>4</sup> H5 bird flu: Current situation. <https://www.cdc.gov/bird-flu/situation-summary/index.html>

<sup>5</sup> Animal and Plant Health Inspection Service, U.S.D.A. Highly pathogenic avian influenza H5N1 genotype В3.13 in dairy cattle: National epidemiologic brief. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/highly-pathogenic-avian-influenza-national-epidemiological-brief-09-24-2024.pdf>

скота домашних питомцев, а также скармливание им и молодняку КРС непастеризованного молока. Например, на территории более 75% неблагополучных по ВГП ферм присутствовали кошки, а 19% ферм – домашняя птица<sup>6</sup>.

Таким образом, широкому распространению вируса в молочных стадах США способствовали в основном бессимптомная передача, отсутствие надзора в эпидемиологически важных популяциях и недостаточное соблюдение мер по обеспечению биологической безопасности.

В настоящее время проводится изучение путей и способов передачи возбудителя среди КРС, продолжительности выделения вируса и др. Предварительное модельное исследование показывает, что длительность инфекционного периода может варьироваться от 2,8 до 13,1 сут при медиане 6,2 сут [21].

**Клинические проявления** в среднем регистрировались менее чем в 20% случаев, а смертность не превышала 2%. Описывают следующие преобладающие клинические признаки у КРС [13, 14]:

- снижение молочной продуктивности и изменение качества молока (цвет, консистенция, свертывание);
- снижение аппетита и угнетение рубцовой деятельности;
- лихорадка;
- мастит;
- обезвоживание;
- изменение консистенции фекалий;
- выделения из носа и респираторный дистресс.

Во время вспышек в США клинические признаки у КРС сохранялись до 21 сут (в среднем 6 сут), за исключением изменений качества молока. Сообщается, что производство молока было снижено до 45 сут (в среднем 12 сут). Несмотря на то что вирусная РНК была выявлена в молоке, мазках из носа, моче и сыворотке крови инфицированного скота, самые высокие концентрации инфекционного агента постоянно обнаруживались в молоке и тканях молочной железы [22].

**Исследования молока.** Вирус гриппа птиц H5 активно реплицируется в молочных железах, при этом инфицированные коровы выделяют большое количество вируса с молоком до 3 нед, даже при отсутствии клинических признаков [13]. Усиленная экспрессия как вируса гриппа птиц, так и вируса гриппа человека в молочных железах коров в сочетании с высокой концентрацией в молоке (от  $10^{4.0}$  до  $10^{8.8}$  TCID<sub>50</sub>/мл) предполагает локальную репликацию вируса. Экспериментально показано, что интрамаммарного воздействия даже низких доз вируса гриппа A(H5N1) генотипа B3.13 (диапазон: от  $10^1$  до  $10^3$  TCID<sub>50</sub>) достаточно для установления устойчивой инфекции, выделения с молоком вируса в высоких титрах и развития клинического мастита [19]. Воздействие вируса гриппа A(H5N1) в высоких дозах на ткани молочной железы приводит к тяжелым клиническим симптомам и гибели, наблюдаемым у молочных коров на фермах, в то время как респираторное и пероральное воздействие с меньшей вероятностью приводит к развитию продуктивной инфекции и связанной с ней заболеваемости.

В ходе проведения лабораторных исследований для выделения РНК вируса гриппа из образцов сырого молока применяются различные методы, в том числе сорбционные с использованием колонок и магнитных сорбентов, а также метод фенол-хлороформной экстракции (Trizol LS). На эффективность выделения может оказывать влияние предварительная обработка образцов молока, а также условия их хранения [8].

Исследования показали, что молоко повышает термостойкость вирусов гриппа, однако результаты экспериментов по инактивации возбудителя при различных режимах нагрева и времени обработки противоречивы [23]. В ряде

исследований указывается, что промышленная пастеризация молока является надежным методом инактивации вируса гриппа птиц [24]. В других работах упоминается, что ни пастеризация при 72 °C в течение 15 с, ни при 63 °C в течение 30 мин не могут полностью убить вирус в молоке, тогда как при тепловой обработке при 80 °C в течение 15 с вирус гриппа подтипа H5N1 в молоке полностью инактивируется [23, 25]. Несмотря на то что вирусная РНК обнаруживалась в образцах пастеризованных молочных продуктов, инфекционный агент выявлен не был [26]. Это еще больше подчеркивает потенциальную опасность непастеризованного молока и молочных продуктов из него. Так, в лабораторных экспериментах доказана сохранность вируса ВГП в сыром коровьем и овечьем молоке более суток при комнатной температуре и более 7 сут при хранении в холодильнике [27]. Более того, исследование сыра из сырого молока показало, что инфекционный вирус гриппа птиц A(H5N1) может сохраняться в таком продукте в течение нескольких месяцев (более 60 дней)<sup>7</sup>. Полученные результаты указывают на необходимость внедрения дополнительных мер по снижению рисков инфицирования животных и человека при производстве и потреблении продуктов из сырого молока [28].

### ГРИПП ПТИЦ У СВИНЕЙ И КОШЕК

Свиньи обладают уникальными анатомическими и физиологическими характеристиками дыхательных путей, которые могут способствовать возникновению инфекций, вызванных неадаптированными к ним штаммами вируса гриппа А [29]. Так, в октябре 2024 г. Министерство сельского хозяйства США подтвердило наличие возбудителя гриппа птиц A(H5N1) у свиньи на ферме в штате Орегон<sup>8</sup>. В данном хозяйстве и птица, и скот, включая свиней, содержались вместе, они пользовались общими поилками, для ухода за ними использовалось одно и то же оборудование. Клинические признаки инфекции, вызванной возбудителем гриппа А(H5), у свиней отсутствовали. Какой-либо специфической адаптации вируса к человеку или млекопитающим выявлено не было. Обнаружение генетического материала вируса H5N1 в тканях и экскрементах свиней свидетельствует об их потенциальной роли в поддержании и усилении передачи патогена [14].

Предварительное экспериментальное исследование на свиньях показало ограниченную репликацию вируса гриппа A(H5N1) генотипа B3.13, выделенного от КРС, и отсутствие передачи возбудителя при прямом контакте от инфицированных свиней к неинфицированным. При экспериментальном интраназальном и пероральном заражении свиней другим генотипом вируса гриппа A(H5N1) клады 2.3.4.4b установлено, что штаммы, выделенные от млекопитающих, продемонстрировали более высокий потенциал репликации, патогенности и трансмиссивности по сравнению со штаммами, выделенными от птиц [30, 31]. Таким образом, свиньи представляют собой важный элемент в механизме межвидовой трансмиссии, особенно в условиях смешанного животноводства. Данный фактор требует пристального внимания и свидетельствует о необходимости тестирования свиней на наличие вируса гриппа птиц из-за его генетического разнообразия и масштабов циркуляции, поскольку свиньи выступают в качестве «смесительных сосудов» для генетической реассортации вирусов гриппа птиц и гриппа человека, потенциально способствуя

<sup>6</sup> Animal and Plant Health Inspection Service, U.S.D.A. Highly pathogenic avian influenza H5N1 genotype B3.13 in dairy cattle: National epidemiologic brief. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/highly-pathogenic-avian-influenza-national-epidemiological-brief-09-24-2024.pdf>

<sup>7</sup> United States Food and Drug Administration. Investigation of avian influenza A (H5N1) virus in dairy cattle. <https://www.fda.gov/food/alerts-advisories-safety-information/investigation-avian-influenza-h5n1-virus-dairy-cattle>

<sup>8</sup> Federal and State Veterinary Agencies Share Update on HPAI detections in Oregon backyard farm, including first H5N1 detections in swine. <https://www.aphis.usda.gov/news/agency-announcements/federal-state-veterinary-agencies-share-update-HPAI-detections-oregon>

появлению новых штаммов с пандемическим потенциалом. Необходимо включить свиней в комплексные системы эпизоотологического надзора для более точной оценки экологической характеристики вируса гриппа подтипа H5N1 при циркуляции в популяциях домашних животных и анализа их потенциальной роли в зоонозных вспышках.

Важно, что в последние годы фиксируется рост межвидовой передачи вируса гриппа птиц A(H5N1) кошкам. Только в США с 2022 г. было зарегистрировано не менее 88 случаев заражения домашних кошек вирусом данного подтипа. В 2024–2025 гг. отмечены случаи инфицирования и гибели домашних и диких представителей семейства кошачьих в Индии, Вьетнаме, Нидерландах и других странах [32]. Кошки могут выступать в качестве переносчиков или промежуточных хозяев вируса, так как они тесно контактируют с людьми и животными других видов. Возможно инфицирование кошек и вирусом гриппа птиц, и вирусом гриппа человека, что может привести к вирусной адаптации и появлению рекомбинантных штаммов с зоонозным потенциалом [8, 15, 32, 33].

Во время вспышек гриппа, вызванных вирусом подтипа A(H5N1) клады 2.3.4.4b, в 2024–2025 гг. в США у инфицированных кошек фиксировали неврологические и респираторные симптомы, а также высокую летальность, что указывает на восприимчивость представителей семейства кошачьих к данному вирусу и их потенциальную роль в его трансмиссии. Кошки, содержащиеся в домашних условиях, а также животные из приютов подвержены повышенному риску инфицирования, особенно при контакте с зараженной дикой птицей, употреблении в пищу термически не обработанной инфицированной птицы/корма или непастеризованного молока от КРС, инфицированного вирусом гриппа А [15, 34]. Так, в сыром молоке, которое употребляли кошки с клиническими признаками заражения вирусом гриппа птиц, методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) была обнаружена РНК возбудителя ВГП подтипа H5N1. После поедания сырого молока от инфицированного скота заболело и погибло около 50% кошек [13]. Вирус ВГП A(H5N1) был обнаружен у домашних кошек в домах работников молочной фермы<sup>9</sup>, при этом прямой контакт животных с неблагополучной по гриппу птиц фермой отсутствовал, что свидетельствует о передаче возбудителя через человека (например, с загрязненной обувью, одеждой) [35]. Клинические признаки у инфицированных кошек включали депрессию, скованность движений тела, атаксию, слепоту, кружение, выделения из глаз и носа. Антиген вируса гриппа А был обнаружен в мозге, легких, сердце и сетчатке глаза больных кошек [13]. Следовательно, ветеринарам при осмотре кошек, контактировавших с дикими птицами или употреблявших в пищу сырую птицу или молочные продукты, а также имеющих острые неврологические и респираторные симптомы, следует включить грипп птиц в список дифференциальных диагнозов [34].

### ПРЕДПРИНИМАЕМЫЕ МЕРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В ответ на беспрецедентное распространение вируса ВГП среди КРС в США на правительственном уровне были внедрены следующие меры реагирования: ограничения на импорт КРС с клиническими признаками заболевания, а также на перемещение животных из неблагополучных по инфекции штатов; требование оформления сертификатов ветеринарного осмотра перед транспортировкой; тестирование молочного скота перед перемещением между штатами; усиление мер биобезопасности; ограничения на выстав-

ки; введение карантина [13, 16]. Производителям молочной продукции была предложена государственная финансовая поддержка для обеспечения необходимого уровня биобезопасности и компенсации расходов, связанных со вспышками ВГП. Дополнительные меры реагирования, помимо федеральных указов, внедрялись на уровне штатов.

Министерство сельского хозяйства США 6 декабря 2024 г. объявило о начале реализации Национальной стратегии тестирования молока (National Milk Testing Strategy, NMTS)<sup>10, 11</sup>. Общее количество ПЦР-тестов, проведенных за первый год, с апреля 2024 по апрель 2025 г., составило 210 146. В стратегии NMTS указывается, что перед перевозкой дойного молочного скота из одного штата в другой в аккредитованной лаборатории необходимо получить отрицательный результат тестирования на наличие вируса гриппа А; перемещение КРС с клиническими признаками гриппа и транспортировка его на убой не разрешается. Отбор проб молока необходимо проводить под наблюдением лицензированного или аккредитованного ветеринара. Объем пробы должен составлять от 3 до 10 мл и содержать молоко из каждой доли вымени. Объединение образцов молока может производиться только в лаборатории. Все перемещаемые животные в группе (партии) из 30 и менее голов должны быть протестированы. Если транспортируется большее количество животных, то в общей сложности необходимо протестировать только 30 голов. Отбор и тестирование образцов должны проводиться не позднее чем за 7 дней до перемещения. В случае получения положительных результатов на грипп А не разрешается перевозить молочный скот в течение 30 дней с момента последнего сбора положительного образца от любого животного в стаде. По истечении 30-дневного периода животные должны быть повторно протестированы. Дойный молочный скот без клинических признаков, перевозимый непосредственно на убой, не обязан проходить предварительный тест, но должен иметь сертификат ветеринарного осмотра.

Министерство сельского хозяйства США на основе анализа результатов эпизоотологических исследований животных, инфицированных вирусом гриппа A(H5N1), рекомендует усилить меры биобезопасности на молочных фермах:

- избегать использования общего оборудования и транспорта, проводить их дезинфекцию;
- соблюдать требования биобезопасности при любых контактах человека (персонал, посетители) с животными на ферме;
- исключить открытое хранение кормов и материала подстилки и предотвратить контакты этих материалов с домашними и дикими животными и птицами;
- избегать совместного содержания животных разных видов на ферме;
- использовать передовые методы утилизации отходов во избежание попадания зараженного навоза в компост;
- проводить пастеризацию, химическую или термическую обработку молочных отходов;
- обеззараживать сырое молоко (пастеризовать) в случае его последующего скармливания телятам или другим видам животных;
- карантинировать новых животных в стаде не менее чем на 30 дней, а также изолировать скот с клиническими признаками заболевания.

В литературе также упоминается важность упреждающего контроля ВГП в дикой природе [7, 12] и среди домашних

<sup>10</sup> Testing. USDA. <https://www.aphis.usda.gov/livestock-poultry-disease/avian/avian-influenza/HPAI-livestock/testing>

<sup>11</sup> APHIS Requirements and Recommendations for Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 Virus in Livestock for State Animal Health Officials, Accredited Veterinarians and Producers. May 14, 2024. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/aphis-requirements-HPAI-livestock-eng-sp.pdf>

<sup>9</sup> Naraharisetty R., Weinberg M., Stoddard B., Stobierski M. G., Dodd K. A., Wineland N., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infection of indoor domestic cats within dairy industry worker households – Michigan, May 2024. [https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/74/wr/mm7405a2.htm?s\\_cid=mm7405a2\\_w](https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/74/wr/mm7405a2.htm?s_cid=mm7405a2_w)

животных [9]. Подчеркивается необходимость наблюдения за популяциями диких животных на наличие вируса ВГП подтипа H5, основываясь на данных о необычном уровне заболеваемости и регистрации случаев гибели, а также на результатах вирусологических и серологических анализов, включая своевременный обмен диагностической информацией о заболевании и последовательностями вирусного генома для оперативного выявления новых случаев проникновения вируса и отслеживания его эволюции посредством филогенетического анализа. Для домашних животных и сельскохозяйственного скота на первый план выходят усиленные меры по обеспечению биологической безопасности.

В свете сообщений о случаях инфицирования КРС и других видов млекопитающих вирусом гриппа птиц FAO опубликовала обновленные рекомендации, в которых содержатся указания по внедрению эффективных программ мониторинга для своевременного выявления случаев заболевания гриппом птиц среди КРС [16]. В том числе следующие:

- усилить эпизоотологический надзор и своевременно информировать с целью раннего выявления вируса гриппа А(H5) у домашних птиц, диких птиц и млекопитающих;
- включить в дифференциальный диагноз гриппа А(H5) у КРС, свиней и других видов скота, а также домашних и диких животных;
- оперативно сообщать о случаях выявления ВГП у всех видов животных, включая КРС и других домашних и диких млекопитающих, в международные организации (ВОАН, FAO);
- проводить активный мониторинг / выявление случаев заболевания, в том числе с использованием молекулярных и серологических методов;
- обеспечивать лиц, контактирующих с животными, соответствующими средствами индивидуальной защиты, а также предоставлять им возможность тестирования;
- проводить геномное секвенирование и размещать генетические последовательности вирусов гриппа и связанные с ними метаданные в общедоступных базах данных;
- внедрять и/или укреплять систему биобезопасности в животноводческих хозяйствах / помещениях и по всей производственной цепочке;
- осуществлять профилактические мероприятия и принимать ранние меры реагирования для прерывания цепочки заражения среди домашних животных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вспышка гриппа птиц А(H5N1) среди молочного скота в США свидетельствует о значительном изменении эпизоотического потенциала вируса и его способности к межвидовой передаче. Это событие подчеркивает необходимость усиления систем эпизоотологического мониторинга и обязательного соблюдения мер обеспечения биобезопасности в животноводстве. Атипичность и смазанность клинических проявлений гриппа птиц у КРС усложняет постановку диагноза и принятие своевременных мер. Важно, что вирус может выделяться с молоком в течение нескольких недель даже при отсутствии клинических признаков. Этот факт подчеркивает необходимость строгого соблюдения правил обработки молочных продуктов, включая пастеризацию как эффективный метод инактивации вируса. Свиньи и кошки также оказались уязвимыми к инфекции, обусловленной возбудителем гриппа А(H5N1), что дает основание говорить об их потенциальной роли в эволюции и распространении вируса.

Необходимы дальнейшие усилия для устранения пробелов в системе мониторинга и реагирования на биологическую угрозу. Для эффективного контроля распространения вируса гриппа подтипа H5N1 среди животных и минимизации риска зоонозных инфекций важно учитывать опыт других стран и внедрять комплексные меры по предотвраще-

нию распространения возбудителя. Включение инфекции, обусловленной вирусом гриппа А(H5), в дифференциальный диагноз у КРС, свиней и других млекопитающих, а также усиление эпизоотологического надзора являются ключевыми шагами в обеспечении безопасности животноводства и общественного здоровья. При исследовании эволюции вируса гриппа птиц и разработке эффективных профилактических стратегий важно проводить геномный мониторинг и налаживать международное научное сотрудничество.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Capelastegui F., Goldhill D. H. H5N1 2.3.4.4b: a review of mammalian adaptations and risk of pandemic emergence. *Journal of General Virology*. 2025; 106 (6):002109. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.002109>
2. Plaza P. I., Gamarra-Toledo V., Eugui J. R., Lambertucci S. A. Recent changes in patterns of mammal infection with highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus worldwide. *Emerging Infectious Diseases*. 2024; 30 (3): 444–452. <https://doi.org/10.3201/eid3003.231098>
3. Bellido-Martín B., Rijnink W. F., Iervolino M., Kuiken T., Richard M., Fouchier R. A. M. Evolution, spread and impact of highly pathogenic H5 avian influenza A viruses. *Nature Reviews Microbiology*. 2026; 24 (1): 45–60. <https://doi.org/10.1038/s41579-025-01189-4>
4. Shi J., Zeng X., Cui P., Yan C., Chen H. Alarming situation of emerging H5 and H7 avian influenza and effective control strategies. *Emerging Microbes & Infections*. 2023; 12 (1):2155072. <https://doi.org/10.1080/22221751.2022.2155072>
5. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control, European Union Reference Laboratory for Avian Influenza, Adlhoeh C., Fusaro A., Gonzales J. L., et al. Avian influenza overview September–December 2023. *EFSA Journal*. 2023; 21 (12):e8539. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2023.8539>
6. Puryear W. B., Runstadler J. A. High-pathogenicity avian influenza in wildlife: a changing disease dynamic that is expanding in wild birds and having an increasing impact on a growing number of mammals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2024; 262 (5): 601–609. <https://doi.org/10.2460/JAVMA.24.01.0053>
7. Kuiken T., Vanstreels R. E. T., Banyard A., Begeman L., Breed A. C., Dewar M., et al. Emergence, spread, and impact of high-pathogenicity avian influenza H5 in wild birds and mammals of South America and Antarctica. *Conservation Biology*. 2025; e70052. <https://doi.org/10.1111/cobi.70052>
8. Burrough E. R., Magstadt D. R., Petersen B., Timmermans S. J., Gauger P. C., Zhang J., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) clade 2.3.4.4b virus infection in domestic dairy cattle and cats, United States, 2024. *Emerging Infectious Diseases*. 2024; 30 (7): 1335–1343. <https://doi.org/10.3201/EID3007.240508>
9. Nguyen T.-Q., Hutter C. R., Markin A., Thomas M., Lantz K., Killian M. L., et al. Emergence and interstate spread of highly pathogenic avian influenza A(H5N1) in dairy cattle in the United States. *Science*. 2025; 388 (6745):eadq0900. <https://doi.org/10.1126/science.adq0900>
10. Sarker R. D., Giasuddin M., Chowdhury E. H., Islam M. R. Serological and virological surveillance of avian influenza virus in domestic ducks of the north-east region of Bangladesh. *BMC Veterinary Research*. 2017; 13 (1):180. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1104-6>
11. Hu X., Saxena A., Magstadt D. R., Gauger P. C., Burrough E. R., Zhang J., et al. Genomic characterization of highly pathogenic avian influenza A H5N1 virus newly emerged in dairy cattle. *Emerging Microbes & Infections*. 2024; 13 (1):2380421. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2380421>
12. Ruy P.-E., Ball S., Barry G., Cuq B., McDevitt A. D., English H. M., et al. Expanding wildlife serosurveillance: a study of influenza A virus exposure in Irish carnivores. *European Journal of Wildlife Research*. 2025; 71:71. <https://doi.org/10.1007/s10344-025-01950-3>
13. European Food Safety Authority, Alvarez J., Bortolami A., Ducatez M., Guinat C., Stegeman J. A., et al. Risk posed by the HPAI virus H5N1, Eurasian lineage goose/Guangdong clade 2.3.4.4b. genotype B3.13, currently circulating in the US. *EFSA Journal*. 2025; 23 (7):e9508. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9508>
14. Sanchez-Rojas I. C., Bonilla-Aldana D. K., Solarte-Jimenez C. L., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Rodriguez-Morales A. J. Highly pathogenic avian influenza (H5N1) clade 2.3.4.4b in cattle: a rising one health concern. *Animals*. 2025; 15 (13):1963. <https://doi.org/10.3390/ani15131963>
15. Bonilla-Aldana D. K., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Rodriguez-Morales A. J. Highly pathogenic avian influenza H5N1 in cats (*Felis catus*): a systematic review and meta-analysis. *Animals*. 2025; 15 (10):1441. <https://doi.org/10.3390/ani15101441>
16. El Masry I., Delgado A. H., Silva G. O. D., Lyons N. A., Dhingra M. Recommendations for the surveillance of influenza A(H5N1) in cattle – With broader

application to other farmed mammals. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 37. Rome: FAO; 2024. 32 p. <https://doi.org/10.4060/cd3422en>

17. Caserta L. C., Frye E. A., Butt S. L., Laverack M., Nooruzzaman M., Covaleda L. M., et al. Spillover of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus to dairy cattle. *Nature*. 2024; 634 (8034): 669–676. <https://doi.org/10.1038/S41586-024-07849-4>

18. Campbell A. J., Brizuela K., Lakdawala S. S. mGem: Transmission and exposure risks of dairy cow H5N1 influenza virus. *mBio*. 2025; 16 (3):e02944-24. <https://doi.org/10.1128/mbio.02944-24>

19. Lee C., Tarbuck N. N., Cochran H. J., Foreman B. M., Boley P., Khatiwada S., et al. Dairy cows infected with influenza A(H5N1) reveals low infectious dose and transmission barriers. *Research Square*. 2025; Preprint (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6900680/v1>

20. Davila K. S., Baker A., Boggiatto P., Palmer M., Putz E., Olsen S., et al. Susceptibility of calves fed unpasteurized milk from cows experimentally infected with highly pathogenic avian influenza H5N1. *Research Square*. 2025; Preprint (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6681893/v1>

21. Eales O., McCaw J. M., Shearer F. M. Viral kinetics of H5N1 infections in dairy cattle. *bioRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.02.01.636082>

22. Lombard J., Stenkamp-Strahm C., McCluskey B., Melody B. Evidence of viremia in dairy cows naturally infected with influenza A virus, California, USA. *Emerging Infectious Diseases*. 2025; 31 (7): 1425–1427. <https://doi.org/10.3201/eid3107.250134>

23. Hu W., Wang Z., Chen Y., Wu S., Li T., Zhai S.-L., et al. The thermal stability of influenza viruses in milk. *Viruses*. 2024; 16 (11):1766. <https://doi.org/10.3390/v16111766>

24. Spackman E., Anderson N., Walker S., Suarez D. L., Jones D. R., McCoig A., et al. Inactivation of highly pathogenic avian influenza virus with high-temperature short time continuous flow pasteurization and virus detection in bulk milk tanks. *Journal of Food Protection*. 2024; 87 (10):100349. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100349>

25. Kaiser F., Morris D. H., Wickenhagen A., Mukesh R., Gallogly S., Yinda K. C., et al. Inactivation of avian influenza A(H5N1) virus in raw milk at 63 °C and 72 °C. *The New England Journal of Medicine*. 2024; 391 (1): 90–92. <https://doi.org/10.1056/nejmc2405488>

26. Spackman E., Jones D. R., McCoig A. M., Colonius T. J., Goraichuk I. V., Suarez D. L. Characterization of highly pathogenic avian influenza virus in retail dairy products in the US. *Journal of Virology*. 2024; 98 (7):e00881-24. <https://doi.org/10.1128/jvi.00881-24>

27. Schafers J., Warren C. J., Yang J., Zhang J., Cole S. J., Cooper J., et al. Stability of influenza viruses in the milk of cows and sheep. *medRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.05.28.25328508>

28. Nooruzzaman M., de Oliveira P. S. B., Martin N. H., Alcaine S. D., Diel D. G. Stability of influenza A H5N1 virus in raw milk cheese. *bioRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.03.13.643009>

29. Ospina-Jimenez A. F., Gomez A. P., Rincon-Monroy M. A., Perez D. R., Ramirez-Nieto G. C. A novel reassorted swine H3N2 influenza virus demonstrates an undetected human-to-swine spillover in Latin America and highlights zoonotic risks. *Virology*. 2025; 606:110483. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2025.110483>

30. Kwon T., Trujillo J. D., Carossino M., Machkovech H. M., Cool K., Lyoo E. L., et al. Pathogenicity and transmissibility of bovine-derived HPAI H5N1 B3.13 virus in pigs. *Emerging Microbes & Infections*. 2025; 14 (1):2509742. <https://doi.org/10.1080/22221751.2025.2509742>

31. Graaf A., Piesche R., Sehl-Ewert J., Grund C., Pohlmann A., Beer M., Harder T. Low susceptibility of pigs against experimental infection with HPAI virus H5N1 clade 2.3.4.4b. *Emerging Infectious Diseases*. 2023; 29 (7): 1492–1495. <https://doi.org/10.3201/eid2907.230296>

32. Duijvestijn M. B. H. M., Schuurman N. N. M. P., Vernooij J. C. M., van Leeuwen M. A. J. M., van den Brand J. M. A., Wagenaar J. A., et al. Highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5 virus exposure in domestic cats and rural stray cats, the Netherlands, October 2020 to June 2023. *Eurosurveillance*. 2024; 29 (44):2400326. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2024.29.44.2400326>

33. Coleman K. K., Bemis I. G. Avian influenza virus infections in felines: a systematic review of two decades of literature. *Open Forum Infectious Diseases*. 2025; 2 (5):ofaf261. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaf261>

34. Frye E. A., Nooruzzaman M., Cronk B., Laverack M., de Oliveira P. S. B., Caserta L. C., et al. Isolation of highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus from cat urine after raw milk ingestion, United States. *Emerging Infectious Diseases*. 2025; 31 (8): 1636–1639. <https://doi.org/10.3201/eid3108.250309>

35. Naraharisetty R., Weinberg M., Stoddard B., Stobierski M. G., Dodd K. A., Wineland N., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infection of indoor domestic cats within dairy industry worker households – Michigan, May 2024. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2025; 74 (5): 61–65. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7405a2>

Поступила в редакцию / Received 28.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 02.10.2025

Принята к публикации / Accepted 12.01.2026

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Краснова Елена Анатольевна**, канд. биол. наук, заместитель директора СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>, [krasnova@icvim.yandex.ru](mailto:krasnova@icvim.yandex.ru)

**Корогодина Елена Владимировна**, заместитель руководителя группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>, [ElenaKorogodina@inbox.ru](mailto:ElenaKorogodina@inbox.ru)

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

**Elena A. Krasnova**, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>, [krasnova@icvim.yandex.ru](mailto:krasnova@icvim.yandex.ru)

**Elena V. Korogodina**, Deputy Head of Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>, [ElenaKorogodina@inbox.ru](mailto:ElenaKorogodina@inbox.ru)

**Daria A. Lunina**, Deputy Head of 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](mailto:dalunina91@gmail.com)

**Вклад авторов:** Краснова Е. А. – концепция, поиск и анализ литературы, подготовка текста; Корогодина Е. В. – поиск и анализ литературы, корректировка текста; Лунина Д. А. – анализ литературы, визуализация, корректировка текста.

**Contribution of the authors:** Krasnova E. A. – concept development, literature search and analysis, text preparation; Korogodina E. V. – literature search and analysis, text revision; Lunina D. A. – literature analysis, visualization, text revision.