



Плотность популяции дикого кабана и распространение африканской чумы свиней в Российской Федерации

О. И. Захарова¹, А. А. Блохин², Н. Н. Торопова³, О. А. Бурова⁴, И. В. Яшин⁵, Ф. И. Коренной⁶

¹⁻⁵ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), г. Нижний Новгород, Россия

⁶ ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), г. Владимир, Россия

¹ <https://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharaova@fivim.ru

² <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>, e-mail: and.bloxin2010@yandex.ru

³ <https://orcid.org/0000-0002-4786-6886>, e-mail: toropova.nadya2014@yandex.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0001-7359-2041>, e-mail: ivanyashin@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-7378-3531>, e-mail: korennoy@arriah.ru

РЕЗЮМЕ

Такое вирусное трансграничное заболевание всех представителей семейства свиньи (*Suidae*), как африканская чума свиней, наносит колоссальный ущерб не только мировой свиноводческой отрасли, но и экологии кабана (*Sus scrofa*) – животного, являющегося природным резервуаром вируса и участником эпизоотического процесса. Одной из мер по предотвращению распространения африканской чумы свиней на территории Российской Федерации является депопуляция дикого кабана. Рекомендуемое «Планом действий по предотвращению заноса на территорию Российской Федерации африканской чумы свиней и ее распространения» значение плотности популяции кабана в 0,25 особи/1000 га (0,025 особи/км²) для многих субъектов страны было достигнуто к 2020 г., но, как показывает анализ эпизоотической ситуации по африканской чуме свиней, данная мера не привела к полному искоренению инфекции в Российской Федерации. Регрессионный анализ показал, что в ряде модельных субъектов (N = 6) прослеживается статистически значимая положительная взаимосвязь между наличием повторяющихся вспышек африканской чумы свиней в популяции дикого кабана и ее плотности. В то же время в других модельных субъектах (N = 3) такая зависимость отсутствует, а вспышки африканской чумы свиней регистрировались среди диких кабанов при плотности, существенно меньшей рекомендуемого значения. Обзор зарубежной и отечественной научной литературы показал, что применение методов контроля численности кабанов, таких как депопуляция, является лишь частью комплекса мер по искоренению африканской чумы свиней в дикой природе и эффективно лишь при изъятии 70–80% особей в короткие сроки, что практически нереализуемо в силу высоких экономических затрат и нюансов применения методов контроля и сокращения популяции. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что снижение численности дикого кабана не является гарантией прекращения дальнейшего распространения инфекции на территории Российской Федерации и должно рассматриваться в составе комплекса мер, направленных на ликвидацию и предупреждение заноса африканской чумы свиней, наряду с другими противоэпизоотическими мероприятиями.

Ключевые слова: африканская чума свиней, плотность популяции дикого кабана, депопуляция, логистическая регрессия, стратегия ликвидации

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

Для цитирования: Захарова О. И., Блохин А. А., Торопова Н. Н., Бурова О. А., Яшин И. В., Коренной Ф. И. Плотность популяции дикого кабана и распространение африканской чумы свиней в Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (2): 104–113. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-2-104-113.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Захарова Ольга Игоревна, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ветеринарная, 3, e-mail: ozakharaova@fivim.ru.

Density of wild boar population and spread of African swine fever in the Russian Federation

O. I. Zakharova¹, A. A. Blokhin², N. N. Toropova³, O. A. Burova⁴, I. V. Yashin⁵, F. I. Korennoy⁶

¹⁻⁵ Federal Research Center for Virology and Microbiology (FRCVM); Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology (NNRVI – Branch of the FRCVM), Nizhny Novgorod, Russia

⁶ FGBI “Federal Centre for Animal Health” (FGBI “ARRIAH”), Vladimir, Russia

¹ <https://orcid.org/0000-0002-1408-2989>, e-mail: ozakharaova@fivim.ru

² <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>, e-mail: and.bloxin2010@yandex.ru

³ <https://orcid.org/0000-0002-4786-6886>, e-mail: toropova.nadya2014@yandex.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0001-7359-2041>, e-mail: ivanyashin@yandex.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-7378-3531>, e-mail: korennoy@arriah.ru

SUMMARY

African swine fever (ASF) is a transboundary viral disease affecting all species of the *Suidae* family. It greatly undermines global pig industry and causes a significant damage to the ecology of the wild boar (*Sus scrofa*) which is a natural reservoir of the virus and is an intermediate link in the epizootic process. Depopulation of wild boars is one of the measures taken to prevent spread of African swine fever in the Russian Federation. A threshold density of the wild boar population of 0.25 boars/1000 ha (0.025 boars/km²), according to the National Plan on the ASF Eradication in the Russian Federation, was achieved by 2020 in many RF Subjects. However, further analysis of the ASF epizootic situation shows that the measure has failed to eradicate the infection completely. A regression analysis showed statistically significant positive relationship between recurrent ASF outbreaks in the wild boar population and its density in a number of model subjects (N = 6). At the same time, there is no such dependence in other model subjects (N = 3), and ASF outbreaks were recorded in wild boars at a density significantly lower than the recommended value. A review of foreign and national scientific publications has shown that such control methods as depopulation is just one part of the whole set of measures taken to eradicate African swine fever in the wild. The measure is effective only when 70–80% of animals are culled in a short time, which is practically impossible due to the high costs and some peculiarities of the population control and depopulation process. Based on the results obtained, it can be concluded that a decrease in the number of wild boars does not guarantee to stop further spread of infection in the Russian Federation and it should be considered as just one part of the whole set of measures taken together with other anti-epizootic measures to eliminate and prevent ASF.

Keywords: African swine fever, density of wild boar population, depopulation, logistic regression, elimination strategy

Acknowledgement: The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of the State Assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology.

For citations: Zakharova O. I., Blokhin A. A., Toropova N. N., Burova O. A., Yashin I. V., Korennoy F. I. Density of wild boar population and spread of African swine fever in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (2): 104–113. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-2-104-113.

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

For correspondence: Olga I. Zakharova, Researcher, Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, 603950, Russia, Nizhny Novgorod, ul. Veterinarnaya, 3, e-mail: ozakharova@frcvim.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Африканская чума свиней (АЧС) – вирусное трансграничное заболевание всех представителей семейства свиньи (*Suidae*), приносящее колоссальный ущерб не только свиноводческой отрасли страны, но и экологии кабана как вида. Источником возбудителя являются больные, а также переболевшие, находящиеся в инкубационном периоде, не имеющие клинических признаков и выделяющие возбудитель во внешнюю среду свиньи и дикие кабаны. Многочисленные исследования по изучению роли дикого кабана в распространении АЧС показали, что данное животное является важным, но не основным фактором в распространении вируса АЧС на территории Российской Федерации [1–3]. Как известно, дикий кабан участвует в поддержании энзоотичности территорий [4–6]. Возникновение вспышек АЧС в дикой природе, регистрируемых в РФ на протяжении всего периода неблагополучия, до сих пор имеет в основном спорадический характер. Экологические факторы риска способствуют сохранению и поддержанию вирулентности вируса АЧС во внешней среде и тем самым затрудняют ликвидацию болезни [7]. Источники инфекции в большинстве случаев остаются неизвестными, причиной чего служат особенности ведения как охотничьих хозяйств, так и свиноводства в личных

подсобных хозяйствах (ЛПХ), характеризующиеся бесконтрольным перемещением животных, миграциями диких кабанов, перевозкой продукции свиноводства и охотничьих трофеев [4, 7, 8]. В то время как недостаточная биобезопасность на свинофермах считается основным фактором распространения болезни [9–13], присутствие дикого кабана в экосистеме играет важную роль в передаче вируса АЧС в популяцию домашних свиней, что признано многими странами [9, 14, 15]. Для Российской Федерации и ее отдельных субъектов характерна циркуляция вируса АЧС в популяции кабана [16]. В последнее время такой механизм эпизоотии АЧС четко прослеживается на Дальнем Востоке [17–19].

В настоящее время ведутся дискуссии по вопросу зависимости скорости распространения вируса АЧС от плотности популяции дикого кабана. Исходя из опыта стран Европы, передача вируса, зависящая от плотности популяции кабана, преобладает, но наблюдается не всегда [20]. Из-за особенностей эпизоотического процесса при АЧС такая тенденция в основном зависит от:

– структуры и социальных взаимоотношений как внутри самой восприимчивой популяции кабана, так и между половозрастными группами;

– неясности механизмов передачи вируса от животного к животному и сохранения вируса АЧС в трупах кабанов в зависимости от условий окружающей среды (например, температуры воздуха).

В результате исследований, проведенных в Польше, Германии и Италии, T. Podgórski et al. [21] установили, что частота контактов внутри социальных групп была в 17 раз выше, чем между животными из разных групп. Эти взаимоотношения указывают на сложившуюся метапопуляцию, в которой внутригрупповая передача происходит быстрее, а распространение инфекции между группами ограничено и растянуто во времени. Авторы также выявили, что молодые кабаны наиболее часто взаимодействуют между собой в популяции и могут способствовать более быстрой передаче инфекции. Стратегия управления численностью дикого кабана, влияющая на социальную и пространственную структуру популяции, такая как дополнительная подкормка, может сократить временной интервал передачи вируса, поскольку возможная вероятность контактов между различными группами вида возрастает.

Так, в Польше начиная с 2014 и до середины 2016 г. предполагалось, что функционирование очагов АЧС могло быть следствием более высокой плотности диких кабанов (1–4 особи/км²) на востоке и низкой плотности в западных регионах (< 0,4 особи/км²). Z. Rejsak et al. [22] предположили, что для обеспечения устойчивой циркуляции вируса среди диких кабанов в Польше необходима плотность более двух животных на квадратный километр.

Теория пороговых значений плотности не дает однозначных ответов о закономерностях распространения вируса АЧС, поддержания вспышек в популяции диких кабанов и передачи возбудителя болезни в другие восприимчивые популяции, в т. ч. домашних свиней. Модельные подходы основаны на таких ключевых условиях, как однородное и случайное взаимодействие больных и здоровых особей, что вряд ли воспроизводимо в дикой природе. Помимо плотности популяции кабана на динамику передачи вируса внутри популяции могут влиять такие факторы, как сохранность вируса АЧС в трупах кабанов, социальная структура популяции, механические переносчики и другие. Следовательно, пороговые значения плотности популяции кабана не обязательно будут отражать возможности передачи инфекции в конкретной области. Кроме того, в соответствии со своей социальной природой животные могут группироваться, это происходит даже в тех областях и на территориях, где в целом наблюдается очень низкая плотность популяции, в результате этого формируются зоны с более высокой численностью диких кабанов, создавая предпосылки к возникновению очагов АЧС.

Исследования в области изучения экологии популяции дикого кабана, проводимые в рамках проекта ENETWILD [13, 23] и EFSA [24], показали, что полевые наблюдения – это единственный доступный альтернативный подход для изучения пороговых значений плотности популяции в контексте предупреждения и контроля распространения АЧС.

Одной из мер, являющейся стратегически важной для контроля болезни, является депопуляция дикого кабана, т. е. сокращение его численности до определенного порога значений, при котором внутрипопуляционная передача вируса прекратится или значи-

тельно замедлится из-за уменьшения коэффициента репродукции [25–27].

Анализируя эпизоотическую ситуацию по АЧС в Российской Федерации в настоящее время, можно сказать, что болезнь как в популяции дикого кабана, так и в популяции свиней распространилась почти по всей территории, включая даже те регионы, где, как утверждается, плотность популяции кабана очень низкая. Поэтому целью настоящего исследования явилось определение зависимости возникновения вспышек АЧС в популяции дикого кабана от его плотности на территории Российской Федерации.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

1) провести ретроспективный анализ эпизоотической ситуации по АЧС в популяции диких кабанов в субъектах Российской Федерации и определить модельные, энзоотичные по АЧС субъекты Российской Федерации, в которых на протяжении нескольких лет сохраняется стойкое неблагополучие в популяции диких кабанов;

2) собрать данные и проанализировать динамику плотности популяций диких кабанов в модельных субъектах Российской Федерации в динамике повторяющихся вспышек;

3) определить, существует ли статистически значимая зависимость возникающих вспышек АЧС от изменений плотности популяции дикого кабана, наблюдающихся в результате охотничьей деятельности, и важной меры по ликвидации эпизоотии АЧС – депопуляции;

4) провести обзор научной литературы по экологии дикого кабана в условиях АЧС с целью систематизации применяемых практик по уменьшению циркуляции вируса АЧС в данной популяции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Используя методологию для систематических обзоров и метаанализов [28] PRISMA (<http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/PRISMAStatement.aspx>), был проведен поиск литературы в базах данных Web of Science, PubMed, Scopus и Google Scholar, чтобы найти соответствующую информацию по определению возможных применяемых методик и практик для обеспечения благополучия в популяции дикого кабана при АЧС. Поисковый запрос включал следующие ключевые слова: африканская чума свиней, плотность популяции дикого кабана, депопуляция, логистическая регрессия, стратегия ликвидации, при этом никаких ограничений по дате публикации не применяли. Также осуществляли поиск литературы в библиографической базе данных РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) с использованием SciencelIndex. Для этого провели первый просмотр заголовков и аннотаций, затем проанализировали полные тексты статей, которые были определены как релевантные.

Модельные регионы. На основании ретроспективного анализа эпизоотической ситуации по АЧС в качестве модельных регионов были выбраны субъекты РФ, в которых очаги АЧС среди кабанов повторялись с 2013 по 2021 г., а также для которых были доступны данные о многолетнем изменении численности и плотности популяции в период эпизоотии на уровне муниципальных районов: Владимирской, Ярославской, Рязанской, Нижегородской, Самарской, Саратовской и Амурской областей, а также Хабаровского и Приморского краев.

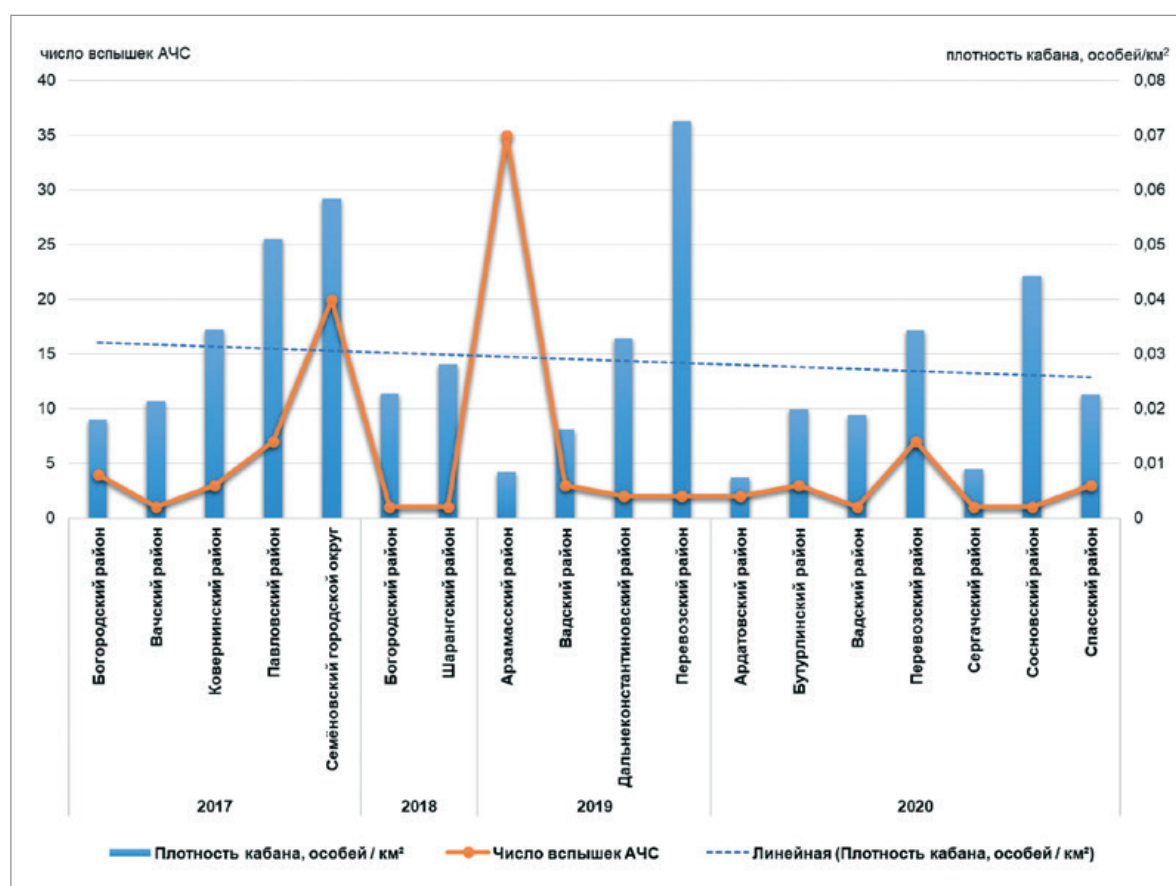


Рис. 1. Периодичность вспышек АЧС в популяции диких кабанов Нижегородской области (2017–2020 гг.)

Fig. 1. Frequency of ASF outbreaks in the wild boar population of the Nizhny Novgorod Oblast (2017–2020)

В рамках данной работы под вспышкой (очагом) понималось возникновение одного или нескольких случаев АЧС в эпизоотологической единице (муниципальном районе РФ). При этом случай определялся как отдельное животное, инфицированное патогенным агентом с клиническими признаками или без них¹.

Данные о регистрации АЧС в популяции дикого кабана взяты из официальной отчетности ФГБУ «Центр ветеринарии» (г. Москва)².

Данные о численности и плотности популяции дикого кабана на уровне муниципальных районов представлены с региональных сайтов Минприроды и комитетов охотничьих хозяйств³.

Эпизоотическая информация по вспышкам АЧС и данные о численности и плотности популяции кабана охватывали период с 2013 по 2021 г.

Моделирование взаимосвязи регистрации вспышек АЧС в популяции дикого кабана с динамикой плотности его популяции осуществлялось методом обобщенной линейной логистической регрессии (GLLR), с помощью которой исследуется зависимость между дихотомической переменной («да/нет») и одним или несколькими объясняющими факторами [29–31]. В нашем

случае объясняемой переменной явилось наличие/отсутствие зарегистрированных вспышек АЧС в популяции дикого кабана в данном муниципальном районе, а объясняющим фактором – плотность популяции кабана в муниципальном районе за соответствующий год. Значимость объясняющей переменной оценивалась с помощью *t*-критерия Стьюдента (статистический критерий $p_i < 0,05$ указывает на значимость переменной в качестве объясняющего фактора). Общая статистическая значимость моделей оценивалась с помощью теста согласия Хосмера – Лемешоу, определяющего соотношение между спрогнозированными и наблюдаемыми частотами возникновения события по подгруппам модели популяции. Уровень статистической достоверности данного теста при $p_{hs} > 0,05$ свидетельствует о достаточной прогностической способности модели.

Кроме значимости и достоверности моделей также были оценены отношения шансов (Odds ratio – OR) получения положительного исхода для каждого субъекта и проведена сравнительная характеристика этого коэффициента по степени вклада объясняющей переменной (плотности популяции кабана).

Моделирование зависимости вспышек АЧС от плотности популяции кабанов на уровне муниципальных районов проводили, используя уравнение логистической регрессии с помощью статистически ориентированного языка программирования R⁴.

¹ OIE. Terrestrial Animal Health Code. Режим доступа: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/?id=169&L=1&htmlfile=sommaire.htm>.

² Эпизоотическая обстановка. Случаи регистрации особо опасных и социально значимых болезней животных. Режим доступа: <https://центр-ветеринарии.рф/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka>.

³ Минприроды России. Режим доступа: <https://www.mnr.gov.ru>.

⁴ R-4.1.1 for Windows. Режим доступа: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base>.

Картографирование данных по вспышкам АЧС и плотности популяции кабанов в модельных регионах выполнялось с помощью геоинформационной системы ArcGIS for Desktop 10.8.1 (ESRI, Redlands, California, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ретроспективный эпизоотологический анализ.

В результате изучения научной литературы по определению методик обеспечения благополучия по АЧС в популяции диких кабанов было отобрано 45 обзоров из международных баз научного цитирования и 40 научных статей из базы РИНЦ, соответствующих критериям отбора поиска. Обобщив результаты, изложенные в этих исследованиях, описали разносторонние мнения по значимости плотности популяции кабана в распространении и поддержании неблагополучия по АЧС в разделе «Обсуждение».

Ретроспективный эпизоотологический анализ показал, что, по данным ФГБУ «Центр ветеринарии», с 2013 по 2021 г. в модельных регионах произошло всего 2036 вспышек АЧС, из них 1181 – в популяции домашних свиней и 855 – в популяции кабана.

Наибольшее суммарное количество вспышек АЧС в популяции дикого кабана было отмечено в Саратовской (128), Самарской (95), Волгоградской (84) областях, Приморском крае (80), Амурской (69), Воронежской (52), Московской (52) областях и Хабаровском крае (47).

Эпизоотологический анализ ситуации по АЧС в модельных регионах показал стационарность вспышек заболевания в популяции кабанов, характерную в основном для природно-очаговых болезней, при которых сохраняется способность возбудителя инфекции длительно существовать на определенных территориях среди постоянно живущих на ней диких животных.

Таблица

Результаты моделирования зависимости вспышек АЧС от плотности популяции кабана в Российской Федерации (2013–2021 гг.)

Table

Modeling dependence of ASF outbreaks on the density of wild boar population in the Russian Federation (2013–2021)

Субъект РФ	Годы регистрации вспышек АЧС	Количество очагов / количество случаев АЧС в популяции кабанов	Odds ratio (OR)	p -value GLLR-модели
Владимирская область	2013	2/13	$6,58 \times 10^6$	0,002**
	2015	1/12		
	2016	17/38		
	2017	8/41		
	2018	1/1		
Ярославская область	2013	22/52	47,94	0,442
	2015	2/61		
	2019	1/4		
	2021	4/4		
Рязанская область	2015	22/52	12 456,52	0,018*
	2016	44/341		
Нижегородская область	2016	1/5	2,61	0,326
	2017	20/35		
	2018	2/2		
	2019	5/42		
	2020	9/18		
	2021	1/1		
Самарская область	2020	60/163	7,92	0,116
	2021	2/9		
Саратовская область	2015	4/10	121,75	0,009**
	2016	8/26		
	2017	5/10		
	2021	1/7		
Амурская область	2019	1/18	113,07	0,05*
	2020	8/32		
	2021	1/1		
Приморский край	2019	20/41	81,31	0,005**
	2020	42/128		
	2021	10/20		
Хабаровский край	2019	6/7	824,68	0,004**
	2020	18/29		
	2021	3/3		
Модельные субъекты	2013–2021	351/916	1,15	0,420

GLLR – обобщенная линейная логистическая регрессионная модель (GLLR is a generalized linear logistic regression model);

Odds ratio (OR) – отношение шансов (1/0) при значении $p_t < 0,05 - n^*$, $p_t < 0,001 - n^{**}$

(OR – odds ratio (1/0), with a value of $p_t < 0,05 - n^*$, $p_t < 0,001 - n^{**}$).

Вспышки болезни могут повторяться через различные промежутки времени из-за сохранения условия для их возникновения. Периодичность вспышек АЧС в популяции диких кабанов в одних и тех же районах модельных регионов дает возможность определять их как стационарные, например в Нижегородской области (рис. 1).

Моделирование взаимосвязи вспышек АЧС с плотностью дикого кабана. Моделирование взаимосвязи между наличием вспышек АЧС и плотностью популяции кабанов проводилось на уровне муниципальных районов:

- 1) в целом для всех выбранных модельных субъектов;
- 2) для каждого субъекта индивидуально.

Моделирование по всем модельным субъектам в целом показало как статистическую незначимость плотности популяции кабанов в качестве объясняющего фактора ($p_t = 0,42$), так и неудовлетворительный результат теста Хосмера – Лемешоу ($p_{hs} < 0,01$), свидетельствующий о плохой объясняющей способности модели. Это позволяет сделать вывод о невозможности установления однозначного соответствия между плотностью популяций кабанов и наличием повторяющихся вспышек АЧС в масштабе модельного региона в целом (табл.).

В то же время моделирование для отдельных субъектов Российской Федерации показало, что в большинстве субъектов (70%), в 6 из 9: Хабаровский край, Приморский край, Амурская область, Владимирская область, Рязанская область, Саратовская область – наблюдается наличие статистически значимой ($p_t < 0,05$) положительной зависимости возникновения вспышек АЧС от плотности популяции кабанов (рис. 2).

Полученные результаты по отношению шансов (Odds ratio) указывают на то, что зависимость вспышек АЧС от плотности популяции кабана с большей вероятностью наблюдается во Владимирской, Рязанской и Саратовской областях, а также в Хабаровском и Приморском краях. При этом наибольшая статистическая достоверность зависимости явления от объясняющего фактора – плотности популяции – была получена для Владимирской области, Приморского и Хабаровского краев. То есть можно сказать, что при $OR > 1$, и чем выше значение показателя отношения шансов, тем выше шансы обозначить фактор риска и зависимость регистрируемых вспышек АЧС от плотности популяции дикого кабана.

Однако в трех из девяти модельных субъектов (Нижегородская, Самарская и Ярославская области) такая зависимость не выявлена. В данных модельных субъектах вспышки АЧС отмечались даже в районах, где плотность популяции кабана существенно ниже рекомендуемого значения в 0,25 особи/1000 га (0,025 особи/км²), утвержденного распоряжением Правительства РФ от 30.09.2016 № 2048-р (ред. от 04.02.2021) «Плана действий по предотвращению заноса на территорию Российской Федерации африканской чумы свиней и ее распространения»⁵.

На рисунке 3 в качестве примера показана зависимость вспышек АЧС среди кабанов от плотности попу-

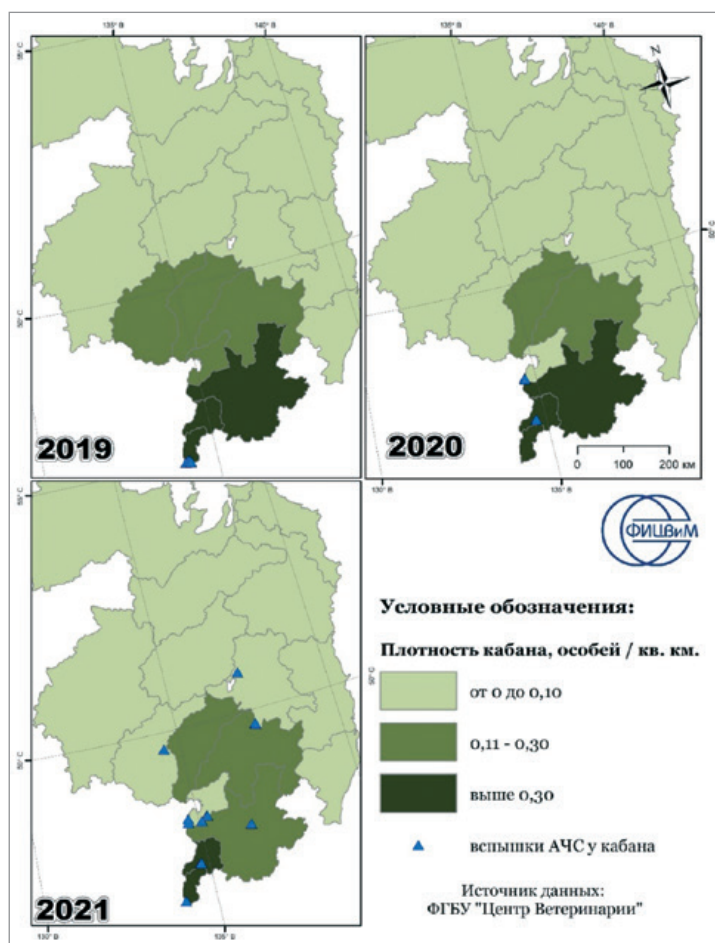


Рис. 2. Развитие эпизоотической ситуации по АЧС в Хабаровском крае на фоне значений плотности популяции дикого кабана (2019–2021 гг.)

Fig. 2. Changes in the ASF epizootic situation in the Khabarovsk Krai related to the density of the wild boar population (2019–2021)

ляции с 2017 по 2020 г. для Нижегородской области. Во всех рассмотренных случаях модели демонстрировали удовлетворительный результат теста Хосмера – Лемешоу ($p_{hs} > 0,05$), свидетельствующий о достаточной предсказательной способности моделей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Эпизоотическая ситуация по АЧС в субъектах Российской Федерации в настоящее время остается напряженной из-за вспышек как в популяции домашних свиней, так и среди диких кабанов. Несмотря на принятые меры по предупреждению распространения АЧС в дикой природе, в настоящее время продолжают регистрироваться случаи интродукции вируса АЧС в популяции кабана на ранее свободных от инфекции территориях. Регистрируемые вспышки АЧС и убывающий тренд плотности популяции кабана в исследуемых модельных субъектах косвенно подтверждают предположение, что кабаны играют определенную, но не основную роль в распространении вируса АЧС. Сокращение популяции кабана, целевая охота на самок и удаление туш павших животных, регулярно осуществляемые в качестве мер по борьбе с АЧС на ранее неблагополучных по АЧС территориях, эффективно снижают риск распространения инфекции.

⁵ Распоряжение Правительства РФ от 30.09.2016 № 2048-р (ред. от 04.02.2021) «Об утверждении плана действий по предотвращению заноса на территорию Российской Федерации африканской чумы свиней и ее распространения». КонсультантПлюс. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205372.

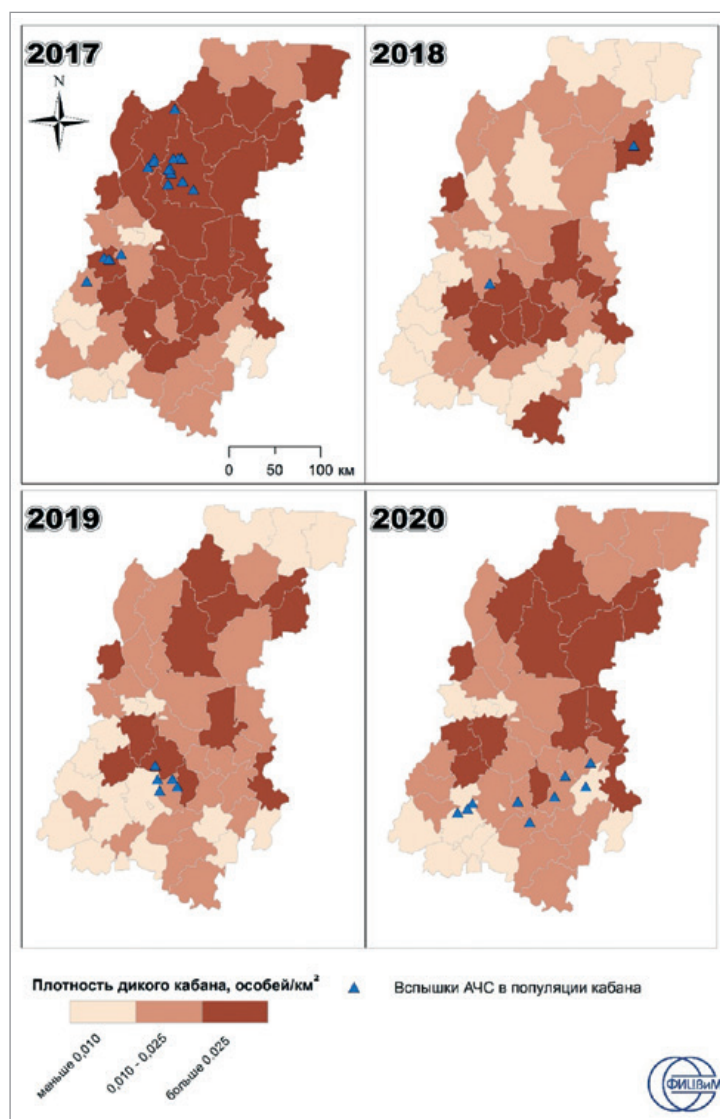


Рис. 3. Развитие эпизоотической ситуации по АЧС в популяции диких кабанов на фоне значений плотности в Нижегородской области (2017–2020 гг.)

Fig. 3. Changes in the ASF epizootic situation in the Nizhny Novgorod Oblast related to the density of the wild boar population (2017–2020)

Некоторые исследователи предполагают, что снижение плотности популяции дикого кабана ниже определенного уровня может остановить распространение АЧС [21, 22, 26, 32], другие авторы считают, что достижение такого уровня не гарантирует прекращения эпизоотической цепи [11, 20, 24, 33]. Действующее в настоящее время национальное законодательство по профилактике и контролю АЧС предполагает снижение плотности популяции животных на пораженных АЧС территориях до рекомендуемого значения 0,25 особи/1000 га, что может быть достигнуто интенсивной депопуляцией дикого кабана в исследуемых регионах.

Рядом исследователей показано, что в настоящее время невозможно установить пороговые значения плотности популяции диких кабанов, которые могут считаться критическими для поддержания и распространения АЧС. На основе анализа отечественной и зарубежной литературы предлагаются различные стратегии управления дикими кабанами на определенных

этапах развития эпизоотии АЧС [34–36]. Профилактические меры по сокращению (депопуляция) и стабилизации плотности популяции диких кабанов до заноса АЧС будут эффективны как для снижения вероятности заражения популяции, так и для уменьшения затрат и усилий, необходимых для потенциальных экстренных действий по искоренению болезни (снижение затрат на поиски трупов кабанов) [37–39]. Пассивный надзор – самый действенный метод для раннего обнаружения АЧС на благополучных территориях (поиск, безопасное удаление и уничтожение трупов кабанов). После очаговой интродукции АЧС популяции кабанов должны оставаться нетронутыми в течение короткого периода (например, запретить охоту на все виды, не убирать урожай, чтобы обеспечить пищу и укрытие на пораженной территории), а резкое сокращение популяции кабанов может быть выполнено только на благополучных от АЧС территориях среди здоровой популяции [26, 40]. После спада эпизоотии, определенного с помощью пассивного эпизоотологического надзора, следует пересмотреть активное управление популяцией. Выявленная положительная тенденция зависимости возникновения вспышек АЧС среди кабанов в ряде модельных субъектах Российской Федерации свидетельствует о локально-пространственном влиянии плотности популяции кабана на распространение АЧС.

В целом, рассматривая зависимость наличия вспышек АЧС от плотности популяции по всем выбранным модельным субъектам, положительной тенденции не наблюдается, хотя в отдельных областях в результате регрессионного анализа нами была установлена положительная связь. Говоря о депопуляции как стратегической мере по сдерживанию распространения АЧС, можно предположить, что ее применение в крупных масштабах может привести к обратному эффекту и возникновению новых очагов в связи с расширением среднего радиуса расселения популяции дикого кабана [41].

Данный факт позволяет утверждать, что депопуляция кабана как стратегическая мера по управлению АЧС и искоренению этого заболевания необходима, но на определенных территориях, свободных от болезни и прилегающих к инфицированным. Эффективная стратегия по ликвидации и предупреждению распространения АЧС в дикой природе, по нашему мнению, должна основываться на следующих принципах:

- регулярном пассивном мониторинге АЧС в дикой природе;
- математико-географическом моделировании с целью установления взаимосвязи между вспышками АЧС и популяционными характеристиками дикого кабана (плотность, структура);
- контроле численности кабана и строгом соблюдении правил биобезопасности при охоте и обнаружении туш павших животных;
- изоляции зараженных территорий (последние исследования подтвердили, что в настоящее время АЧС у кабанов протекает так же, как и у домашних свиней – в острой форме, что снижает их роль в распространении инфекции);
- в случае заноса АЧС в ранее благополучный регион рекомендуется полностью остановить загонную охоту, подкормку кабана и в целом не предпринимать никаких действий по регулированию численности популяции;

– для предотвращения дальнейшего распространения по территории возможно массовое сокращение численности кабана в прилегающих к зараженной местности областях до заноса на них инфекции.

Существенным ограничением для установления определяемой зависимости возникающих вспышек АЧС от плотности популяции диких кабанов при применении данного метода анализа является неполнота данных о плотности на уровне муниципальных районов для всех субъектов РФ. Заполнение пробела в решении вопроса зависимости возникающих вспышек АЧС от плотности популяции дикого кабана будет продолжено по мере поступления необходимых данных и экстраполировано на всю территорию Российской Федерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистический анализ показал отсутствие однозначной зависимости тенденции к возникновению вспышек АЧС от плотности популяции дикого кабана в модельных регионах, хотя для ряда субъектов РФ такая зависимость имеет место. Полученный результат предполагает, что снижение численности дикого кабана до рекомендованных уровней плотности популяции не является гарантией прекращения дальнейшего распространения АЧС и должно рассматриваться как одно из звеньев в комплексе мер наряду с использованием ограждений, прекращением подкормки кабана, запретом загонной охоты. Депопуляция может применяться только на благополучных и прилегающих к неблагополучным субъектам (районам) территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балышев В. М., Куриннов В. В., Цыбанов С. Ж., Калантаенко Ю. Ф., Колбасов Д. В., Пронин В. В., Корнева Г. В. Биологические свойства вируса африканской чумы свиней, выделенного в Российской Федерации. *Ветеринария*. 2010; 7: 25–27. eLIBRARY ID: 15110424.
2. Gabriel C., Blome S., Malogolovkin A., Parilov S., Kolbasov D., Teifke J. P., Beer M. Characterization of African swine fever virus Caucasus isolate in European wild boars. *Emerg. Infect. Dis.* 2011; 17 (12): 2342–2345. DOI: 10.3201/eid1712.110430.
3. Jori F., Chenais E., Boinas F., Busauskas P., Dhollander S., Fleischmann L., et al. Application of the World Café method to discuss the efficiency of African swine fever control strategies in European wild boar (*Sus scrofa*) populations. *Prev. Vet. Med.* 2020; 185:105178. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105178.
4. Miller R. S., Farnsworth M. L., Malmberg J. L. Diseases at the live-stock-wildlife interface: status, challenges, and opportunities in the United States. *Prev. Vet. Med.* 2013; 110 (2): 119–132. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2012.11.021.
5. Jori F., Relun A., Trabucco B., Charrier F., Maestrini O., Chavernac D., et al. Questionnaire-based assessment of wild boar/domestic pig interactions and implications for disease risk management in Corsica. *Front. Vet. Sci.* 2017; 4:198. DOI: 10.3389/fvets.2017.00198.
6. Guberti V., Khomenko S., Masiulis M., Kerba S. GF-TADs Handbook on African Swine Fever in wild boar and biosecurity during hunting. 2018. Режим доступа: https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/ASF/GF-TADs_Handbook_ASF_WILDBOAR_version_2018-12-19.pdf.
7. Макаров В. В., Иголкин А. С., Боев Б. В., Сухарев О. И., Рожков Ю. И., Варнаков А. П., Проняев А. В. О некоторых моментах текущей эпизоотологии африканской чумы свиней. *Вестник охотоведения*. 2015; 12 (1): 61–65. Режим доступа: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/iac/asf/publications/makarov/asf_moment.pdf.
8. Jori F., Bastos A. D. S. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. *EcoHealth*. 2009; 6: 296–310. DOI: 10.1007/s10393-009-0248-7.
9. Pepin K. M., Golnar A. J., Abdo Z., Podgórski T. Ecological drivers of African swine fever virus persistence in wild boar populations: Insight for control. *Ecol. Evol.* 2020; 10 (6): 2846–2859. DOI: 10.1002/ece3.6100.
10. Halasa T., Boklund A., Bøtner A., Mortensen S., Kjærab L. J. Simulation of transmission and persistence of African swine fever in wild boar in Denmark. *Prev. Vet. Med.* 2019; 167 (1): 68–79. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.03.028.
11. Guberti V., Khomenko S., Masiulis M., Kerba S. African swine fever in wild boar ecology and biosecurity. *FAO Animal Production and Health Manual No. 22*. Rome: FAO, OIE and EC; 2019. DOI: 10.4060/CA5987EN.
12. Taylor R. A., Condoleo R., Simons R. R. L., Gale P., Kelly L. A., Snary E. L. The risk of infection by African swine fever virus in European swine through boar movement and legal trade of pigs and pig meat. *Front. Vet. Sci.* 2020; 6:486. DOI: 10.3389/fvets.2019.00486.
13. ENETWILD Consortium, Keuling O., Sange M. D., Acevedo P., Podgórski T., Smith G. C., et al. Guidance on estimation of wild boar population abundance and density: methods, challenges, possibilities. *EFSA Supporting Publications*. 2018; 15 (7):1449E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1449.
14. Бардина Н. С., Петрова О. Н., Саввин А. В. Роль диких кабанов в эпизоотическом процессе АЧС. *Ветеринария сегодня*. 2012; (1): 37–42. eLIBRARY ID: 22296397.
15. Podgórski T., Śmietanka K. Do wild boar movements drive the spread of African swine fever? *Transbound. Emerg. Dis.* 2018; 65 (6): 1588–1596. DOI: 10.1111/tbed.12910.
16. Макаров В. В., Василевич Ф. И., Боев Б. В., Сухарев О. И. Природная очаговость африканской чумы свиней. М.: МГАВМиБ; РУДН; 2014. 66 с. Режим доступа: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/news/asf/asf_makarov/makarov_ochag_asf.pdf.
17. Chenais E., Depner K., Guberti V., Dietze K., Viltrop A., Ståhl K. Epidemiological considerations on African swine fever in Europe 2014–2018. *Porc. Health Manag.* 2019; 5:6. DOI: 10.1186/s40813-018-0109-2.
18. European Food Safety Authority, Depner K., Gortazar C., Guberti V., Masiulis M., More S., et al. Epidemiological analyses of African swine fever in the Baltic States and Poland. *EFSA J.* 2017; 15 (11): e05068. DOI: 10.2903/j.efsa.2017.5068.
19. Gaudreault N. N., Madden D. W., Wilson W. C., Trujillo J. D., Richt J. A. African swine fever virus: An emerging DNA Arbovirus. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7:215. DOI: 10.3389/fvets.2020.00215.
20. Bellini S., Casadei G., De Lorenzi G., Tamba M. A review of risk factors of African swine fever incursion in pig farming within the European Union scenario. *Pathogens*. 2021; 10 (1):84. DOI: 10.3390/pathogens10010084.
21. Podgórski T., Apollonio M., Keuling O. Contact rates in wild boar populations: Implications for disease transmission. *J. Wild. Mgmt.* 2018; 82 (6): 1210–1218. DOI: 10.1002/jwmg.21480.
22. Pejsak Z., Truszczyński M., Niemczuk K., Kozak E., Markowska-Daniel I. Epidemiology of African swine fever in Poland since the detection of the first case. *Pol. J. Vet. Sci.* 2014; 17 (4): 665–672. DOI: 10.2478/pjvs-2014-0097.
23. ENETWILD consortium, Acevedo P., Croft S., Smith G., Blanco-Aguar A., Fernandez-Lopez J., et al. ENETwild modelling of wild boar distribution and abundance: update of occurrence and hunting data-based models. *EFSA Supporting Publications*. 2019; 16 (8):1674E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1674.
24. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), More S., Miranda M. A., Bicot D., Bøtner A., Butterworth A., et al. African swine fever in wild boar. *EFSA J.* 2018; 16 (7):e05344. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5344.
25. Петрова О. Н., Коренной Ф. И., Караулов А. К. Краткий анализ распространения АЧС на территории Российской Федерации за 2007–2018 гг. с учетом ареала обитания диких кабанов. *БИО*. 2018; 8: 26–37. eLIBRARY ID: 37307660.
26. Gervasi V., Marcon A., Bellini S., Guberti V. Evaluation of the efficiency of active and passive surveillance in the detection of African swine fever in wild boar. *Vet. Sci.* 2019; 7 (1):5. DOI: 10.3390/vetsci7010005.
27. Iglesias I., Muñoz M. J., Montes F., Perez A., Gogin A., Kolbasov D., de la Torre A. Reproductive ratio for the local spread of African swine fever in wild boars in the Russian Federation. *Transbound. Emerg. Dis.* 2016; 63 (6): e237–e245. DOI: 10.1111/tbed.12337.
28. 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: 10.1136/bmj.n71.
29. Domínguez-Almendros S., Benítez-Parejo N., Gonzalez-Ramirez A. R. Logistic regression models. *Allergol. Immunopathol. (Madr.)*. 2011; 39 (5): 295–305. DOI: 10.1016/j.aller.2011.05.002.
30. Bangdiwala S. I. Regression: binary logistic. *Int. J. Inj. Contr. Saf. Promot.* 2018; 25 (3): 336–338. DOI: 10.1080/17457300.2018.1486503.
31. Zeileis A., Kleiber C., Jackman S. Regression models for count data in R. *Journal of Statistical Software*. 2008; 27 (8): 1–25. DOI: 10.18637/jss.v027.i08.
32. Oļševskis E., Schulz K., Staubach C., Seržants M., Lamberga K., Pūle D., et al. African swine fever in Latvian wild boar – A step closer to elimination. *Transbound. Emerg. Dis.* 2020; 67 (6): 2615–2629. DOI: 10.1111/tbed.13611.
33. Данилкин А. А. Управление ресурсами кабана и других животных при африканской чуме свиней. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2020. 150 с. Режим доступа: <http://www.journalhunt.com/img/file/kabanachskniga.pdf>.

34. European Food Safety Authority (EFSA), Nielsen S. S., Alvarez J., Bicout D. J., Calistri P., Depner K., et al. ASF exit strategy: Providing cumulative evidence of the absence of African swine fever virus circulation in wild boar populations using standard surveillance measures. *EFSA J.* 2021; 19 (3):e06419. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6419.
 35. Lange M., Guberti V., Thulke H.-H. Understanding ASF spread and emergency control concepts in wild boar populations using individual-based modelling and spatio-temporal surveillance data. *EFSA Supporting Publications.* 2018; 15 (11):1521E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1521.
 36. 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. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7:296. DOI: 10.3389/fvets.2020.00296.
 37. Zakharova O. I., Titov I. A., Gogin A. E., Sevskikh T. A., Korennoy F. I., Kolbasov D. V., et al. African swine fever in the Russian Far East (2019–2020): Spatio-temporal analysis and implications for wild ungulates. *Front. Vet. Sci.* 2021; 8:723081. DOI: 10.3389/fvets.2021.723081.
 38. Schulz K., Staubach C., Blome S., Nurmoja I., Viltrop A., Conraths F. J., et al. How to demonstrate freedom from African swine fever in wild boar-Estonia as an example. *Vaccines (Basel).* 2020; 8 (2):336. DOI: 10.3390/vaccines8020336.
 39. Коренной Ф. И., Гуленкин В. М., Караулов А. К. Африканская чума свиней у диких кабанов на территории Российской Федерации: к вопросу о регулировании численности. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии.* 2016; 1 (29): 29–37. Режим доступа: http://www.invetbio.spb.ru/avvb/AVVB_2016_01.pdf.
 40. Nurmoja I., Schulz K., Staubach C., Sauter-Louis C., Depner K., Conraths F. J., Viltrop A. Development of African swine fever epidemic among wild boar in Estonia – two different areas in the epidemiological focus. *Sci. Rep.* 2017; 7 (1):12562. DOI: 10.1038/s41598-017-12952-w.
 41. De Freitas Costa E., Schneider S., Carlotto G. B., Cabalheiro T., de Oliveira Júnior M. R. Zero-inflated-censored Weibull and gamma regression models to estimate wild boar population dispersal distance. *Jpn. J. Stat. Data Sci.* 2021; 4: 1133–1155. DOI: 10.1007/s42081-021-00124-0.
- ## REFERENCES
1. Balyshev V. M., Kurinnov V. V., Tsiabanov S. G., Kalantaenko U. F., Kolbasov D. V., Pronin V. V., Korneva G. V. Biological characteristics of the African swine fever virus isolated in the Russian Federation. *Veterinariya.* 2010; 7: 25–27. eLIBRARY ID: 15110424. (in Russ.)
 2. Gabriel C., Blome S., Malogolovkin A., Parilov S., Kolbasov D., Teifke J. P., Beer M. Characterization of African swine fever virus Caucasus isolate in European wild boars. *Emerg. Infect. Dis.* 2011; 17 (12): 2342–2345. DOI: 10.3201/eid1712.110430.
 3. Jori F., Chenais E., Boinas F., Busauskas P., Dhollander S., Fleischmann L., et al. Application of the World Café method to discuss the efficiency of African swine fever control strategies in European wild boar (*Sus scrofa*) populations. *Prev. Vet. Med.* 2020; 185:105178. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105178.
 4. Miller R. S., Farnsworth M. L., Malmberg J. L. Diseases at the live-stock-wildlife interface: status, challenges, and opportunities in the United States. *Prev. Vet. Med.* 2013; 110 (2): 119–132. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2012.11.021.
 5. Jori F., Relun A., Trabucco B., Charrier F., Maestrini O., Chavernac D., et al. Questionnaire-based assessment of wild boar/domestic pig interactions and implications for disease risk management in Corsica. *Front. Vet. Sci.* 2017; 4:198. DOI: 10.3389/fvets.2017.00198.
 6. Guberti V., Khomenko S., Masiulis M., Kerba S. GF-TADs Handbook on African Swine Fever in wild boar and biosecurity during hunting. 2018. Available at: https://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/ASF/GF-TADs_Handbook_ASF_WILDBOAR_version_2018-12-19.pdf.
 7. Makarov V. V., Igolkin A. S., Boev B. V., Sukharev O. I., Rozhkov Yu. I., Varnakov A. P., Pronyaev A. V. Some elements in the current epidemic of African swine fever. *The Herald of Game Management.* 2015; 12 (1): 61–65. Available at: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/iac/asf/publications/makarov/asf_moment.pdf. (in Russ.)
 8. Jori F., Bastos A. D. S. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. *EcoHealth.* 2009; 6: 296–310. DOI: 10.1007/s10393-009-0248-7.
 9. Pepin K. M., Golnar A. J., Abdo Z., Podgórski T. Ecological drivers of African swine fever virus persistence in wild boar populations: Insight for control. *Ecol. Evol.* 2020; 10 (6): 2846–2859. DOI: 10.1002/ece3.6100.
 10. Halasa T., Boklund A., Bøtner A., Mortensen S., Kjærab L. J. Simulation of transmission and persistence of African swine fever in wild boar in Denmark. *Prev. Vet. Med.* 2019; 167 (1): 68–79. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2019.03.028.
 11. Guberti V., Khomenko S., Masiulis M., Kerba S. African swine fever in wild boar ecology and biosecurity. *FAO Animal Production and Health Manual No. 22.* Rome: FAO, OIE and EC; 2019. DOI: 10.4060/CA5987EN.
 12. Taylor R. A., Condoleo R., Simons R. R. L., Gale P., Kelly L. A., Snary E. L. The risk of infection by African swine fever virus in European swine through boar movement and legal trade of pigs and pig meat. *Front. Vet. Sci.* 2020; 6:486. DOI: 10.3389/fvets.2019.00486.
 13. ENETWILD consortium, Keuling O., Sange M. D., Acevedo P., Podgórski T., Smith G. C., et al. Guidance on estimation of wild boar population abundance and density: methods, challenges, possibilities. *EFSA Supporting Publications.* 2018; 15 (7):1449E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1449.
 14. Bardina N. S., Petrova O. N., Sawin A. V. The role of wild boars in the ASF epidemic process in the Russian Federation. *Veterinary Science Today.* 2012; (1): 37–42. eLIBRARY ID: 22296397.
 15. Podgórski T., Śmietanka K. Do wild boar movements drive the spread of African swine fever? *Transbound. Emerg. Dis.* 2018; 65 (6): 1588–1596. DOI: 10.1111/tbed.12910.
 16. Makarov V. V., Vasilevich F. I., Boev B. V., Sukharev O. I. Natural focus of African swine fever. Moscow: Moscow SAVMB; RUDN; 2014. 66 p. Available at: https://fsvps.gov.ru/fsvps-docs/ru/news/asf/asf_makarov/makarov_ochag_asf.pdf. (in Russ.)
 17. Chenais E., Depner K., Guberti V., Dietze K., Viltrop A., Ståhl K. Epidemiological considerations on African swine fever in Europe 2014–2018. *Porc. Health Manag.* 2019; 5:6. DOI: 10.1186/s40813-018-0109-2.
 18. European Food Safety Authority (EFSA), Depner K., Gortazar C., Guberti V., Masiulis M., More S., et al. Epidemiological analyses of African swine fever in the Baltic States and Poland. *EFSA J.* 2017; 15 (11): e05068. DOI: 10.2903/j.efsa.2017.5068.
 19. Gaudreault N. N., Madden D. W., Wilson W. C., Trujillo J. D., Richt J. A. African swine fever virus: An emerging DNA Arbovirus. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7:215. DOI: 10.3389/fvets.2020.00215.
 20. Bellini S., Casadei G., De Lorenzi G., Tamba M. A review of risk factors of African swine fever incursion in pig farming within the European Union scenario. *Pathogens.* 2021; 10 (1):84. DOI: 10.3390/pathogens10010084.
 21. Podgórski T., Apollonio M., Keuling O. Contact rates in wild boar populations: Implications for disease transmission. *J. Wild. Mgmt.* 2018; 82 (6): 1210–1218. DOI: 10.1002/jwmg.21480.
 22. Pejsak Z., Truszczyński M., Niemczuk K., Kozak E., Markowska-Daniel I. Epidemiology of African swine fever in Poland since the detection of the first case. *Pol. J. Vet. Sci.* 2014; 17 (4): 665–672. DOI: 10.2478/pjvs-2014-0097.
 23. ENETWILD consortium, Acevedo P., Croft S., Smith G., Blanco-Aguilar A., Fernandez-Lopez J., et al. ENETwild modelling of wild boar distribution and abundance: update of occurrence and hunting data-based models. *EFSA Supporting Publications.* 2019; 16 (8):1674E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1674.
 24. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), More S., Miranda M. A., Bicout D., Bøtner A., Butterworth A., et al. African swine fever in wild boar. *EFSA J.* 2018; 16 (7):e05344. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5344.
 25. Petrova O. N., Korennoy F. I., Karaulov A. K. Brief analysis of the spread of ASF on the territory of the Russian Federation for 2007–2018 taking into account the wild boar range. *BIO.* 2018; 8: 26–37. eLIBRARY ID: 37307660. (in Russ.)
 26. Gervasi V., Marcon A., Bellini S., Guberti V. Evaluation of the efficiency of active and passive surveillance in the detection of African swine fever in wild boar. *Vet. Sci.* 2019; 7 (1):5. DOI: 10.3390/vetsci7010005.
 27. Iglesias I., Muñoz M. J., Montes F., Perez A., Gogin A., Kolbasov D., de la Torre A. Reproductive ratio for the local spread of African swine fever in wild boars in the Russian Federation. *Transbound. Emerg. Dis.* 2016; 63 (6): e237–e245. DOI: 10.1111/tbed.12337.
 28. 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: 10.1136/bmj.n71.
 29. Domínguez-Almendros S., Benítez-Parejo N., Gonzalez-Ramirez A. R. Logistic regression models. *Allergol. Immunopathol. (Madr).* 2011; 39 (5): 295–305. DOI: 10.1016/j.aller.2011.05.002.
 30. Bangdiwala S. I. Regression: binary logistic. *Int. J. Inj. Contr. Saf. Promot.* 2018; 25 (3): 336–338. DOI: 10.1080/17457300.2018.1486503.
 31. Zeileis A., Kleiber C., Jackman S. Regression models for count data in R. *Journal of Statistical Software.* 2008; 27 (8): 1–25. DOI: 10.18637/jss.v027.i08.
 32. Oļševskis E., Schulz K., Staubach C., Seržants M., Lamberg K., Pūle D., et al. African swine fever in Latvian wild boar – A step closer to elimination. *Transbound. Emerg. Dis.* 2020; 67 (6): 2615–2629. DOI: 10.1111/tbed.13611.
 33. Danilkin A. A. Management of wild boar and other animal resources in African swine fever Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2020. 150 p. Available at: <http://www.journalhunt.com/img/file/kabanachs-kniga.pdf>. (in Russ.)
 34. European Food Safety Authority (EFSA), Nielsen S. S., Alvarez J., Bicout D. J., Calistri P., Depner K., et al. ASF exit strategy: Providing cumulative evidence of the absence of African swine fever virus circulation in wild boar populations using standard surveillance measures. *EFSA J.* 2021; 19 (3):e06419. DOI: 10.2903/j.efsa.2021.6419.

35. Lange M., Guberti V., Thulke H.-H. Understanding ASF spread and emergency control concepts in wild boar populations using individual-based modelling and spatio-temporal surveillance data. *EFSA Supporting Publications*. 2018; 15 (11):1521E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1521.

36. 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. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7:296. DOI: 10.3389/fvets.2020.00296.

37. Zakharova O. I., Titov I. A., Gogin A. E., Sevskikh T. A., Korennoy F. I., Kolbasov D. V., et al. African swine fever in the Russian Far East (2019–2020): Spatio-temporal analysis and implications for wild ungulates. *Front. Vet. Sci.* 2021; 8:723081. DOI: 10.3389/fvets.2021.723081.

38. Schulz K., Staubach C., Blome S., Nurmoja I., Viltrop A., Conraths F. J., et al. How to demonstrate freedom from African swine fever in wild boar-Estonia as an example. *Vaccines (Basel)*. 2020; 8 (2):336. DOI: 10.3390/vaccines8020336.

39. Korennoy F. I., Gulenkin V. M., Karaulov A. K. African swine fever in wild boar in the territory of the Russian Federation: on regulation of wild boar population. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2016; 1 (29): 29–37. Available at: http://www.invetbio.spb.ru/avvb/AVVB_2016_01.pdf. (in Russ.)

40. Nurmoja I., Schulz K., Staubach C., Sauter-Louis C., Depner K., Conraths F. J., Viltrop A. Development of African swine fever epidemic among wild boar in Estonia – two different areas in the epidemiological focus. *Sci. Rep.* 2017; 7 (1):12562. DOI: 10.1038/s41598-017-12952-w.

41. De Freitas Costa E., Schneider S., Carlotto G. B., Cabalheiro T., de Oliveira Júnior M. R. Zero-inflated-censored Weibull and gamma regression models to estimate wild boar population dispersal distance. *Jpn. J. Stat. Data Sci.* 2021; 4: 1133–1155. DOI: 10.1007/s42081-021-00124-0.

Поступила в редакцию / Received 08.10.2021

Поступила после рецензирования / Revised 10.11.2021

Принята к публикации / Accepted 12.01.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Захарова Ольга Игоревна, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия.

Блохин Андрей Александрович, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия.

Торопова Надежда Николаевна, микробиолог отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия.

Бурова Ольга Александровна, заместитель руководителя отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия.

Яшин Иван Вячеславович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия.

Коренной Федор Игоревич, кандидат географических наук, научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия.

Olga I. Zakharova, Researcher, Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, Nizhny Novgorod, Russia.

Andrey A. Blokhin, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Head of Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, Nizhny Novgorod, Russia.

Nadezhda N. Toropova, Microbiologist, Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, Nizhny Novgorod, Russia.

Olga A. Burova, Deputy Head of Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, Nizhny Novgorod, Russia.

Ivan V. Yashin, Candidate of Science (Biology), Leading Researcher, Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, NNRVI – Branch of the FRCVM, Nizhny Novgorod, Russia.

Fedor I. Korennoy, Candidate of Science (Geography), Researcher, Information and Analysis Centre, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia.