

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.295-306>
УДК 619:616.98:578.832.1:615.371:616-036.22



Высокопатогенный грипп птиц в мире: стратегии вакцинации (обзор)

© 2022. О. И. Захарова✉, О. А. Бурова, Н. Н. Торопова, И. В. Яшин, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Вирусы гриппа птиц (*Avian influenza virus*) являются опасными в эпидемиологическом отношении, зоонозными патогенами, которые могут вызывать высокую заболеваемость и смертность как среди животных, так и людей. В результате реассортации или антигенного сдвига в геноме вируса гриппа птиц происходят изменения и в его свойствах: изменяется спектр хозяев, вирулентность и другие факторы. Естественным резервуаром гриппа птиц являются дикие водоплавающие птицы, способные передавать вирус домашней птице при прямом контакте. Обмен антигенными участками вирусов происходит в течение нескольких месяцев в традиционных местах зимовки перелетных птиц. Вирусы гриппа птиц с измененными генами в результате реассортации, циркулируя в популяциях дикой перелетной птицы, формируют эпизоотический риск распространения болезни на благополучных территориях. В данном обзоре по высокопатогенному гриппу птиц проведен анализ эпизоотической ситуации, вакцин и возможным стратегиям вакцинации, существующим в мире. Также была определена пространственная тенденция распространения высокопатогенного гриппа птиц в субъектах Российской Федерации, которую определяли с использованием ГИС-инструмента – медианный центр (*Median center*) в рабочей среде программы ArcGIS Pro. В результате анализа литературы было определено, что сама по себе вакцинация не считается панацеей, и без применения систем мониторинга, строгого соблюдения норм биобезопасности и депопуляции в случае возникновения вспышек гриппа птиц, решение вопроса контроля и ликвидации болезни не представляется возможным. Решение о вакцинации против гриппа птиц должно приниматься в каждом конкретном случае отдельно с учетом всех рисков дальнейшего распространения и мутационной изменчивости вируса. Все промышленные птицеводческие предприятия, направленные на экспорт продукции, должны работать в режиме закрытого типа и быть исключены из списка вакцинации.

Ключевые слова: *Avian influenza virus*, антропозоонозные заболевания, водоплавающие птицы, домашняя птица, вакцины, патогенез

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-0451-2021-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Захарова О. И., Бурова О. А., Торопова Н. Н., Яшин И. В., Блохин А. А. Высокопатогенный грипп птиц в мире: стратегии вакцинации (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(3):295-306. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.295-306>

Поступила: 14.02.2022

Принята к публикации: 27.04.2022

Опубликована онлайн: 23.06.2022

Highly pathogenic avian influenza in the world: vaccination strategies (review)

© 2022. Olga I. Zakharova✉, Olga A. Burova, Nadezhda N. Toropova, Ivan V. Iashin, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod Research Veterinary Institute-Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod, Russian Federation

Avian influenza viruses are epidemiologically dangerous zoonotic pathogens that can cause high morbidity and mortality both in animals and in humans. Reassortment and antigenic shift in the genome of the avian influenza virus draw to a change in its properties: host range, virulence, and other factors. The natural reservoir of avian influenza is wild waterfowl, which can transmit the virus to poultry through the direct contact. The exchange of antigenic sites of viruses occurs over several months in the traditional wintering grounds of migratory birds. Avian influenza viruses with altered genes as a result of reassortment, circulating in wild migratory birds, carry epizootic threat of spread of the disease to the unharmed areas. In this review of highly pathogenic avian influenza there has been analyzed the epizootic situation and possible vaccination strategies that exist in the world. The spatial trend in the spread of highly pathogenic avian influenza in the

constituent entities of the Russian Federation was determined using the GIS tool, Median Center in the working environment of the ArcGIS Pro software. Based on the review of selected literature, it has been established that vaccination itself is not considered a solution to the problem. Without monitoring systems, stringent biosecurity and population reduction in case of outbreaks, the control and eradication of the disease is impossible. The decision to vaccinate against avian influenza should be made on a case-by-case basis, weighing all the risks of further spread and mutation of the virus. All industrial poultry enterprises exporting the products must operate in a closed mode and be excepted from the list of vaccination.

Keywords: Avian influenza virus, anthroponozoonous diseases, waterfowl, poultry, vaccines, pathogenesis

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme No. FGNM-0451-2021-0004)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Zakharova O. I., Burova O. A., Toropova N. N., Yashin I. V., Blokhin A. A. Highly pathogenic avian influenza in the world: vaccination strategies (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(3):295-306. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.295-306>

Received: 14.02.2022

Accepted for publication: 27.04.2022

Published online: 23.06.2022

Вирусы гриппа представляют собой оболочечные РНК-вирусы из семейства *Orthomyxoviridae* с диаметром 80-120 нм, которые по последней таксономии подразделяются на пять родов: *Influenza virus A*; *Influenza virus B*; *Influenza virus C*; *Isavirus*; *Thogotovirus*. Известно, что вирусы гриппа типа А поражают большое количество видов птиц и млекопитающих, тогда как другие виды имеют более ограниченный круг хозяев. Вирусы типа А, включая все вирусы гриппа птиц, имеют восемь отдельных геномных сегментов размером от 890 до 2341 нуклеотидов. Как и другие РНК-вирусы, вирусы гриппа имеют высокую скорость мутаций [1, 2, 3]. Сегментация дополнительно увеличивает скорость эволюции вируса, позволяя обмениваться генами между вирусными штаммами, которые одновременно инфицируют клетки одного и того же хозяина, – процесс, известный как реассортация [4, 5]. Грипп птиц вызывает вирус гриппа А, который подразделяется на основании антигенных различий двух типов поверхностных гликопротеинов: гемагглютинина (НА) и нейраминидазы (НА). В настоящее время у птиц идентифицировано шестнадцать подтипов НА (H1-H16) и девять NA (N1-N9), а также известны новые (H17, H18), выделенные от летучих мышей, обитающих в Гватемале [6]. В настоящее время в природе высокопатогенные вирусы гриппа, которые приводят к острым клиническим заболеваниям у кур, индеек и других видов птиц, были связаны только с такими антигенными вариантами, как H5 и H7. Поскольку существует риск трансформации вирусов гриппа птиц низкой патогенности (НПГП) в высокопатогенный (ВПГП) в результате мутаций, все типы вирусов ВПГП H5/H7,

выделенные от птиц, подлежат регистрации в ВОЗ [7, 8]. В зависимости от вида, возраста и типа птицы, специфических характеристик эпизоотического штамма вируса, а также факторов окружающей среды, характер заболевания у восприимчивых птиц может варьировать от внезапной гибели без каких-либо явных клинических признаков до выявления характерных симптомов, включая респираторные. Естественным резервуаром ВПГП являются дикие водоплавающие птицы, способные передавать вирус домашней птице. Обмен вирусами происходит в течение нескольких месяцев в традиционных местах зимовки перелетных птиц – уток, лебедей, гусей, чаек, поганок, нырков и еще, как минимум, двух десятков видов – на незамерзающих озерах, реках, болотах и прибрежных зонах морей Европы, Азии и Африки. С начала 21 века ВПГП представляет собой серьезную угрозу для домашней птицы во всем мире и привел к большим экономическим потерям в птицеводческом секторе из-за высокой смертности, заболеваемости и выбраковки инфицированной птицы [9]. Помимо воздействия на домашнюю птицу, некоторые штаммы гриппа птиц способны инфицировать людей. Например, по данным регистрации ВОЗ, в 2003-2018 годах известно, что из 860 случаев заболевания гриппом, вызванным H5N1, 454 закончились летальным исходом [10, 11, 12].

Цель работы – проанализировать эпизоотическую ситуацию по высокопатогенному гриппу птиц в мире с 2016 по 2021 год, провести литературный поиск возможных типов стратегий вакцинации и определить реальные меры контроля болезни в Российской Федерации.

Материал и методы. Используя методологию для систематических обзоров и мета-анализов [13], был проведен поиск литературы в базах данных Web of Science, PubMed, Scopus и Google Scholar, чтобы найти соответствующую информацию по определению возможных применяемых стратегий вакцинации против гриппа птиц и практик для обеспечения ветеринарного благополучия в популяции восприимчивого поголовья домашней птицы. Поисковый запрос включал ключевые слова: highly pathogenic avian influenza, waterfowl, vaccines, virus reassortment, vaccination strategy. Поиск не включал никаких ограничений по дате публикации. Также осуществлен поиск литературы в базе Российского научного цитирования – РИНЦ с использованием Science Index. Проведен первый просмотр заголовков и аннотаций, затем были проанализированы полные тексты статей, которые были определены как релевантные.

Данные о регистрации вспышек ВППП в мире были взяты из официальной отчетности ВОЗЖ¹, empress-i.fao² и ФГБУ «Центр ветеринарии»³. Ретроспективный анализ по эпизоотической ситуации по вспышкам гриппа птиц в мире охватывал период с 2016 по 2021 год с использованием общепринятых методов эпизоотологического анализа.

Для определения и визуализации тенденции распространения эпизоотии ВППП в Российской Федерации в период с 2016 по 2021 год использовали пространственный анализ медианных центров вспышек. Данный анализ проводили с помощью ГИС-инструмента Медианный центр (Median Center, Geographic Information Systems) [14] программы ArcGIS Pro⁴. Для каждого года анализируемого периода этот инструмент вычисляет медианную точку, которая определена путем минимизации общего евклидова расстояния до всех мест вспышек ВППП. Полученный медианный центр можно рассматривать как меру центральной тенденции распространения вспышек болезни, менее чувствительную к пространственным выбросам, чем средний центр.

Основная часть. В результате анализа и отбора релевантной научной литературы

по определению возможных применяемых стратегий вакцинации при ВППП и практик для обеспечения ветеринарного благополучия в популяции восприимчивого поголовья домашней птицы было отобрано 48 систематических обзоров из международных баз научного цитирования и 30 научных статей из базы Российского научного цитирования, соответствующих критериям отбора поиска, которые также подверглись тщательному анализу и отбору в соответствии с критериями поиска. Проанализировав результаты этих исследований, мы описали разносторонние мнения по значимости ведения стратегий, применяемых при вакцинации птицы от ВППП в мире, а также обобщили некоторые результаты применительно для территории Российской Федерации.

Эпизоотическая ситуация по высокопатогенному гриппу птиц в мире и Российской Федерации. Во многих странах мира Всемирной организацией по охране здоровья животных (ВОЗЖ) ежегодно регистрируют очаги гриппа птиц как среди домашней, так и дикой популяции. За анализируемый период было зарегистрировано более 100 тыс. очагов ВППП среди дикой и домашней птицы, преимущественно H5N1, H5N8, H5. На данный момент выделено четыре волны межконтинентального распространения гриппа птиц (2005-2006, 2009-2010, 2014-2015, 2016-2021 гг.), которые характеризовались распространением вируса гриппа H5 линии A/goose/Guangdong/1/96 [15, 16].

По данным ВОЗЖ, в четвертую межконтинентальную волну вспышки гриппа птиц регистрировались более чем в 48 странах Азии, Африки, Северной Америки и Европы. Наибольшее количество вспышек гриппа среди диких и домашних птиц было зарегистрировано в Венгрии, Германии и Франции.

В настоящее время эпизоотическая ситуация по ВППП как в мире, так и России остается крайне напряженной ввиду широкой антигенной изменчивости вируса. По данным ВОЗЖ, за 2021 год более чем 30 стран мира отправили срочные уведомления о вспышках гриппа птиц, обусловленного серологическими вариантами H5N1 и H5N8. Растет антигенное

¹OIE-WAHIS. [Электронный ресурс]. URL: <https://wahis.oie.int/#/dashboards/country-or-disease-dashboard> (дата обращения: 10.01.2022).

²Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций – FAO. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/home/en/> (дата обращения: 10.01.2022).

³ФГБУ «Центр ветеринарии». Эпизоотическая обстановка. [Электронный ресурс]. URL: <https://центр-ветеринарии.рф/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka> (дата обращения: 17.01.2022).

⁴ArcGIS Pro – программное обеспечение ГИС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri-cis.ru/ru-ru/arcgis/products/arcgis-pro/overview> (дата обращения: 17.01.2022).

разнообразие вирусов по нейраминидазе. Анализируя эпизоотическую ситуацию по гриппу птиц в мире, было отмечено, что в 2021 году было зарегистрировано более 2000 очагов, среди которых 57,61 % в популяции домашней птицы, а 42,39 % в дикой фауне (рис. 1). Нотифицированы такие варианты ВПГП: H5N1, H5N2, H5N5, H5N6, H5N8, H5N3, H5N4, H5. Наибольшее ко-

личество вспышек среди диких и домашних птиц, вызванных штаммом H5N8, зарегистрировано на начало мая 2021 г. во Франции, Германии, Польше, Швеции и других странах. Кроме высокопатогенных, также были зарегистрированы низкопатогенные вирусы гриппа птиц: H5N1, H5N2, H5N3, H5N9 во Франции; H7N3 – Камбодже; H5N3 – Германии; H7N6 – Чили⁵.

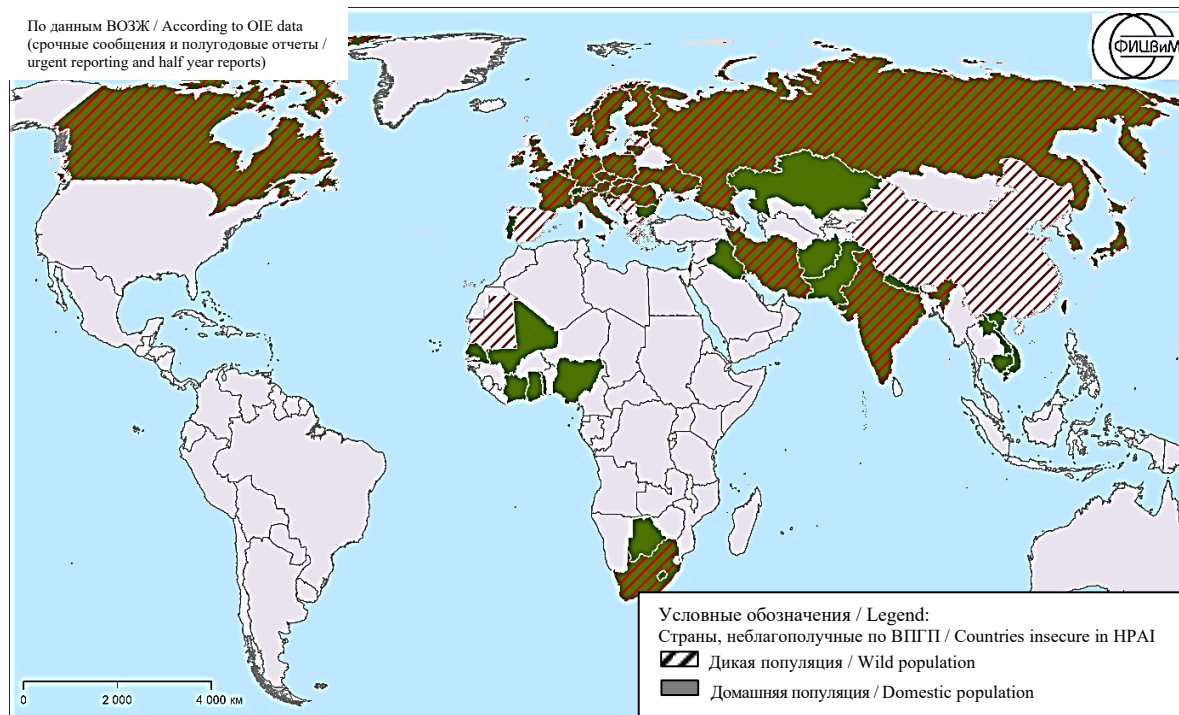


Рис. 1. Эпизоотическая ситуация по высокопатогенному гриппу птиц (ВПГП) в мире, 2021 г. /
Fig. 1. Epizootic situation on High Pathogenic Avian Influenza (HPAI) in the world, 2021

Начиная с 2016 года, ВПГП H5N8 в Российской Федерации был зарегистрирован у дикой перелетной птицы в период весенней миграции на озере Убсу-Нур (Республика Тыва) на границе с Монголией (6 очагов). В конце 2016 года вирус гриппа птиц этого варианта вызвал вспышки заболевания на четырех крупных промышленных птицеводческих предприятиях в Астраханской и Ростовской областях и трех личных подсобных хозяйствах. В результате было уничтожено более 870715 голов промышленной птицы. В 2017 году распространение гриппа птиц произошло на территории следующих субъектов Российской Федерации: Ростовской, Воронежской, Калининградской, Московской, Костромской, Самарской, Нижегородской областях, Краснодарском крае, республиках Чеченской, Удмуртской, Татарстан, Марий Эл. Всего было зарегистрировано 37 очагов гриппа среди домашней птицы, в том числе на 5 птицефабри-

ках (на Костромской фабрике был выявлен H5N2 ВПГП) и 4 очага у дикой водоплавающей птицы. Уничтожено более 2,1 млн голов промышленной и 267 голов водоплавающей птицы. В 2018 году вирус гриппа птиц распространился на 16 субъектах, ранее благополучных по этому заболеванию.

Всего было выявлено 107 очагов ВПГП: среди домашней птицы – 106, в том числе на 8 крупных птицеводческих предприятиях в Пензенской, Ростовской и Воронежской областях и один очаг низкопатогенного гриппа на птицефабрике ООО «Надеждинская птица» Приморского края. В результате эпизоотий 2018 года было уничтожено 23,9 тыс. голов птицы. В течение 2019 года было зарегистрировано всего 2 вспышки ВПГП – в Ростовской области, обе на индейководческих предприятиях и один очаг в дикой популяции перелетной птицы. В 2020 и 2021 гг. эпизоотия гриппа птиц расширяла

⁵Россельхознадзор. Эпизоотическая ситуация по гриппу птиц. [Электронный ресурс].

URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/flu/> (дата обращения 17.01.2022).

свои территориальные границы на территории России и обуславливала стационарное неблагополучие в местах зимовок диких перелетных птиц. В 2020 году зарегистрировано 98 очагов ВПГП в 16 субъектах Российской Федерации как в популяции домашней, так и дикой, преимущественно водоплавающей птицы. В дикой фауне было зарегистрировано 13 очагов гриппа птиц, остальные в домашней популяции, в том числе на 7 птицеводческих предприятиях. В 2021 году эпизоотия гриппа птиц продолжилась. Основными подтипами вируса, вызвавшими её, стали H5N1 и H5N8. Всего было зарегистрировано 54 неблагополучных

пункта (97 очагов): из них 9 очагов на крупных птицеводческих предприятиях, 23 случая у дикой водоплавающей и синантропной птицы (пеликан, чайка, черная ворона), 65 очагов в личных подсобных хозяйствах [15, 17].

Проведенный анализ медианных центров вспышек в динамике по годам (2016-2021) показывает, что ВПГП в популяции домашней и сельскохозяйственной птицы распространялся в основном по субъектам Центрального, Южного, Приволжского федеральных округов, дикой птицы – охватывая территории Южного, Уральского и Сибирского федеральных округов, где проходят зимовки мигрирующих перелетных птиц (рис. 2).

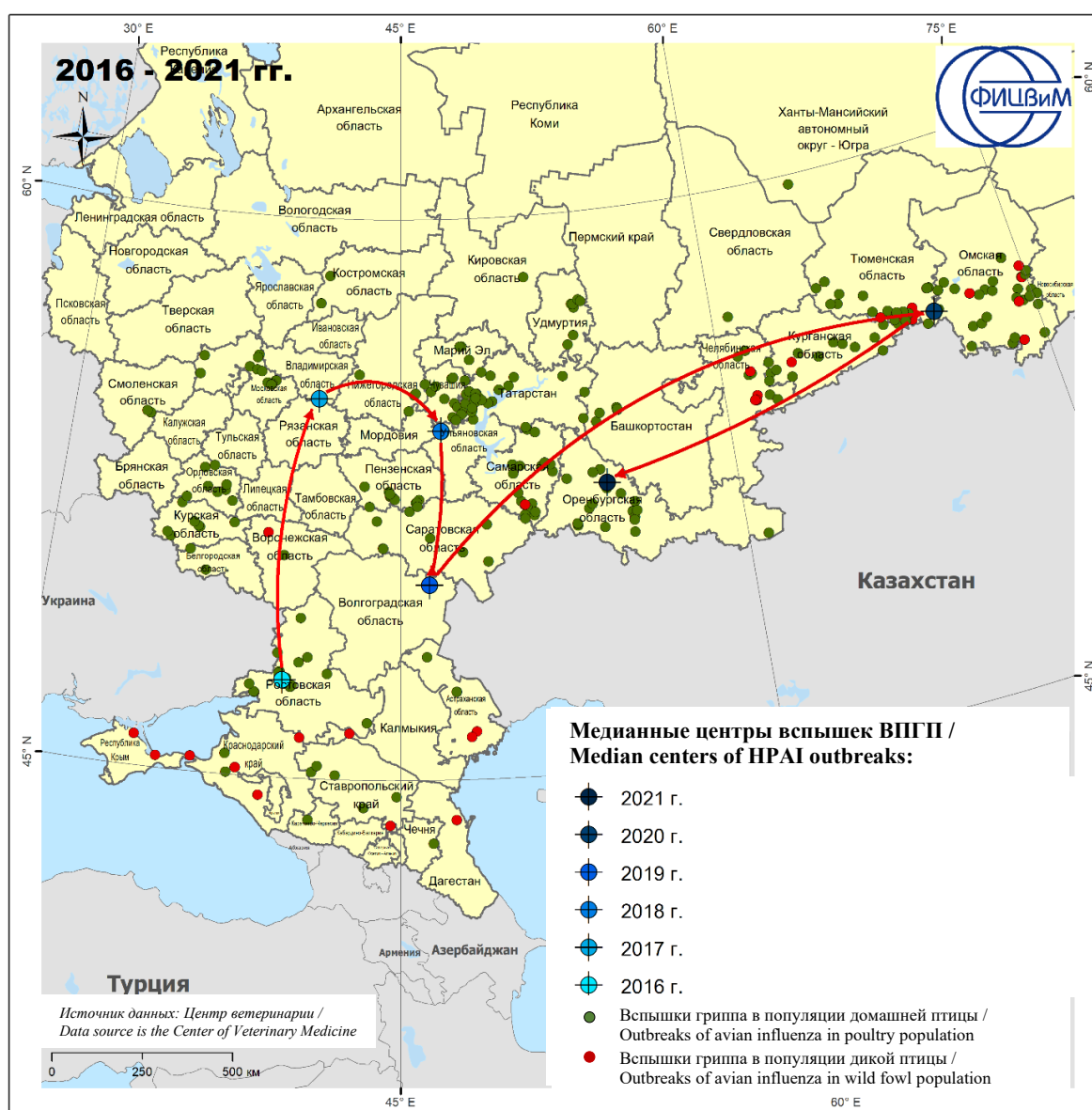


Рис. 2. Эпизоотическая ситуация по высокопатогенному гриппу птиц (ВПГП) в Российской Федерации за период с 2016 по 2021 гг. /

Fig. 2. Epizootic situation on High Pathogenic Avian Influenza (HPAI) in the Russian Federation, 2016-2021

Резервуаром вируса ВППП в природе являются дикие перелетные птицы, которые представляют основной риск для домашней популяции. Антигенный профиль зарегистрированных в Российской Федерации с 2016 по 2021 гг. вспышек представлен такими вариантами вируса ВППП, как H5N1, H5N2, H5N5, H5N8, H5, и низкопатогенным субтипом H9N2. Обнаружение ВППП среди дикой популяции в местах зимовок создает определенную угрозу риска заноса инфекции в промышленные птицеводческие предприятия Российской Федерации во время миграционных перемещений перелетных птиц [18, 19, 20, 21].

Вакцины против гриппа птиц. Вакцины против гриппа птиц могут быть подразделены на 4 основные категории [4, 8]:

- инактивированные цельновирионные;
- на основе белка НА (либо потенциально других белков вируса гриппа), полученного в системе экспрессии *in vivo* (живые векторные вакцины);
- на основе белка НА (либо потенциально других белков вируса гриппа), полученного в системе экспрессии *in vitro*;
- на основе нуклеиновых кислот (преимущественно ДНК-вакцины).

Все вакцины от гриппа птиц имеют свои достоинства и недостатки.

В птицеводстве на данный момент используется два основных типа вакцин против гриппа птиц: инактивированные цельновирионные и живые векторные вакцины, протективная эффективность которых основана на продукции нейтрализующих антител к определенному типу НА вируса гриппа птиц [22, 23].

Долгосрочная циркуляция вируса в вакцинированных стадах домашней и сельскохозяйственной птицы может привести как к антигенным, так и генетическим изменениям вируса, как например, согласно литературным данным, произошло в Мексике, Китае (КНР), Египте, Индонезии и других странах [24, 25, 26, 27, 28].

Определенные стратегии вакцинации предусматривают использование аутогенных вакцин, то есть вакцин, приготовленных из изолятов, специфически участвующих в отдельных эпизоотиях, тогда как другие основываются на вакцинах, изготовленных из вирусов, обладающих тем же подтипом гемагглютинаина полевого вируса, и способных обеспечивать высокие концентрации антител [29, 30, 31].

Вакцинация против вируса гриппа птиц варианта H9N2 широко используется в странах Азии и Ближнего Востока [20].

В результате чрезвычайных ситуаций при широко распространенных вспышках ВППП H5N1 в ряде стран Юго-Восточной Азии и Африки: Китае, Индонезии, Вьетнаме, Египте применяется профилактическая вакцинация [32, 33, 34].

Кроме того, в таких странах Европейского Союза, как Франция и Нидерланды профилактическая вакцинация против вируса гриппа птиц H5N1 разрешена для свободновыгульных и зоопарковых птиц. Италия широко применяет DIVA-стратегию с вакцинацией, контролирующей текущие эпизоотии НППП H7. Также была разработана программа бивалентной H5/H7 профилактической вакцинации в результате развивающейся эпидемиологической ситуации [35, 36, 37, 38].

В настоящее время в большинстве неблагополучных по гриппу птиц стран вакцинация против данного заболевания запрещена или не проводится. Вакцины применяются преимущественно в некоторых развивающихся странах и странах с переходной экономикой, но в меньшей степени в развитых странах. Тем не менее, большинство правил контроля очагов заражения гриппом птиц предусматривают такую возможность использования вакцины.

Страны, применяющие вакцинацию домашней птицы от гриппа, испытывают определенную проблему в выявлении инфицированных в вакцинированном поголовье. Для решения этой проблемы в практике вакцинации птицы была разработана DIVA-стратегия.

DIVA «Differentiating Infected from Vaccinated Animals» – дифференциация инфицированных и вакцинированных животных. Для гриппа птиц это может быть достигнуто путем использования вакцины, основанной на штамме, отличном от текущего полевого (дикого) (например, подтип H5N2), с помощью серологического теста, который может различать антитела, индуцированные вакциной. Для DIVA-стратегии были также разработаны ИФА, которые обнаруживают антитела против гликопротеина оболочки вируса гриппа птиц. Иммунный ответ при DIVA-вакцинации можно обнаружить также с помощью сопутствующих диагностических тестов, таких как твердофазный иммуноферментный анализ (ELISA) [39].

Вакцины, также называемые маркерными вакцинами, индуцируют иммунный ответ, отличный от иммунного ответа, вызванного естественной инфекцией. Маркерные вакцины основаны на делеционных мутантных изолятах

полевого вируса гриппа птиц, субъединичных и инактивированных цельновирусных вакцинах. В Италии инактивированная гетерологичная вакцина использовалась для борьбы с низкопатогенной инфекцией гриппа птиц (H7N1) в 1999/2000 гг. Эта вакцина была основана на том же подтипе гемагглютинина (H7), что и вирус дикого типа, но на другой нейраминидазе (N3) [40].

Экстренная вакцинация, при возникновении эпизоотии, с использованием вакцин DIVA может быть одним из средств контроля вспышек гриппа птиц в промышленном птицеводстве. Вакцинация DIVA может сократить количество выбракованных животных в процессе искоренения болезни, тем самым повышая общественное признание мер по борьбе с болезнью и значительно сокращая экономический ущерб. В отличие от обычной вакцинации, DIVA всегда следует использовать в качестве защитной вакцины, что означает, что вакцинированные животные содержатся до конца нормального производственного цикла, а их мясо в конечном итоге поступает на рынок [41, 42, 43, 44, 45].

Стратегии ликвидации ВПГП в мире. В настоящее время в мире существуют национальные программы по ликвидации гриппа птиц, включая разработанные стратегии индивидуально для каждой страны [30, 31, 33].

В выборе стратегии борьбы с ВПГП в странах мира традиционно применяются различные компоненты, включая быструю диагностику и надзор (непрерывный и систематический сбор, анализ и интерпретацию ветеринарных и медико-санитарных данных), уничтожение инфицированных стад (выбраковка, вынужденный убой), биобезопасность и обучение работников птицеводства. Наиболее часто в планах стратегии борьбы указываются следующие компоненты:

- карантин и дополнительные ограничения или меры контроля;
- наблюдение за домашней птицей в очаге;
- усиленные меры биобезопасности;
- просвещение и осведомленность фермеров и общественности о болезни;
- активное и пассивное наблюдение за домашней и дикой птицами в угрожаемой зоне;
- быстрая и точная диагностика;
- тотальная выбраковка (stamping-out) – убой инфицированной вирусом гриппа птицы;
- дезинфекция помещений и оборудования;

– обеззараживание и утилизация инфицированного материала;

– компенсация за вынужденный убой птицы частному сектору.

Вакцины и вакцинация были включены как вариант для 58 и 39 % стран в их стратегиях борьбы с ВПГП H5 и H7, НППГ соответственно, причем 58 % стран имели письменные планы с конкретными критериями использования вакцин. За все время эпизоотий, только 30 стран использовали вакцину против гриппа птиц для борьбы с ВПГП или НППГ у домашней птицы, из которых 8 стран использовали вакцину в профилактических программах, 14 – в программах экстренной помощи и 8 – в программах плановой вакцинации. Например, Китай инициировал программу экстренной вакцинации в 2004 г., вакцинируя домашнюю птицу в буферной зоне или в районах вспышки, но в конце 2005 г. она была изменена на программу плановой (массовой) вакцинации для всей домашней птицы в стране [46, 47, 48, 49]. Различные вариации результатов исполнения стратегий искоренения гриппа птиц предполагали, что реализация отдельных компонентов варьировала в разных странах, что приводило к несогласованности в действиях и распространению вируса гриппа. Это серьезно повлияло на общее количество случаев и вспышек гриппа птиц в странах мира, и в конечном итоге, на время, необходимое для контроля и искоренения болезни.

Это указывает на то, что страны, которые являются «прозрачными», то есть предоставляют открытые данные о вспышках в ВОЗЖ и используют адекватное финансирование для развития и поддержания эффективных ветеринарных служб, лучше контролируют ВПГП.

Также в стратегии предупреждения и ликвидации ВПГП Европейскими странами были указаны такие мероприятия, как система быстрого диагностического тестирования, дополнительная обработка неинфицированной домашней птицы, относящейся к группе риска, и экстренная вакцинация. Такие комбинации компонентов оказались эффективными в искоренении большинства вспышек [50, 51, 52, 53].

Основными стратегиями вакцинации против гриппа птиц в Российской Федерации являются: рутинная вакцинация в неблагополучных регионах; эмерджентная (вынужденная) – в случае возникновения вспышки заболевания; превентивная (профилактическая) – при высоком риске заноса ВПГП. Согласно принятым

приказом Минсельхоза России от 24.03.2021 № 158 «Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов высокопатогенного гриппа птиц» правил⁶, вакцинация птиц в хозяйствах вакцинами против ВПГП в соответствии с инструкциями по их использованию не применяется в отношении птицефабрик.

Особое внимание при ликвидации болезни обращается на проведение комплексных исследований по мониторингу гриппа птиц, выяснению роли в эпизоотическом процессе различных синантропных и диких птиц, а также млекопитающих животных, выяснению механизма передачи вируса, длительности его сохранения в объектах ветнадзора и при вирусоносительстве, совершенствованию средств диагностики и профилактики, а также противозооотических мероприятий, в частности изучению эффективности вакцинации в различных эпизоотических ситуациях, и других вопросов.

Наряду с применением вакцинации в угрожаемой зоне, согласно настоящим правилам по борьбе с гриппом птиц, особое внимание для предотвращения и ликвидации очагов гриппа птиц необходимо уделять комплексу мер профилактической неспецифической защиты. Все неспецифические мероприятия можно подразделить на две большие группы: меры по ликвидации очагов эпизоотий и меры по предотвращению их появления [54, 55].

Стратегия борьбы с высокопатогенным гриппом птиц в Российской Федерации, согласно утвержденным Ветеринарным правилам по борьбе с высокопатогенным гриппом птиц, традиционно включает мероприятия по недопущению распространения инфекции, и в случае возникновения вспышки, полную депопуляцию больной и подозрительной по заболеванию птицы (стратегия «stamping-out»), выполнению строгих ветеринарно-санитарных мер по уничтожению вируса во внешней среде и предотвращению распространения его на соседние территории.

Вакцинация птицы, согласно настоящим правилам, предусмотрена только в определенных случаях:

- тенденция к дальнейшему распространению инфекции;
- защита ценной племенной продукции;
- защита редких и ценных птиц;
- создание защитной зоны вокруг промышленных птицеводческих организаций, в которой вся содержащаяся выгульным способом птица подвергается вакцинации.
- возникновение стационарно неблагополучных пунктов по маршрутам миграции диких перелетных птиц.

Вакцинация применяется ко всем типам личных подсобных хозяйств, кроме птицефабрик.

Обобщая общие принципы борьбы с гриппом птиц как на территории Российской Федерации, так и во многих развитых странах, основой для ликвидации и искоренения заболевания остаются радикальные меры: депопуляция восприимчивого поголовья в неблагополучных пунктах и ветеринарно-санитарные мероприятия. Все промышленные птицеводческие предприятия должны работать в режиме закрытого типа с определением зоосанитарного статуса (компартамента). При определении зон (территорий) повышенной опасности заноса гриппа птиц в популяцию домашней птицы важное значение имеет проведение регулярного активного и пассивного мониторинга возбудителя в дикой перелетной птице, необходимость сохранения эмерджентной вакцинации в зоопарках и зоосадах для сохранения редких и реликтовых видов птиц, а также организация государственного резерва инактивированной вакцины против гриппа H5 на случай экстренной ситуации.

Заключение. В настоящем обзоре на основе ретроспективного анализа эпизоотической ситуации ВПГП в мире определена центральная тенденция направления распространения вспышек гриппа птиц в неблагополучных субъектах Российской Федерации. В результате анализа мировой и отечественной литературы обобщены существующие практики применения методов вакцинации в разных странах мира, а также определены основные эпидемиологические направления для ликвидации заболевания.

⁶Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов высокопатогенного гриппа птиц. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603446871> (дата обращения: 17.01.2022).

Грипп птиц был, остается и в обозримом будущем, вероятно, останется глобальной проблемой здоровья животных. Обладая высокой изменчивостью, разнообразием естественных хозяев и легко преодолевая государственные и межвидовые границы, вирус гриппа обеспечивает себе твердые позиции лидера в нозологическом профиле инфекционной патологии и повестке мировой ветеринарной науки и практики. Несмотря на широкий рынок вакцин против гриппа птиц, сама по себе вакцинация не является панацеей и единственным решением для контроля над ВППП или НППП, если конечной целью является ликвидация заболевания. Без применения систем мониторинга, строгой биобезопасности и депопуляции в случае всплеск инфекции существует вероятность того, что вирусы гриппа могут стать эндемическими в вакцинированных популяциях домашних птиц. Тем не менее, большинство правил контроля очагов

заражения гриппом птиц предусматривают возможность использования вакцины в чрезвычайных ситуациях. Решение по вакцинации против гриппа птиц должно приниматься в каждом конкретном случае отдельно, взвешивая все риски по дальнейшему распространению и мутационной изменчивости вируса. Учитывая стратегии по борьбе с гриппом птиц в Российской Федерации, основными мерами остаются тотальная депопуляция всего восприимчивого поголовья в неблагополучном пункте и соблюдение ветеринарно-санитарных мер. Основными мерами в выявлении скрытых форм гриппа птиц являются мониторинговые исследования популяции домашней и дикой птицы – основного резервуара и переносчика возбудителя, особенно вдоль миграционных путей. Все промышленные птицеводческие предприятия должны работать в режиме закрытого типа, обеспечивая высокую степень биобезопасности.

References

1. Lycett S. J., Duchatel F., Digard P. A brief history of bird flu. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2019;374(1775):20180257. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0257>
2. Webster R. G., Bean W. J., Gorman O. T., Chambers T. M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses. *Microbiol. Rev.* 1992;56(1): 152-179. DOI: <https://doi.org/10.1128/mr.56.1.152-179.1992>
3. Chen R., Holmes E. C. Avian influenza virus exhibits rapid evolutionary dynamics. *Mol. Biol. Evol.* 2006;23(12):2336-2341. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msl102>
4. Vasin A. V., Temkina O. A., Egorov V. V., Klotchenko S. A., Plotnikova M. A., Kiselev O. I. Molecular mechanisms enhancing the proteome of influenza A viruses: an overview of recently discovered proteins. *Virus Res.* 2014;185:53-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2014.03.015>
5. Mehle A., Dugan V. G., Taubenberger J. K., Doudna J. A. Reassortment and Mutation of the Avian Influenza Virus Polymerase PA Subunit Overcome Species Barriers. *J. Virol.* 2012;86(3):1750-1757. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.06203-11>
6. Fouchier R. A., Munster V., Wallensten A., Bestebroer T. M., Herfst S., Smith D., Rimmelzwaan G. F., Olsen B., Osterhaus A. D. Characterization of a novel influenza A virus hemagglutinin subtype (H16) obtained from black-headed gulls. *J. Virol.* 2005;79(5):2814-2822. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.79.5.2814-2822.2005>
7. Shi W., Gao G. F. Emerging H5N8 avian influenza viruses. *Science.* 2021;372(6544):784-786. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abg6302>
8. Печенкина А. А. Грипп птиц: история, возбудитель, эпидемиология. Вестник современных исследований. 2020;(5-1(35)):16-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43942410&>
9. Pechenkinina A. A. Avian influenza: history, pathogen, epidemiology. *Vestnik sovremennykh issledovaniy.* 2020;(5-1(35)):16-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43942410&>
10. Sims L. D., Swayne D. E. *Animal Influenza*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.; Ames, IA, USA: 2016, Avian influenza control strategies. pp. 363-377. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Animal+Influenza%2C+2nd+Edition-p-9781118907467>
11. Boni M. F., Galvani A. P., Wickelgren A. L., Malani A. Economic epidemiology of avian influenza on smallholder poultry farms. *Theor Popul Biol.* 2013;90:135-144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tpb.2013.10.001>
12. Mehta K, Goneau L. W., Wong J., L'Huillier A. G., Gubbay J. B. Zoonotic Influenza and Human Health-Part 2: Clinical Features, Diagnosis, Treatment, and Prevention Strategies. *Curr Infect Dis Rep.* 2018;20(10):38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11908-018-0643-8>
13. Germeraad E. A., Sanders P., Hagenaars T. J., De Jong M. C. M., Beerens N., Gonzales J. L. Virus shedding of avian influenza in poultry: A systematic review and meta-analysis. *Viruses.* 2019;11(9):812. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11090812>
14. Page M. J., McKenzie J. E., Bossuyt P. M., Boutron I., Hoffmann T. C., Mulrow C. D. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
15. Burt J. E., Barber G. *Elementary Statistics for Geographers*, Second Edition. Guilford Publications, 1996. 640 p.

15. Марченко В. Ю., Суслопаров И. М., Игнатьев В. Е., Гаврилова Е. В., Максютлов Р. А., Рыжиков А. Б. Обзор ситуации по высокопатогенному вирусу птичьего гриппа H5 в России в 2016-2017 гг. Проблемы особо опасных инфекций. 2018;(1):30-35. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2018-1-30-35>
Marchenko V. Yu., Susloparov I. M., Ignat'ev V. E., Gavrilova E. V., Maksyutov R. A., Ryzhikov A. B. Overview of the Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza Virus H5 in Russia in 2016-2017. *Problemy osobo opasnykh infektsiy* = Problems of Particularly Dangerous Infections. 2018;(1):30-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2018-1-30-35>
16. Марченко В. Ю., Гончарова Н. И., Tran T. N., Trinh K. S., Nguyen N. Q., Гаврилова Е. В., Максютлов Р. А., Рыжиков А. Б. Обзор эпизоотологической ситуации по высокопатогенному вирусу гриппа птиц в России в 2019 г. Проблемы особо опасных инфекций. 2020;(2):31-37. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-2-31-37>
Marchenko V. Yu., Goncharova N. I., Tran T. N., Trinh K. S., Nguyen N. Q., Gavrilova E. V., Maksyutov R. A., Ryzhikov A. B. Overview of the Epizootiological Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza Virus in Russia in 2019. *Problemy osobo opasnykh infektsiy* = Problems of Particularly Dangerous Infections. 2020;(2):31-37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-2-31-37>
17. Марченко В. Ю., Гончарова Н. И., Гаврилова Е. В., Максютлов Р. А., Рыжиков А. Б. Обзор эпизоотологической ситуации по высокопатогенному гриппу птиц в России в 2020 г. Проблемы особо опасных инфекций. 2021;(2):33-40. DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-2-33-40>
Marchenko V. Yu., Goncharova N. I., Gavrilova E. V., Maksyutov R. A., Ryzhikov A. B. Overview of the Epizootiological Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza in Russia in 2020. *Problemy osobo opasnykh infektsiy* = Problems of Particularly Dangerous Infections. 2021;(2):33-40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-2-33-40>
18. Lu L., Lycett S. J., Leigh Brown A. J. Reassortment patterns of avian influenza virus internal segments among different subtypes. *BMC Evol Biol.* 2014;14(1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-16>
19. Khan S. U., Gurley E. S., Gerloff N., Rahman M. Z., Simpson N., Rahman M., et al. Avian influenza surveillance in domestic waterfowl and environment of live bird markets in Bangladesh, 2007-2012. *Sci Rep.* 2018;8(1):9396. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27515-w>
20. Shin J., Kang S., Byeon H., Cho S. M., Kim S. Y., Chung Y. J., et al. Highly pathogenic H5N6 avian influenza virus subtype clade 2.3.4.4 indigenous in South Korea. *Sci Rep.* 2020;10(1):7241. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64125-x>
21. Araujo J., Petry M. V., Fabrizio T., Walker D., Ometto T., Thomazelli L.M., et al. Migratory birds in southern Brazil are a source of multiple avian influenza virus subtypes. *Influenza Other Respi Viruses.* 2018;12(2):220-231. DOI: <https://doi.org/10.1111/irv.12519>
22. Фролов А. В., Панкратов С. В., Рождественская Т. Н., Норкина С. Н., Шестопалов А. М. Грипп птиц. Специфическая профилактика. Ветеринария и кормление. 2020;(7):64-66.
DOI: <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-17>
Frolov A. V., Pankratov S. V., Rozhdestvenskaya T. N., Norkina S. N., Shestopalov A. M. Avian influenza. Specific prevention. *Veterinariya i kormlenie.* 2020;(7):64-66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-17>
23. Ирза В. Н., Джавадов Э. Д., Петрова О. Г. Грипп птиц. БИО. 2021;(2(245)):22-27.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46283984>
Irza V. N., Dzhabadov E. D., Petrova O. G. Avian flu. *BIO.* 2021;(2(245)):22-27. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46283984>
24. Liu Lin-lin, Fang B., Yu X., Li X., Lei Ya-ke, Chen D. Strengthened Monitoring of H5 Avian Influenza Viruses in External Environment in Hubei, 2018. *Curr Med Sci.* 2020;40(1):63-68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11596-020-2147-7>
25. Verhagen J. H., Lexmond P., Vuong O., Schutten M., Guldemeester J., Osterhaus A. D. M. E., et al. Discordant detection of avian influenza virus subtypes in time and space between poultry and wild birds; Towards improvement of surveillance programs. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173470. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173470>
26. Tarigan S., Wibowo M. H., Indriani R., Sumarningsih S., Artanto S., Idris S., et al. Field effectiveness of highly pathogenic avian influenza H5N1 vaccination in commercial layers in Indonesia. *PLoS One.* 2018;13(1):e0190947. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190947>
27. Swayne D. E., Kapczynski D. R. Vaccines, vaccination and immunology for avian influenza viruses in poultry. In *Avian influenza* (D. E. Swayne, ed.). Blackwell, Ames, Iowa. 2008. Ch. 19. pp. 407-451.
DOI: <https://doi.org/10.1002/9780813818634.ch19>
28. Marangon S., Capua I. Control of avian influenza in Italy: From stamping out to emergency and prophylactic vaccination. *Dev Biol (Basel).* 2006;124:109-115.
29. Hautefeuille C., Azzougouen B., Mouchel S., Dauphin G., Peyre M. Evaluation of vaccination strategies to control an avian influenza outbreak in French poultry production networks using EVACS tool. *Prev Vet Med.* 2020;184:105129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105129>
30. Swayne D. E., Pavade G., Hamilton K., Vailat B., Miyagishima K. Assessment of national strategies for control of high-pathogenicity avian influenza and low-pathogenicity notifiable avian influenza in poultry, with emphasis on vaccines and vaccination. *OIE Rev Sci Tech.* 2011;30(3):839-870. DOI: <http://dx.doi.org/10.20506/rst.30.3.2081>
31. Marangon S., Busani L., Capua I. Practicalities of the implementation of a vaccination campaign for avian influenza. *Avian Dis.* 2007;51(s1):297-303. DOI: <https://doi.org/10.1637/7539-033006R.1>
32. Sirawan A., Berry A., Badra R., El Bazzal B., Dabaja M., Kataya H., et al. Avian influenza surveillance at the human-animal interface in Lebanon, 2017. *East Mediterr Heal J.* 2020;26(7):774-778.
DOI: <https://doi.org/10.26719/emhj.20.004>

33. He F., Leyrer S., Kwang J. Strategies towards universal pandemic influenza vaccines. *Expert Rev Vaccines*. 2016;15(2):215-25. DOI: <https://doi.org/10.1586/14760584.2016.1115352>
34. Villanueva-Cabezas J. P., Coppo M. J. C., Durr P. A., McVernon J. Vaccine efficacy against Indonesian Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1: systematic review and meta-analysis. *Vaccine*. 2017;35(37):4859-4869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.07.059>
35. Bruschke C., Brückner G., Vallat B. International standards and guidelines for vaccination of poultry against highly pathogenic avian influenza. *Dev Biol (Basel)*. 2007;130:23-30.
36. Putri K., Wibowo M. H., Tarigan S., Wawegama N., Ignjatovic J, Noormohammadi A. H. Analysis of antibody response to an epitope in the haemagglutinin subunit 2 of avian influenza virus H5N1 for differentiation of infected and vaccinated chickens. *Avian Pathol*. 2020;49(2):161-170. DOI: <https://doi.org/10.1080/03079457.2019.1694635>
37. Wan Z., Cardenas G. S., Liu J., Santos J., Carnaccini S., Geiger G., et al. Alternative Strategy for a Quadrivalent Live Attenuated Influenza Virus Vaccine. *J. Virol*. 2018;92(21):e01025-18. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.01025-18>
38. Tate M. D. Highly pathogenic avian H5N8 influenza viruses: should we be concerned? *Virulence*. 2018;9(1):20-21. DOI: <https://doi.org/10.1080/21505594.2017.1386832>
39. Horman W. S. J., Nguyen T. H. O., Kedzierska K., Bean A. G. D., Layton D. S. The drivers of pathology in zoonotic avian influenza: The interplay between host and pathogen. *Front Immunol*. 2018;9:1812. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01812>
40. Hasan N. H., Ignjatovic J., Peaston A., Hemmatzadeh F. Avian Influenza Virus and DIVA Strategies. *Viral Immunol*. 2016;29(4):198-211. DOI: <https://doi.org/10.1089/vim.2015.0127>
41. Capua I., Cattoli G., Marangon S. DIVA – A vaccination strategy enabling the detection of field exposure to avian influenza. *Dev Biol (Basel)*. 2004;119:229-233.
42. Cabral L. A. DIVA strategy for avian influenza. *Aust Vet J*. 2015;93(1-2):N2-N24. DOI: <https://doi.org/10.1111/avj.143>
43. Suarez D. L. DIVA vaccination strategies for avian influenza virus. *Avian Dis*. 2012;56(4sl):836-844. DOI: <https://doi.org/10.1637/10207-041512-Review.1>
44. Борисов А. В., Борисов В. В., Ирза В. Н., Рахманов А. М. Научно-правовое обеспечение с высокопатогенным гриппом птиц. Труды Федерального центра охраны здоровья животных. 2007;5:83-93. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14454048>
- Borisov A. V., Borisov V. V., Irza V. N., Rakhmanov A. M. Scientific and legal groundwork for measures aimed at control of highly pathogenic avian influenza. *Trudy Federal'nogo tsentra okhrany zdorov'ya zhivotnykh*. 2007;5:83-93 (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14454048>
45. Тихонова З. В. Проблемы и перспективы профилактики эпизоотии гриппа птиц (литературный обзор). Ветеринарная практика. 2007;2(37):10-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12501993>
- Tikhonova Z. V. Problems and the prospect for the preventive maintenance of epizootic disease of the influenza of birds (literary survey). *Veterinarnaya praktika*. 2007;2(37):10-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12501993>
46. Allison A. B., Ballard J. R., Tesh R. B., Brown J. D., Ruder M. G., Keel M. K., et al. Cyclic Avian Mass Mortality in the Northeastern United States Is Associated with a Novel Orthomyxovirus. *J Virol*. 2015;89(2):1389. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.02019-14>
47. Chen H. H5N1 avian influenza in China. *Sci China, Ser C Life Sci*. 2009;52(5):419-427. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11427-009-0068-6>
48. Huynh H. T. T., Truong L. T., Meeyam T., Le H. T., Punyapornwithaya V. Individual and flock immunity responses of naïve ducks on smallholder farms after vaccination with H5N1 Avian Influenza vaccine: a study in a province of the Mekong Delta, Vietnam. *PeerJ*. 2019;7(1):e6268. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.6268>
49. Sun Z., Wang J., Huang Z. Assessment of China's H5N1 routine vaccination strategy. *Sci Rep*. 2017;7:46441 DOI: <https://doi.org/10.1038/srep46441>
50. Sayedahmed E. E., Elakashif A., Alhashimi M., Sambhara S., Mittal S. K. Adenoviral vector-based vaccine platforms for developing the next generation of influenza vaccines. *Vaccines*. 2020;8(4):574. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines8040574>
51. Forster P. Ten years on: Generating innovative responses to avian influenza. *Ecohealth*. 2014;11(1):15-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10393-013-0887-6>
52. Pramuwidyatama M. G., Hogeveen H., Saatkamp H. W. A systematic evaluation of measures against highly pathogenic avian influenza (HPAI) in Indonesia. *Front Vet Sci*. 2019;(6):33. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00033>
53. Dalla Pozza M., Ceolin C., Marangon S. Emergency Response Following Suspicion of an Avian Influenza Outbreak. *Zoonoses Public Health*. 2008;55(1):50-53. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2007.01083.x>
54. Волков М. Высоко- и низкопатогенный грипп птиц. Животноводство России. 2021;(6):17-22. DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2021.97.56.003>
- Volkov M. High and low pathogenic avian flu. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2021;(6):17-22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25701/ZZR.2021.97.56.003>
55. Zhou S., Tian H., Wu X., Xu B., Yang J., Chan K. K. Y., et al. Genetic evidence for avian influenza H5N1 viral transmission along the black sea-mediterranean flyway. *J Gen Virol*. 2016;97(9):2129-2134. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000534>

56. Костина Л. В., Забережный А. Д., Гребенникова Т. В., Антипова Н. В., Алипер Т. И., Непоклонов Е. А. Вакцины против гриппа птиц в птицеводстве. Вопросы вирусологии. 2017;62(2):53-60.

DOI: <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-2-53-60>

Kostina L. V., Zaberzhnyy A. D., Grebennikova T. V., Antipova N. V., Aliper T. I., Nepoklonov E. A. Vaccines against avian influenza in poultry. *Voprosy virusologii* = Problems of Virology. 2017;62(2):53-60. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-2-53-60>

Сведения об авторах

✉ **Захарова Ольга Игоревна**, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharova@ficvim.ru

Бурова Ольга Александровна, зам. руководителя отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>

Торопова Надежда Николаевна, микробиолог отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Яшин Иван Вячеславович, кандидат биол. наук, директор филиала, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

Information about the authors

✉ **Olga I. Zakharova**, researcher, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharova@ficvim.ru

Olga A. Burova, Deputy head of the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>

Nadezhda N. Toropova, microbiologist, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Ivan V. Iashin, PhD in Biological Science, Director of the Branch, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Head of the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author