

## Выявление серопозитивных кабанов в Евразии как признак возможного формирования эндемичных по африканской чуме свиней территорий (обзор)

© 2023. Т. Ю. Беспалова<sup>✉</sup>, А. А. Глазунова

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

*Продолжающееся распространение африканской чумы свиней (АЧС) на территории Евразии остается глобальной проблемой для мирового свиноводства. Болезнь характеризуется высокой смертностью (до 100 %) и острым течением – домашние и дикие животные гибнут в течение первых двух недель после заражения. Однако мониторинговые исследования на АЧС в Восточной Европе показали регулярное выявление серопозитивных восприимчивых животных, особенно среди популяций дикого кабана, что могло указывать на хроническую, бессимптомную инфекцию и даже выживание отдельных особей. При этом персистенция вируса в популяции кабанов создает постоянные риски возникновения sporadic outbreaks АЧС на зараженных территориях, а инфекция может приобрести эндемичный характер. Целью исследования являлся систематический обзор доступных данных по серопревалентности среди диких кабанов в отношении возможного установления эндемичности АЧС в Евразии. Отмечено изменение динамики заболевания у этих животных, которое проявляется самоподдерживающимися циклами инфекции. Серопозитивных диких кабанов выявляют в странах Прибалтики, Венгрии, Польше, Румынии, Словакии, России. Показатели серопревалентности среди отстрелянных кабанов в зараженных АЧС районах европейских стран варьируют от 0,3 до 3,8 %. В странах Прибалтики количество серопозитивных образцов от кабанов превышает количество образцов, положительных на вирус АЧС в полимеразной цепной реакции (ПЦР). Подобная тенденция сохраняется в тех регионах, где вирус АЧС присутствует в течение длительного времени, что может указывать на эндемичный характер АЧС. В Российской Федерации в дикой природе АЧС-эндемичных территорий пока не регистрировали, хотя с 2013 года в некоторых регионах отмечали единичные случаи обнаружения серопозитивных кабанов. В дальнейшем для понимания динамики заболевания в дикой фауне необходимо проводить комплексную диагностику вируса АЧС и специфических антител в образцах кабанов, что в итоге позволит выбрать правильную стратегию борьбы против АЧС.*

**Ключевые слова:** вирус АЧС, антитела, серопревалентность, хронический, персистентный, выживший, вирулентность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-2022-0001).

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

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Беспалова Т. Ю., Глазунова А. А. Выявление серопозитивных кабанов в Евразии как признак возможного формирования эндемичных по африканской чуме свиней территорий. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(4):527-537. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.527-537>

Поступила: 20.03.2023

Принята к публикации: 19.07.2023

Опубликована онлайн: 30.08.2023

## Identification of seropositive wild boars in Eurasia as a sign of possible formation of African swine fever-endemic areas (review)

© 2023. Tatiana Yu. Bepalova<sup>✉</sup>, Anastasia A. Glazunova

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russian Federation

*The continued spread of African swine fever (ASF) in Eurasia remains a global problem for the world pig industry. The disease is characterized by high mortality (up to 100 %) and acute course - domestic and wild animals die within the first two weeks after infection. However, active surveillance on ASF in Eastern Europe had been showing regular detection of seropositive susceptible animals, especially among wild boar populations which may indicate chronic, asymptomatic infection and even the survival of individual animals. At the same time, the persistence of the virus in the wild boar population creates constant risks of sporadic outbreaks of ASF in infected areas, and the infection can become endemic. The aim of the study was a systematic review of the available data on seroprevalence among wild boars in relation to the possible establishment of ASF endemicity in Eurasia. In these animals, there was a change in the dynamics of the disease, which is manifested by self-sustaining cycles of infection. Seropositive wild boars are being found in the Baltic countries, Hungary, Poland, Romania, Slovakia, and Russia. Seroprevalence rates among wild boars hunted in ASF-infected areas of European countries range from 0.3 to 3.8 %. In the Baltic countries, the number of seropositive samples from wild boars exceeds the number of samples positive for ASF virus in polymer chain reaction (PCR). A similar trend persists in those regions where the ASF virus has*

been present for a long time (Poland, Lithuania, Latvia, Estonia), which may indicate the endemic nature of ASF. In the Russian Federation, ASF-endemic territories in the wild have not yet been registered, although isolated cases of seropositive wild boars have been detected in some regions since 2013. In the future, in order to understand the dynamics of the disease in the wild, it is necessary to conduct a comprehensive diagnosis of the ASF virus genome and antibodies in wild boar samples, which eventually will allow choosing the right strategy to combat ASF.

**Keywords:** ASF virus; antibodies; seroprevalence, chronic; persistent; survivor; virulence

**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 Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme No. FGNM-2022-0001).

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:** Beshpalova T. Yu., Glazunova A. A. Identification of seropositive wild boars in Eurasia as a sign of possible formation of African swine fever-endemic areas. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(4):527-537. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.527-537>

Received: 20.03.2023

Accepted for publication: 19.07.2023

Published online: 30.08.2023

Африканская чума свиней (АЧС) в настоящее время является актуальным трансграничным вирусным заболеванием во многих странах мира. Ввиду отсутствия лечебных и профилактических средств она приводит к колоссальным экономическим затратам при проведении ликвидационных и карантинных мероприятий [1, 2]. Источник возбудителя АЧС – двухцепочечный ДНК-вирус, единственный представитель семейства *Asfarviridae*. Существование различных форм заболевания (от сверхострой до хронической) является важной особенностью АЧС. К восприимчивым животным относятся только виды, принадлежащие к семейству *Suidae*. У диких африканских свиней (бородавочников, кустарниковых свиней и гигантских лесных свиней) инфекция протекает субклинически или бессимптомно; и в большинстве стран Африки к югу от Сахары АЧС имеет эндемичный характер [2]. Из 24 известных генотипов вируса АЧС на территории большинства стран Европы и Азии циркулируют I и II генотипы, они обладают разной вирулентностью, которая отражается на течении и исходе заболевания [3, 4]. С 1957 года было несколько вторжений АЧС в Европу, Бразилию и Карибский регион [5]. В европейских странах первое распространение вируса АЧС I генотипа (1960-1995 гг.) из Испании и Португалии в другие страны Западной Европы привело к его ликвидации, за исключением Сардинии (Италия), где вирус остается эндемичным более 40 лет (с 1978 г.) [6, 7]. Вирус АЧС II генотипа впервые появился в Кавказском регионе и Российской Федерации (РФ) в 2007 году и впоследствии распространился на Северо-Восточную Европу и Азию, вызвав эпизоотию вследствие высокой вирулентности штаммов вируса [2]. С момента появления АЧС в Европе у домашних свиней и евразийского дикого

кабана инфекция, как правило, протекала в острой форме с очень высокими показателями смертности (до 100 %) и гибелью в течение первых двух недель после заражения. Несмотря на многочисленные экспериментальные данные о высокой вирулентности вируса II генотипа [8, 9, 10], в последние годы сообщается о снижении вирулентности штаммов вируса АЧС, циркулирующих на Кавказе, в странах Восточной Европы, Балтии, в России и Азии [11, 12, 13, 14]. В Китае в 2020 году из-за естественных мутаций в геномах высоковирулентных вирусов АЧС II генотипа появились менее вирулентные штаммы, вызывающие хронические и персистентные инфекции у свиней, а с 2021 года в стране также стали регистрировать I генотип [13]. Диагностическими исследованиями подтверждаются факты выживания отдельных особей после острой формы или развития подострого и хронического течения у восприимчивых животных. Начиная с конца 2015 года, эпизоотологические данные серологических исследований на АЧС в Восточной Европе показали ежегодное увеличение случаев серопозитивных животных (со специфическими антителами), что особенно было заметно в популяции дикого кабана [15, 16, 17].

При сверхостром и остром течении АЧС из-за скоротечности заболевания большая часть инфицированных животных, как правило, погибает до начала образования антител (далее – АТ), поэтому гуморальный ответ (сероконверсия) у таких животных не наблюдается, но вирусологическими и молекулярными методами подтверждается наличие вируса или его генома [18, 19]. Выявление серопозитивных кабанов одновременно с положительными результатами на вирус АЧС может свидетельствовать о развитии хронической персистентной инфекции. Выявление серопозитивных особей, которых

вирусологическими и молекулярными методами диагностировали как АЧС-отрицательные, предполагает выживание/выздоровление животных. Выжившие животные могут оставаться субклинически инфицированными, как ранее наблюдалось на Пиренейском полуострове, в Северной и Южной Америке [15, 17], их роль в персистенции вируса до сих пор обсуждается. Учитывая, что дикие африканские свиньи при развитии у них субклинической персистентной инфекции являются резервуарами вируса АЧС, выжившие животные представляют собой самые большие проблемы в борьбе с заболеванием [20]. При подострых, хронических формах в организме больных животных вирус АЧС находится в течение нескольких месяцев, вызывая лишь некоторые общие для вирусных геморрагических инфекций симптомы [21]. Поэтому у таких животных очень сложно выявлять эпизоотию АЧС на ранних этапах. В то же время у хронически больных особей имеется потенциальная возможность передавать вирус другим животным, что обуславливает локальное сохранение вируса АЧС в популяции. Это создает риски образования эндемичных по АЧС районов в пораженных странах, а также распространения вируса на другие территории в результате свободного трансграничного перемещения зараженных кабанов [21, 22, 23]. Следовательно, выявление большого количества серопозитивных кабанов в определенном географическом регионе может указывать на эндемический период АЧС.

Стоит отметить, что внутренний механизм постоянной циркуляции вируса в природе и популяциях восприимчивых животных еще не ясен, но очевидно, что формирование эндемичных территорий обусловлено персистенцией вируса [1]. Множественные спорадические случаи АЧС, которые возникают время от времени, могут быть отнесены к эндемическому заболеванию, хотя, по мнению М. П. Франта с соавт. (M. P. Frant, et al.), их часто ошибочно принимают за эпизоотии [24]. Поэтому, в конечном счете, выбор эффективной стратегии борьбы с АЧС во многом зависит от правильного понимания периода эпизоотии, который переживает определенный географический район, что в свою очередь зависит от регулярной лабораторной оценки эпизоотической ситуации.

**Цель исследований** – систематический обзор доступной литературы по серопревалентности среди диких кабанов для определения динамики заболевания и возможного

установления эндемичности АЧС в Евразии. Поскольку пассивный мониторинг сосредоточен на обследовании мертвых животных, а наше исследование касалось переболевших и выживших кабанов, мы использовали данные только активного надзора АЧС.

**Материал и методы.** В соответствии с целью систематического обзора изучены данные 47 источников по экспериментальным, молекулярно-генетическим и серологическим исследованиям дикого кабана на АЧС в рамках активного мониторинга, полученных путем запроса библиографических баз данных, научных электронных библиотек с поисковыми системами: Web of Science (<http://www.webof-science.com>); Scopus (<https://www.scopus.com>); eLIBRARY.RU (<https://www.elibrary.ru>); Springer (<https://www.springer.com>); Crossfer (<https://search.crossref.org>); Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>); Google Scholar (<https://scholar.google.ru/>). Данные о распространении вируса АЧС в мире с 2014 по 2023 год были получены с сайтов Всемирной организации по охране здоровья животных (OIE, WOAH, 2023), Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA) по опубликованным отчетам, Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) и Россельхознадзора. Был проведен поиск с использованием ключевых терминов: АЧС; вирус АЧС; популяция дикого кабана; антитела; серопозитивный; серопревалентность; хронический; субклинический; персистентный; выживший; вирулентность; генотип; ПЦР-отрицательный; эндемичность.

**Основная часть.** 1. *Дикий кабан как один из основных факторов риска распространения АЧС.* В ряде стран европейского континента (Литва, Польша, Латвия, Эстония, Чешская Республика, Венгрия, Болгария, Бельгия, Италия) основным источником вспышек АЧС, в том числе среди домашних свиней, являлся евразийский дикий кабан, на его долю приходилось более 90 % вспышек [6, 19, 24, 25]. По данным Всемирной организации по охране здоровья животных (OIE, WOAH) и Россельхознадзора, за весь период с начала интродукции АЧС до января 2023 года наибольшее количество случаев выявления АЧС среди кабанов регистрировалось в Польше с 2014 г. – 15199 случаев (среди домашних свиней – всего 504), в Венгрии с 2018 г. – 8942 (среди домашних свиней не было случаев), в Латвии с 2014 г. – 4652 (у домашних свиней – 98), в Республике Корея с 2019 года – 2109 (среди домашних

свиней – всего 27), в Германии с 2020 г. – 943 (у домашних свиней – 7). В отличие от перечисленных стран, в Российской Федерации (РФ) среди диких кабанов с 2007 года было зарегистрировано меньше случаев АЧС, чем среди домашних свиней, 906 и 1328 соответственно<sup>1</sup>.

При распространении вируса АЧС I генотипа на Пиренейском полуострове (Португалия, Испания) и Сардинии (Италия) в конце прошлого века кабан не считался основным и многолетним резервуаром вируса АЧС. В начале эпизоотии не предполагали самоподдерживающихся инфекционных циклов у кабанов [17]. При этом движущей силой эпизоотии на первых ее этапах являлся непосредственный контакт зараженных кабанов между собой и с домашними свиньями, традиционно содержащимися на свободном выгуле в приусадебных хозяйствах [26]. С момента интродукции вируса АЧС II генотипа прослеживалась иная динамика распространения инфекции, например, в странах Балтии и Польше стали отмечать длительные (в течение нескольких лет) эндемические циклы без вовлечения домашних свиней [27]. Сравнительно недавно установлено, что в ходе эпизоотии в Европе АЧС в основном циркулирует в популяции диких кабанов в эпизоотологическом цикле «дикий кабан-среда обитания» [28]. Сообщается, что текущее распространение АЧС в виде панзоотии болезни свиней в Европе характеризуется самоподдерживающимися циклами инфекции в популяции кабанов [18, 28].

В то же время в РФ при ретроспективном анализе вспышек АЧС среди дикого кабана на особо охраняемых природных территориях за 2015-2021 гг., по сведениям А. М. Гулюкина и соавт., не было выявлено достоверных фактов длительной циркуляции вируса АЧС. Возможно, в РФ пока не сформировались природные очаги АЧС в отличие от Африканских и Средиземноморских стран, где длительная персистенция вируса в занятом биоценозе обеспечивается сменяющимися циклами: свинья – клещ – свинья. Как сообщается, география нозоареалов и плотность популяции кабана на территории РФ позволяют считать эпизоотию АЧС в дикой природе как вторичную, без потенциала к самостоятельному и длительному продолжению [29].

*2. Изучение персистенции вируса АЧС в популяции дикого кабана методами моделиро-*

*вания.* Чтобы получить лучшее представление о схемах передачи и персистенции вируса АЧС в популяции кабана и свести к минимуму риск заноса и передачи его домашним свиньям применяются различные методы моделирования. Пространственно-временная модель Т. Халаса и соавт. (Т. Halasa et al.) показала, что важным фактором, влияющим на передачу и персистенцию заболевания, является плотность популяции. Эпизоотии АЧС в смоделированных популяциях обычно сохраняются в течение нескольких месяцев, а в определенных ситуациях они могут продолжаться больше года [30]. Х. О'Нил и соавт. (Х. O'Neill et al.) для изучения персистенции АЧС у диких кабанов использовали детерминированную популяционную компартментальную модель, при которой включение вероятности повторного заражения для выживших после АЧС позволило получить долгосрочную персистенцию болезни [31]. В недавней работе М. Ланге с соавт. (М. Lange et al.) сообщалось, что небольшая доля (0,1-1,0 %) пожизненных вирусоносителей резко увеличивает вероятность долгосрочной персистенции АЧС [32]. Однако В. Гервасиус с соавт. (V. Gervasi et al.), используя метод пространственного стохастического индивидуального моделирования, предположили, что во время эндемической фазы наиболее важным источником заражения являются инфицированные туши кабанов, а выжившие животные играют незначительную роль в персистенции вируса. Кроме того, в исследовании отмечалась очень низкая эндемическая распространенность вируса, которая в среднем варьировала от 0,2 до 0,3 % (что означает 2-3 инфицированных кабана на 1000 особей в популяции). Серопозитивные особи составляли около 6 % популяции кабанов в начале эндемической фазы АЧС, сократившись через три года примерно до 1 %. Эти результаты моделирования показывают, что в эндемичном периоде обнаружение серопозитивных животных гораздо более вероятно, чем животных с положительными результатами на вирус АЧС [33].

Реальную ситуацию распространенности АЧС в популяции дикого кабана и становление эндемичного периода можно оценить с помощью лабораторных исследований на наличие вируса АЧС и специфических антител.

<sup>1</sup>Россельхознадзор. Эпизоотическая ситуация по АЧС на территории Российской Федерации в странах Европы, Азии и Америки. Данные OIE с 2007-2023 г.

URL: [https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/iaс/foreign/2023/january/asf/05\\_achs\\_2007\\_2023\\_mir.pdf](https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/iaс/foreign/2023/january/asf/05_achs_2007_2023_mir.pdf)

3. Изучение серопревалентности к вирусу АЧС среди диких кабанов в рамках активного мониторинга.

3.1. Анализ распространенности вируса и/или специфических антител к вирусу АЧС в популяции кабанов в Европе. Вирус АЧС в основном поражает мононуклеарные фагоциты миелоидного происхождения (моноциты, макрофаги, дендритные клетки) [34]. При инфицировании вирусом АЧС у восприимчивых животных формируется защитный иммунный ответ, включающий как клеточно-опосредованный, так и гуморальный. Последний сопровождается выработкой ряда специфических антител против белков (p30, p54, p72, p73 и др.), имеющих разную функцию в иммунитете (подавляют прикрепление вируса АЧС к клеткам-хозяевам, предотвращают проникновение вирионов в клетки и др.) [35, 36, 37]. Серологическая конверсия происходит примерно на 4-20-ый день после инфицирования в зависимости от штамма и пути заражения [12, 19, 27], а АТ сохраняются в течение месяцев и даже лет [38, 39, 40]. Поскольку лицензированной вакцины против АЧС пока не существует, обнаружение специфических АТ является индикатором естественной инфекции, особенно в случаях субклинического или хронического течения [11].

С эпизоотологической точки зрения важно контролировать популяцию кабанов и следить за их серологическим статусом. В ряде европейских стран ведется регулярный активный мониторинг, который заключается в контролируемом отстреле кабанов в зонах риска АЧС. Кровь отстрелянных животных исследуют на наличие вируса АЧС (вирусовыделение, МФА) или его генома (ДНК) методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Сыворотку крови исследуют на АТ к вирусу АЧС рекомендованными ОИЕ методами: в качестве скринингового теста на АТ используют твердофазный иммуноферментный анализ (ТФ-ИФА) и непрямой иммунофлуоресцентный анализ (нМФА), а в качестве подтверждающих анализов – иммунопероксидазный метод (ИПМ) или иммуноблоттинг (ИБ) [19].

Использование серологических и молекулярных методов в комплексе позволяет не только поставить диагноз, но и предположить форму течения АЧС у животных. Положительный тест на наличие вируса или его генома при отрицательном результате на АТ указывает на инфицированное животное с текущим тече-

нием АЧС от сверхострой до подострой формы [15]. Одновременное обнаружение ДНК возбудителя АЧС и антител указывает на протекающую инфекцию (в том числе хроническую или бессимптомную форму), при которой у животного выработались АТ в определяемых количествах (не менее 7-14 суток в зависимости от метода обнаружения); выявление только АТ при отрицательном результате на ДНК может указывать на переболевшее животное [21].

В рамках активного мониторинга в пострадавших от АЧС странах-членах Европейского союза (ЕС), используя Системы управления лабораторной информацией (LIMS) национальных лабораторий, все результаты исследований на АЧС проб кабанов, проверенных в период с января 2014 по 31 августа 2020 года, были собраны в Системе сбора данных (DCF) EFSA [41]. ДНК возбудителя АЧС определяли методом ПЦР, тестирование на специфические АТ проводили методом ТФ-ИФА, часть образцов дополнительно исследовали методом ИБ/ИПМ. С января 2014 года по апрель 2015 года в Референс-лаборатории ЕС (EURL) было исследовано 237 образцов крови, сыворотки и тканей от кабанов. Из них 80,17 % было параллельно исследовано на наличие вирусной ДНК и АТ. В 55,26 % образцов методом ИПМ было подтверждено наличие АТ [42].

За период с января 2014 года по август 2016 года в пострадавших от АЧС странах ЕС доля ПЦР-положительных образцов у отстрелянных кабанов была очень низкая (от 0,04 до 3,0 %), в то же время среди павших кабанов в Прибалтике она варьировала от 60 до 86 %, а в Польше от 0,50 до 1,42 % [43]. Серопревалентность среди отстрелянных кабанов в Литве, Эстонии, Латвии и Польше в 2014 году (год интродукции АЧС) составляла 0,42, 1,96, 0,59 и 3,2 % соответственно [42].

С момента появления АЧС в странах Балтии и Польше до октября 2018 года включительно, доля положительных образцов (ПЦР и/или ИФА) среди отстрелянных животных в целом была ниже 5 %, при этом превалентность вируса была выше, чем серопревалентность [16, 28, 43, 44].

Активный эпиднадзор, связанный с серологическим мониторингом отстрелянных диких кабанов в странах Балтии и в Польше, в последние годы показал изменение ситуации с АЧС. В начале эпизоотии большинство инфицированных животных в странах Балтии были положительными на вирус АЧС. В Польше



в период с 2014 по 2020 год наблюдалось увеличение серопозитивных животных. В Литве с мая 2019 года количество кабанов с положительными результатами на вирус начало снижаться, и за тот же период стало увеличиваться количество серопозитивных животных. Подобную тенденцию отметили эстонские и польские исследователи в регионах, где вирус АЧС присутствовал в течение более длительного времени. Было указано, что наблюдаемое течение заболевания в Эстонии, Латвии, Польше могло стать началом эндемичности АЧС, при этом все же большинство животных погибало, а количество выживших со временем увеличивалось [24]. Как сообщается в работе [16], в Эстонии, Латвии и Литве с момента первоначального заражения до эндемичности прошло примерно 5 лет. В отчете EFSA за 2019-2020 гг., по результатам лабораторных исследований, было отмечено, что в Латвии и Литве эпизоотия АЧС вероятно стагнирует, а в Эстонии – затухает. В то же время в Польше, Болгарии, Венгрии, Румынии и Словакии она приобрела еще большие масштабы [41].

Анализ данных молекулярных и серологических исследований на АЧС в последующем отчете EFSA (2022 г.) также показал различия в течении эпизоотии АЧС в странах-членах ЕС и ряде соседних стран. Было отмечено, что в Эстонии по сравнению с предыдущим годом, когда болезнь ослабевала, на 19 % увеличилось общее число случаев заболевания диких кабанов, а в двух округах наблюдался всплеск инфекции. По сравнению с предыдущим периодом число зарегистрированных случаев заболевания диких кабанов в Болгарии, Венгрии, Литве и Польше сократилось на 32, 22, 27 и 15 % соответственно, в Румынии наблюдалось увеличение случаев на 33 %, а в Словакии было зарегистрировано почти в 10 раз больше случаев. В Латвии рост случаев АЧС у диких кабанов наблюдался в восточной части страны. Анализ, проведенный в странах Балтии, подтвердил значительное снижение положительных результатов ПЦР у диких кабанов в регионе. Было предположено, что существует взаимосвязь между долей ПЦР-положительных образцов и заболеваемостью АЧС среди кабанов [45].

Результаты тестирования на АЧС образцов, полученных от отстрелянных кабанов, в рамках активного эпиднадзора, проводимого с 01.09.2020 г. по 31.08.2021 г. в пострадавших от АЧС странах Евросоюза и РФ, а также пре-

валентность вируса (количество ПЦР-положительных образцов, в процентах) и антител (количество ИФА-положительных образцов, в процентах) представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что серопревалентность среди отстрелянных диких кабанов находилась в диапазоне от 0,02 до 3,56 % (в пораженных районах варьировала от 0,3 до 3,8 %) и была ниже, чем превалентность вируса, за исключением стран Прибалтики. Обнаружение большего количества серопозитивных образцов, по сравнению с ПЦР-положительными, может являться признаком формирования эндемичных территорий в этих странах.

В целом анализ результатов тестов, представленных в DCF EFSA с начала 2016 года до августа 2021 года, показал, что общего увеличения доли серопозитивных образцов у диких кабанов в пострадавших от АЧС странах не наблюдалось, в том числе ПЦР-отрицательных. Это говорит о том, что за указанный период количество выживших кабанов не увеличивалось [45].

*3.2. Исследования на наличие вирусной ДНК и специфических антител у молодых кабанов.* При выявлении серопозитивных диких кабанов следует учитывать возможное присутствие в их организме колюстральных антител. В Польше во время активного эпиднадзора за зонами риска АЧС в 2017-2018 годах было исследовано примерно 27 тысяч образцов крови кабанов на наличие вирусной ДНК и антител против вируса АЧС. В 420 образцах (1,58 %) были обнаружены антитела к вирусу АЧС [39]. Однако более половины из всех серопозитивных образцов были ПЦР-отрицательными на наличие ДНК вируса АЧС (292), причем 126 образцов принадлежали молодым кабанам (возраст  $\leq 1$  года). Последний факт может быть объяснен вертикальной передачей антител, а именно иммуноглобулинов G (IgG), с молозивом от выздоравливающей самки. М. Вальчак и соавт. (M. Walczak et al.) предположили, что молодые кабаны теоретически имеют меньше шансов заразиться вирусом АЧС, поскольку период полураспада IgG может варьировать в среднем от 21-го дня до нескольких месяцев. Но, несмотря на возможную вертикальную передачу антител, нельзя исключить заражение молодняка низковирулентным изолятом АЧС, бессимптомную форму заболевания или период выздоровления. Из взрослых животных в этом исследовании у десяти серопозитивных туш кабанов не было обнаружено ни патологических

Таблица – Результаты исследований ПЦР, ИФА, превалентность вируса и антител среди отстрелянного дикого кабана (активный мониторинг с 01.09. 2020 по 31.08. 2021) в пострадавших от АЧС странах ЕС и РФ [41, 45] /  
Table – The results of PCR and ELISA studies and prevalence (%) of virus and antibodies for hunted wild boar (active surveillance from 01.09. 2020 to 31.08. 2021) in the ASF-affected EU countries and Russia [41, 45]

| Страна /<br>Country | Дата регистрации первого<br>подтверждения<br>АЧС / Date of<br>first notification<br>of ASF | Кол-во случаев<br>с момента первого<br>подтверждения<br>АЧС* / Cases since<br>first confirmation<br>of ASF* | ПЦР-образцы / PCR-samples |                                  |                                      | ИФА-образцы / ELISA-samples                          |                                  |                                      |   |                                      |
|---------------------|--|---|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
|                     |  |   | всего /<br>total          | положи-<br>тельные /<br>positive | % положи-<br>тельных /<br>% positive | всего / total<br>surveillance<br>in whole<br>country | положи-<br>тельные /<br>positive | % положи-<br>тельных /<br>% positive | положи-<br>тельные /<br>positive                          | % положи-<br>тельных /<br>% positive |
| Болгария / Bulgaria | 23.10.2018   | 919   | 12671                     | 1167                             | 9,2                                  | 4729   | 1                                | 0,02                                 | Данные не представлены в DCF /<br>No data provided to DCF |                                      |
| Венгрия / Hungary   | 21.04.2018   | 8247  | 59747                     | 781                              | 1,3                                  | 3270   | 35                               | 1,07                                 | 35  | 1,35                                 |
| Литва / Lithuania   | 24.01.2014   | 4032  | 12924                     | 24                               | 0,18                                 | 12823  | 148                              | 1,15                                 | 96  | 1,5                                  |
| Эстония / Estonia   | 08.09.2014   | 2876  | 10081                     | 12                               | 0,12                                 | 10069  | 75                               | 0,74                                 | 27  | 1,36                                 |
| Латвия / Latvia     | 26.06.2014   | 4282  | 20889                     | 51                               | 0,24                                 | 20854  | 743                              | 3,56                                 | 341   | 3,8                                  |
| Польша / Poland     | 17.02.2014   | 12036   | 119336                    | 477                              | 0,4                                  | 63986  | 192                              | 0,3                                  | 169   | 0,3                                  |
| Румыния / Romania   | 29.05.2018   | 2602  | 32690                     | 1115                             | 3,4                                  | 28443  | 653                              | 2,3                                  | 611   | 2,2                                  |
| Словакия / Slovakia | 08.08.2019   | 1784  | 27624                     | 140                              | 0,5                                  | 27514  | 88                               | 0,32                                 | 88  | 0,4                                  |
| Германия / Germany  | 10.09.2020   | 1872  | 84036                     | 200                              | 0,23                                 | 2772   | 0                                | -                                    | 0   | -                                    |
| Россия / Russia     | 05.12.2007   | 3159  | 32313                     | 79                               | 0,24                                 | 10069  | 75                               | 0,74                                 | 16  | -                                    |

\* В число "случаев" заболевания АЧС II генотипа включены как серопозитивные, так и положительные на вирус дикие кабаны /  
\*The number of "cases" of ASF II genotype disease includes both seropositive and virus-positive wild boars.

\*\* Количество проб, полученных только в районах, где было зарегистрировано хотя бы одно уведомление об АЧС или вспышка за отчетный период, начиная с первого положительного случая /  
\*\*Samples tested for ASF in areas in the country had at least one case or outbreak of ASF reported in the reporting period.

Комментарии к таблице: данные из Чехии и Бельгии не вошли в анализ, т. к. страны были свободны от АЧС с 03.2019 г. и с 01.10.20 г., соответственно, и за указанный период данные ИФА не были представлены /  
Comments to the table: data from the Czech Republic and Belgium were not included in the analysis, because the countries were free from ASF from 03.2019 and from 1.10.20, respectively, and for the specified period, the ELISA data were not provided.

поражений, характерных для АЧС, ни наличия ДНК-вируса АЧС, что также можно было объяснить периодом выздоровления. Однако следует иметь в виду, что некоторые животные могут оставаться с очень низким или неопределяемым уровнем ДНК вируса в случае низковирулентных изолятов, вызывающих хроническую форму АЧС, как было показано К. Гальярдо и соавт. (С. Gallardo et al.) в экспериментах с домашними свиньями [46].

**3.3. Исследования кабанов на специфические антитела к вирусу АЧС в РФ.** С момента заноса в 2007 году на территориях РФ циркулирует вирус АЧС II генотипа [20], с 2008 года наблюдается небольшое, но постоянное сокращение популяции кабана [45]. В исследовании Л. Мир с соавт. (L. Mur et al.) были проанализированы экспериментальные образцы изолятов вируса АЧС, выделенных в РФ в 2013 г. (74 сыворотки и 3 тканевых экссудата), и полевые образцы из РФ с 2013 по 2014 г. (266 проб, в т. ч. 32 и 7 тканевых экссудатов домашних свиней и диких кабанов, соответственно). Все образцы были протестированы методом ИФА, а некоторые из них (79) также исследованы иммунохроматографическими тестами. Положительные и сомнительные образцы подтверждались методом ИБ. Как в опытных, так и в полевых образцах были получены положительные результаты. При этом 3,7 % полевых проб получены положительными на АТ, что могло указывать на потенциальное присутствие выживших животных на территории РФ в тот период [12]. В рамках активного мониторинга, проводимого в РФ с 01.09.2020 по 31.08.2021 г. было выявлено всего 0,74 % серопозитивных образцов от отстрелянных кабанов [45]. Отмечались в РФ и случаи выявления серопозитивных/ПЦР-отрицательных кабанов. Так, в исследованиях А. Р. Шотин и соавт. на юге (2017 и 2021 гг.) и западе (2018 г.) Владимирской области в полевых ПЦР-отрицательных и одном сомнительном образцах от отстрелянных кабанов были обнаружены специфические АТ к АЧС. Причем официально нотифицированных очагов в вышеназванном регионе, начиная с середины 2018 г., выявлено не было. Сообщается, что такие серопозитивные животные являются выздоровевшими от АЧС (в т. ч. при инфицировании вариантом вируса

с пониженной вирулентностью). В целом, в образцах отстрелянных кабанов в 2017, 2018, 2020 и 2021 гг. из 11 регионов пяти федеральных округов РФ было обнаружено всего 13 положительных проб на АТ к вирусу АЧС (в Калининградской, Владимирской, Волгоградской областях, Татарстане и Хабаровском крае) [21].

В РФ лабораторные исследования на АЧС образцов от кабанов проводят в основном методом ПЦР, применение серологических методов ограничено в связи со сложностью получения качественного биоматериала на местах отстрела. Крайне малое количество выявляемых в РФ серопозитивных кабанов пока не дает возможности сделать выводы относительно истинного уровня серопревалентности к вирусу АЧС в дикой природе, для этого необходимы мониторинговые серологические исследования в масштабах всех пораженных округов.

**Заключение.** Обнаружение специфических антител к вирусу АЧС у кабанов имеет решающее значение в определении текущей фазы эпизоотии. Сероконверсия может указывать на хроническую, бессимптомную инфекцию или выздоровление отдельных особей после переболевания острой и подострой формами АЧС. При этом персистенция вируса у таких животных создает постоянные риски возникновения спорадических вспышек АЧС на зараженных территориях, а инфекция может приобрести эндемичный характер. В настоящее время среди европейских стран серопозитивных диких кабанов выявляют в Венгрии, Польше, Румынии, Словакии, Прибалтике, России. В тех регионах, где вирус АЧС присутствует в течение длительного времени (Польша, Литва, Латвия, Эстония), отмечается тенденция перехода эпизоотии АЧС в эндемическую фазу. В РФ, несмотря на долгое присутствие данного вируса, пока не установлено появления АЧС-эндемичных территорий в дикой природе, что, возможно, связано с недостаточно проработанными этапами активного эпиднадзора. Внедрение в практику комплексной серологической, молекулярной и вирусологической диагностики поможет объективно оценить динамику болезни в плане установления эндемичности и, в конечном счете, разработать эффективные меры борьбы с заболеванием.



## Список литературы

1. Blome S., Franzke K., Beer M. African swine fever-A review of current knowledge. *Virus Research*. 2020;287:198099. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198099>
2. EFSA Panel on Animal Health and Welfare, Nielsen S. S., Alvarez J., Bicout D. J., Calistri P., Canali E., Drewe J. A., Garin-Bastuji B., Gonzales Rojas J. L., Schmidt C., Herskin M., Michel V., Padalino B., Pasquali P., Roberts H. C., Spooler H., Stahl K., Velarde A., Winckler C., Blome S., Boklund A., Bøtner A., Dhollander S., Rapagna C., Van der Stede Y., Miranda Chueca M. A. Scientific Opinion on the research priorities to fill knowledge gaps in wild boar management measures that could improve the control of African swine fever in wild boar populations. *EFSA Journal*. 2021;19(7):e06716. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6716>
3. Ge S., Li J., Fan X., Liu F., Li L., Wang Q., Ren W., Bao J., Liu C., Wang H., Liu Y., Zhang Y., Xu T., Wu X., Wang Z. Molecular Characterization of African Swine Fever Virus, China. *Emerging Infectious Diseases*. 2018;24(11):2131-2133. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2411.181274>
4. Ayanwale A., Trapp S., Guabiraba R., Caballero I., Roesch F. New Insights in the Interplay Between African Swine Fever Virus and Innate Immunity and Its Impact on Viral Pathogenicity. *Frontiers Microbiology*. 2022;13:958307. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.958307>
5. Conan A., Kim Y., Yang D. A., Win T. T. Z., Nekouei O., Pfeiffer D. U. African Swine Fever Cross-border Risk Assessment Manual: South-East Asia. World Organisation for Animal Health (OIE) Sub-Regional Representation for South-East Asia. Bangkok, Thailand, 2022. 36 p. URL: [https://rr-asia.woah.org/wp-content/uploads/2022/04/asf-risk-assessment-manual-update\\_31mar22.pdf](https://rr-asia.woah.org/wp-content/uploads/2022/04/asf-risk-assessment-manual-update_31mar22.pdf)
6. Loi F., Di Sabatino D., Baldi I., Rolesu S., Gervasi V., Guberti V., Cappai S. Estimation of R0 for the Spread of the First ASF Epidemic in Italy from Fresh Carcasses. *Viruses*. 2022;14(10):2240. DOI: <https://doi.org/10.3390/v14102240>
7. Cadenas-Fernández E., Sánchez-Vizcaíno J. M., Pintore A., Denurra D., Cherchi M., Jurado C., Vicente J., Barasona J. A. Free-Ranging Pig and Wild Boar Interactions in an Endemic Area of African Swine Fever. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019;6:376. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00376>
8. Pikalo J., Schoder M. E., Sehl J., Breithaupt A., Tignon M., Cay A. B., Gager A. M., Fischer M., Beer M., Blome S. The African swine fever virus isolate Belgium 2018/1 shows high virulence in European wild boar. *Transboundary and emerging diseases*. 2020;67(4):1654-1659. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13503>
9. Nurmoja I., Petrov A., Breidenstein C., Zani L., Forth J. H., Beer M., Kristian M., Viltrop A., Blome S. Biological characterization of African swine fever virus genotype II strains from north-eastern Estonia in European wild boar. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017;64(6):2034-2041. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12614>
10. Gallardo C., Soler A., Rodze I., Nieto R., Cano-Gómez C., Fernandez-Pinero J., Arias M. Attenuated and non-haemadsorbing (non-HAD) genotype II African swine fever virus (ASFV) isolated in Europe, Latvia 2017. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019;66(3):1399-1404. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13132>
11. Gallardo C., Nurmoja I., Soler A., Delicado V., Simón A., Martín E., Pérez C., Nieto R., Arias M. Evolution in Europe of African swine fever genotype II viruses from highly to moderately virulent. *Veterinary microbiology*. 2018;219:70-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.04.001>
12. Mur L., Igolkin A., Varentsova A., Pershin A., Remyga S., Shevchenko I., Zhukov I., Sánchez-Vizcaíno J. M. Detection of African Swine Fever Antibodies in Experimental and Field Samples from the Russian Federation: Implications for Control. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016;63(5):e436-e440. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12304>
13. Sun E., Huang L., Zhang X., Zhang J., Shen D., Zhang Z., Wang Z., Huo H., Wang W., Huangfu H., Wang W., Li F., Liu R., Sun J., Tian Z., Xia W., Guan Y., He X., Zhu Y., Zhao D., Bu Z. Genotype I African swine fever viruses emerged in domestic pigs in China and caused chronic infection. *Emerging microbes & infections*. 2021;10(1):2183-2193. DOI: <https://doi.org/10.1080/22221751.2021.1999779>
14. Pershin A., Shevchenko I., Igolkin A., Zhukov I., Mazloun A., Aronova E., Vlasova N., Shevtsov A. A long-term study of the biological properties of ASF virus isolates originating from various regions of the Russian Federation in 2013–2018. *Veterinary Sciences*. 2019;6(4):99. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci6040099>
15. Бельтран-Алькрудо Д., Ариас М., Гайардо К., Крамер С., Пенрит М. Л. Африканская чума свиней: обнаружение и диагностика – руководство для ветеринаров. Руководство по животноводству и охране здоровья животных № 19. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Организации Объединенных Наций (ФАО), 2017. 104 с. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/i7228ru/17228RU.pdf>
16. Beltrán-Alcrudo D., Arias M., Gallardo C., Kramer S., Penrith M. L. African swine fever: detection and diagnosis – A manual for veterinarians. FAO Animal Production and Health Manual No. 19. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2017. 104 p. URL: <https://www.fao.org/3/i7228e/i7228e.pdf>
17. European Food Safety Authority, Boklund A., Bøtner A., Chesnoiu V. T., Depner K., Desmecht D., Guberti V., Helyes G., Korytarova D., Linden A., Miteva A., More S., Olsevskis E., Ostojic S., Roberts H., Spiridon M., Ståhl K., Thulke H.-H., Vilija G., Viltrop A., Wallo R., Wozniakowski G., Abrahantes C. J., Dhollander S., Gogin A., Ivanciu C., Papanikolaou A., Villeta L. C. G., Gortázar Schmidt Ch. Epidemiological analyses of African swine fever in the European Union (November 2018 to October 2019). *EFSA Journal*. 2020;18(1):e05996. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5996>
18. Schulz K., Conraths F. J., Blome S., Staubach C., Sauter-Louis C. African Swine Fever: Fast and Furious or Slow and Steady? *Viruses*. 2019;11(9):866. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11090866>

18. Sánchez-Cordón P. J., Nunez A., Neimanis A., Wikström-Lassa E., Montoya M., Crooke H., Gavier-Widén D. African Swine Fever: Disease Dynamics in Wild Boar Experimentally Infected with ASFV Isolates Belonging to Genotype I and II. *Viruses*. 2019;11(9):852. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11090852>
19. OIE Terrestrial Manual 2019. Chapter 3.8.1. African swine fever (infection with African swine fever virus). URL: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health\\_standards/tahm/3.08.01 ASF.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/3.08.01 ASF.pdf)
20. Danzetta M. L., Marenzoni M. L., Iannetti S., Tizzani P., Calistri P., Feliziani F. African Swine Fever: Lessons to Learn From Past Eradication Experiences. A Systematic Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;7:296. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00296>
21. Шотин А. Р., Мазлум А., Иголкин А. С., Шевченко И. В., Елсукова А. А., Аронова Е. В., Власова Н. Н. Альтернативные подходы к диагностике африканской чумы свиней на территории Российской Федерации в 2017-2021 гг. *Вопросы вирусологии*. 2022;67(4):290-303. DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-112>
- Shotin A. R., Mazloun A., Igolkin A. S., Shevchenko I. V., Elsukova A. A., Aronova E. V., Vlasova N. N. Alternative approaches to the diagnosis of African swine fever in the Russian Federation in 2017-2021. *Voprosy virusologii = Problems of Virology*. 2022;67(4):290-303. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-112>
22. De la Torre A., Bosch J., Iglesias I., Muoz M. J., Mur L., Martínez-López B., Martínez M., Sánchez-Vizcaíno J. M. Assessing the risk of African swine fever introduction into the European Union by wild boar. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2015;62(3):272-279. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12129>
23. Vergne T., Gogin A., Pfeiffer D. U. Statistical exploration of local transmission routes for African swine fever in Pigs in the Russian Federation, 2007-2014. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017;64(2):504-512. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12391>
24. Frant M. P., Gal-Cisoń A., Bocian Ł., Ziętek-Barszcz A., Niemczuk K., Szczotka-Bochniarz A. African Swine Fever (ASF) Trend Analysis in Wild Boar in Poland (2014-2020). *Animals (Basel)*. 2022;12(9):1170. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12091170>
25. Nurmoja I., Mõtus K., Kristian M., Niine T., Schulz K., Depner K., Viltrop A. Epidemiological analysis of the 2015-2017 African swine fever outbreaks in Estonia. *Preventive Veterinary Medicine*. 2020;181:104556. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.10.001>
26. Gogin A., Gerasimov V., Malogolovkin A., Kolbasov D. African swine fever in the North Caucasus region and the Russian Federation in years 2007-2012. *Virus Research*. 2013;173(1):198-203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2012.12.007>
27. Sauter-Louis C., Conraths F. J., Probst C., Blohm U., Schulz K., Sehl J., Fischer M., Forth J. H., Zani L., Depner K., Mettenleiter T. C., Beer M., Blome S. African Swine Fever in Wild Boar in Europe - A Review. *Viruses*. 2021;13(9):1717. DOI: <https://doi.org/10.3390/v13091717>
28. Chenais E., Ståhl K., Guberti V., Depner K. Identification of Wild Boar-Habitat Epidemiologic Cycle in African Swine Fever Epizootic. *Emerging Infectious Diseases*. 2018;24(4):809-811. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2404.172127>
29. Гулюкин А. М., Белименко В. В., Шабейкин А. А., Цареградский П. Ю., Патрикеев В. В. Эпизоотическая ситуация по африканской чуме свиней на особо охраняемых природных территориях. *Ветеринария*. 2022;(11):15. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.11.15-22> EDN: BSIMZK
- Gulyukin A. M., Belimenko V. V., Shabeykin A. A., Tsaregradskiy P. Yu., Patrikeev V. V. Epizootic situation on african swine fever in nature conservation areas. *Veterinariya = Veterinary*. 2022;(11):15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.11.15-22>
30. Halasa T., Boklund A., Bøtner A., Mortensen S., Kjør L. J. Simulation of transmission and persistence of African swine fever in wild boar in Denmark. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019;167(1):68-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.03.028>
31. O'Neill X., White A., Ruiz-Fons F., Gortázar C. Modelling the transmission and persistence of African swine fever in wild boar in contrasting European scenarios. *Scientific Reports*. 2020;10:5895. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62736-y>
32. Lange M., Reichold A., Thulke H. Modelling advanced knowledge of African swine fever, resulting surveillance patterns at the population level and impact on reliable exit strategy definition. *EFSA Journal*. 2021;18(3):6429E. DOI: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6429>
33. Gervasi V., Guberti V. African swine fever endemic persistence in wild boar populations: Key mechanisms explored through modelling. *Transboundary and emerging diseases*. 2021;68(5):2812-2825. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.14194>
34. Franzoni G., Graham S. P., Giudici S. D., Bonelli P., Pilo G., Anfossi A. G., Pittau M., Nicolussi P. S., Ladomada A., Oggiano A. Characterization of the interaction of African swine fever virus with monocytes and derived macrophage subsets. *Veterinary microbiology*. 2017;198:88-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.12.010>
35. Bastos A. D., Penrith M. L., Cruciare C., Edrich J., Hutchings G., Roger F., Couacy-Hymann E., Thomson G. R. Genotyping field strains of African swine fever virus by partial p72 gene characterisation. *Archives of virology*. 2003;148:693-706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-002-0946-8>
36. Gallardo C., Mwaengo D. M., Macharia J. M., Arias M., Taracha E. A., Soler A., Okoth E., Martín E., Kasiti J., Bishop R. P. Enhanced discrimination of African swine fever virus isolates through nucleotide sequencing of the p54, p72, and pB602L (CVR) genes. *Virus genes*. 2009;38:85-95. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11262-008-0293-2>
37. Середа А.Д., Казакова А.С., Имамдинов А.Р., Колбасов Д.В. Гуморальные и клеточно-опосредованные механизмы иммунитета при африканской чуме свиней (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2015;50(6):709-718. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.709rus>

Sereda A. D., Kazakova A. S., Imatdinov A. R., Kolbasov D. V. Humoral and cell immune mechanisms under African swine fever. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2015;50(6):709-718. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.6.709eng>

38. Petrov A., Forth J., Zani L., Beer M., Blome S. No evidence for long-term carrier status of pigs after African swine fever virus infection. *Transboundary and emerging diseases*. 2018;65(5):1318-1328.

DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12881>

39. Walczak M., Wasiak M., Dudek K., Kycko A., Szacawa E., Olech M., Woźniakowski G., Szczotka-Bochniarz A. Blood Counts, Biochemical Parameters, Inflammatory, and Immune Responses in Pigs Infected Experimentally with the African Swine Fever Virus Isolate Pol18\_28298\_O111. *Viruses*. 2021;13(3):521. DOI: <https://doi.org/10.3390/v13030521>

40. Lai D. C., Oh T., Nguyen H. T., Do D. T. The study of antigen carrying and lesions observed in pigs that survived post African swine fever virus infection. *Tropical Animal Health and Production*. 2022;54:264.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03229-0>

41. European Food Safety Authority (EFSA), Desmecht D., Gerbier G., Gortázar Schmidt Ch., Grigaliuniene V., Helyes G., Kantere M., Korytarova D., Linden A., Miteva A., Neghirla I., Olsevskis E., Ostojic S., Petit T., Staubach Ch., Thulke H.-H., Viltrop A., Richard W., Wozniakowski G., Cortiñas J. A., Broglia A., Dhollander S., Lima E., Papanikolaou A., Van der Stede Y., Ståhl K. Scientific Opinion on the epidemiological analysis of African swine fever in the European Union (September 2019 to August 2020). *EFSA Journal*. 2021;19(5):e06572.

DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6572>

42. EFSA Panel on Animal Health and Welfare. African swine fever. *EFSA Journal*. 2015;13(7):4163.

DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4163>

43. European Food Safety Authority, Cortinas Abrahantes J., Gogin A., Richardson J., Gervelmeyer A. Epidemiological analyses on African swine fever in the Baltic countries and Poland. *EFSA Journal*. 2017;15(3):4732.

DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4732>

44. European Food Safety Authority, Boklund A., Cay B., Depner K., Foldi Z., Guberti V., Masiulis M., Miteva A., More S., Olsevskis E., Satran P., Spiridon M., Stahl K., Thulke H.-H., Viltrop A., Wozniakowski G., Broglia A., Cortinas Abrahantes J., Dhollander S., Gogin A., Verdonck F., Amato L., Papanikolaou A., Gortazar C. Scientific report on the epidemiological analyses of African swine fever in the European Union (November 2017 until November 2018). *EFSA Journal*. 2018;16(11):e05494. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5494>

45. European Food Safety Authority, Banos J. V., Boklund A., Gogin A., Gortazar C., Guberti V., Helyes G., Kantere M., Korytarova D., Linden A., Masiulis M., Miteva A., Neghirla I., Olsevskis E., Ostojic S., Petr S., Staubach C., Thulke H.-H., Viltrop A., Wozniakowski G., Broglia A., Abrahantes Cortinas J., Dhollander S., Mur L., Papanikolaou A., Van der Stede Y., Zancanaro G., Stahl K. Scientific report on the epidemiological analyses of African swine fever in the European Union. *EFSA Journal* 2022;20(5):e07290. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7290>

46. Gallardo C., Soler A., Nieto R., Sánchez M. A., Martins C., Pelayo V., Carrascosa A., Revilla Y., Simón A., Briones V., Sánchez-Vizcaino J. M., Arias M. Experimental Transmission of African Swine Fever (ASF) Low Virulent Isolate NH/P68 by Surviving Pigs. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2015;62(6):612-622.

DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12431>

#### Сведения об авторах

✉ **Беспалова Татьяна Юрьевна**, заместитель руководителя группы, Самарский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Магнитогорская, д. 8, г. Самара, Российская Федерация, 443013, e-mail: [samara@ficvim.ru](mailto:samara@ficvim.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0264-0218>, e-mail: [27bt@mail.ru](mailto:27bt@mail.ru)

**Глазунова Анастасия Александровна**, заместитель руководителя группы, Самарский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Магнитогорская, д. 8, г. Самара, Российская Федерация, 443013, e-mail: [samara@ficvim.ru](mailto:samara@ficvim.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5615-1903>

#### Information about the authors

✉ **Tatiana Yu. Bespalova**, deputy head of the group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Magnitogorskaya str., 8, Samara, Russian Federation, 443013, e-mail: [samara@ficvim.ru](mailto:samara@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0264-0218>, e-mail: [27bt@mail.ru](mailto:27bt@mail.ru)

**Anastasia A. Glazunova**, deputy head of the group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Magnitogorskaya str., 8, Samara, Russian Federation, 443013, e-mail: [samara@ficvim.ru](mailto:samara@ficvim.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5615-1903>

✉ – Для контактов / Corresponding author