



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-344-351>
УДК 619:616.98:578.842.1:616-071



Балльная система оценки клинических признаков при африканской чуме свиней

М. Е. Власов, В. М. Балышев, А. Д. Середа

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, 601125, Петушинский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ

Африканская чума свиней (АЧС) – это геморрагическая вирусная болезнь, которая вызывает серьезные санитарные и экономические последствия из-за высокого уровня смертности животных, карантинных мероприятий и ограничений международной торговли продукцией свиноводства. Вирус АЧС поражает исключительно домашних и диких свиней семейства *Suidae* всех пород и возрастных групп. До настоящего времени безопасные и эффективные средства специфической защиты против АЧС не разработаны, но в последние годы достигнут определенный прогресс в исследованиях по разработке вакцин первого поколения на основе модифицированного живого вируса, которые ограничено использовали в некоторых странах Юго-Восточной Азии. Расширение их применения сдерживается в том числе из-за отсутствия международных и государственных рекомендаций (требований) по оценке чистоты, активности, безопасности и эффективности кандидатных вакцин против АЧС. Клинические признаки болезни являются одним из основных показателей безопасности и эффективности кандидатных вакцин против АЧС на основе модифицированного живого вируса. Целью данного исследования являлась разработка системы балльной оценки клинических признаков, пригодной для использования при характеристике вновь выделенных изолятов вируса АЧС, вызывающих различные формы течения болезни, а также при определении безопасности и эффективности кандидатных вакцин, изготовленных на основе модифицированного живого вируса. Предложено учитывать 7 преобладающих клинических признаков: повышение температуры тела, снижение активности, снижение аппетита, поражение кожных покровов, поражение суставов, нарушение дыхания, поражение центральной нервной системы, – каждый из которых оценивается от 0 до 3 или 4 баллов. В результате исследования двенадцати штаммов вируса АЧС различной вирулентности установлено, что при острой и подострой формах АЧС максимальные суммы баллов клинических признаков составляли от 13 до 22, при хронической форме – от 6 до 18, при субклинической – от 0 до 8.

Ключевые слова: африканская чума свиней, клинические признаки, кандидатные вакцины

Благодарности: Работа выполнена в рамках тематики «Обоснование комплексной иммунобиологической оценки кандидатных вакцин против африканской чумы свиней».

Для цитирования: Власов М. Е., Балышев В. М., Середа А. Д. Балльная система оценки клинических признаков при африканской чуме свиней. *Veterinaria сегодня*. 2024; 13 (4): 344–351. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-344-351>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Власов Михаил Евгеньевич, канд. вет. наук, начальник группы, ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Академика Бакулова, стр. 1, пос. Вольгинский, 601125, Петушинский р-н, Владимирская обл., Россия, vlasovmikhail1993@yandex.ru

African swine fever clinical scoring system

Mikhail E. Vlasov, Vladimir M. Balyshev, Alexey D. Sereda

Federal Research Center for Virology and Microbiology, bldg. 1, Akademika Bakulova str., Volginsky 601125, Petushinsky District, Vladimir Oblast, Russia

ABSTRACT

African swine fever (ASF) is a hemorrhagic viral disease that brings serious implications for animal health and economy due to high mortality rate, quarantine measures and restrictions on international trade in pig products. Only domestic and wild species of the *Suidae* family of all breeds and ages are susceptible to infection with ASF virus. To date, no safe and effective ASF vaccines have been developed, but in recent years some progress has been made in development of ASF modified live virus first-generation vaccine candidates, which have been used only in some countries of Southeast Asia. The expansion of their use is hindered, among other things, due to the lack of international and state recommendations (requirements) for the evaluation of purity, activity, safety and effectiveness of ASF vaccine candidates. Clinical signs of the disease are one of the main indicators of safety and effectiveness of ASF modified live virus vaccine candidates. The purpose of this work was to develop a clinical symptom-based scoring system to be used for characterizing of newly recovered ASFV isolates causing various forms of the disease, as well as for the determination of safety and effectiveness of ASF modified live virus vaccine candidates. It is proposed to take into account 7 major clinical manifestations: an increase in body temperature, reduced liveliness, loss of appetite, skin lesions, joint swelling, laboured breathing, neurological disorders, each scored from 0 to 3 or 4. The study of twelve ASFV strains of various virulence revealed that acute and subacute ASF produce the maximum clinical scores ranged from 13 to 22, chronic form gives 6–18 points, subclinical form is scored 0–8.

Keywords: African swine fever, clinical signs, vaccine candidates

Acknowledgements: The work was performed within the topic "Justification of a comprehensive immunobiological assessment of ASF vaccine candidates".

For citation: Vlasov M. E., Balyshv V. M., Sereda A. D. African swine fever clinical scoring system. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (4): 344–351. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-344-351>

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

For correspondence: Mikhail E. Vlasov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Group, Federal Research Center for Virology and Microbiology, bldg. 1, Akademika Bakulova str., Volginsky 601125, Petushinsky District, Vladimir Oblast, Russia, vlasovmikhail1993@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Африканская чума свиней (АЧС) – инфекционная болезнь домашних и диких свиней всех пород и возрастов, вызываемая вирусом, относящимся к роду *Asfivirus* семейства *Asfarviridae*. С начала заноса в 2007 г. АЧС в Грузию вспышки болезни были зарегистрированы более чем в 50 странах Европы, Азии, Африки и Карибского бассейна [1, 2, 3].

По вирулентности изоляты/штаммы вируса АЧС разделяют на высоко-, умеренно-, низко- и авирулентные. В зависимости от вирулентности изолята/штамма, АЧС может протекать сверхостро, остро (высоковирулентные изоляты/штаммы), подостро (высоко- и умеренновирулентные), хронически (умеренно- и низковирулентные), субклинически и бессимптомно (авирулентные) [4]. При сверхострой форме течения АЧС свиньи погибают на 3–5-й день после заражения либо без клинических признаков болезни, либо с краткосрочными проявлениями гипертермии ($> 41,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), без потери активности и аппетита. При острой форме течения АЧС регистрируют раннее повышение температуры тела ($> 41,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), потерю аппетита, угнетение (животные больше лежат), учащенное дыхание, цианоз кожи на ушах, подгрудке, задних конечностях и в промежности, затрудненное дыхание, парезы и параличи конечностей, иногда болезнь может сопровождаться запорами или диареей с кровью. Гибель наступает на 6–14-й день. Смертность при сверхострой и острой формах АЧС составляет 100%. При подострой форме течения АЧС клинические признаки схожи с острой, но менее выражены. Регистрируют рецидивирующую гипертермию, депрессию, потерю аппетита, в более отдаленные сроки отмечают припухлости суставов, тяжелые нарушения дыхания. Большинство животных (около 70%) погибают в течение 15–30 дней после заражения [3, 5, 6]. При хронической форме течения болезнь длится более 30 дней с периодическими рецидивами. У животных регистрируют перемежающуюся гипертермию, истощение, отставание в росте, артриты различной тяжести, респираторные нарушения, образование на коже язвенно-некротических поражений. Уровень смертности составляет около 30% [7, 8]. Субклиническую и бессимптомную формы АЧС наблюдают у диких аборигенных свиней (бородавочников, гигантских лесных, кустарниковых свиней) в эндемичных странах Африканского континента, у кабанов на острове Сардиния, а также у домашних свиней и диких кабанов, экспериментально инфицированных некоторыми аттенуированными штаммами вируса АЧС [9, 10, 11].

За последние годы был достигнут определенный прогресс в исследованиях и разработке вакцин про-

тив АЧС первого поколения на основе модифицированного живого вируса (МЖВ) АЧС, которые применяются в некоторых странах Юго-Восточной Азии (Вьетнам, Филиппины) [12]. Серьезным препятствием для возможного применения уже разработанных и будущих кандидатных вакцин на основе МЖВ против АЧС является отсутствие международных и государственных рекомендаций (требований) по оценке их чистоты, активности, безопасности и эффективности. В ведущих лабораториях мира для оценки безопасности и эффективности разработанных ими кандидатных вакцин используют различные методы, что не позволяет научному сообществу сравнивать и оценивать полученные в них результаты, а у государственных органов и учреждений, уполномоченных на выдачу разрешений на их применение, отсутствуют такие основания.

В настоящее время Комиссией по биологическим стандартам Всемирной организации здравоохранения животных (ВОАН) ведется работа по согласованию обновленного Руководства по диагностическим тестам и вакцинам для наземных животных ВОАН, включающего гармонизированные стандарты и рекомендации к кандидатным МЖВ-вакцинам против АЧС. Аналогичная работа проводится и в Российской Федерации.

Основными показателями безопасности и эффективности кандидатных вакцин против АЧС, изготовленных на основе МЖВ, являются: клинические признаки, виремия, выживаемость животных после прививки и заражения вирулентным гомологичным штаммом [13]. Для оценки клинических признаков у свиней, инфицированных вирусом АЧС различной патогенности, ряд авторов предложили использовать балльные системы, которые в совокупности охватывают тринадцать признаков (табл. 1). Наименьшее число клинических признаков (4) включала балльная система, предложенная E. V. Howey et al. [14], наибольшее (11) – A. S. Olesen et al. [15], которые оценивались суммарно в 12 и 42 балла соответственно.

Целью данного исследования являлась разработка системы балльной оценки клинических признаков, пригодной для использования при характеристике вновь выделенных изолятов вируса АЧС, вызывающих различные формы течения болезни, а также при определении безопасности и эффективности кандидатных вакцин, изготовленных на основе МЖВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали результаты собственных экспериментов, проведенных со штаммами вируса АЧС различной патогенности:

– высоковирулентными: Ставрополь 01/08, Владимир-Вязники/2017, Брянск-21 (VIII серотип, II генотип), Лиссабон-57 (I, I), Мозамбик-78 (III, V), Франция-32 (IV, I);

– умеренновирулентными: Новгородский-2019 (VIII, II), PSA-1-NH (IV иммунотип, I);

– авирулентными (аттенуированными): Катанга-350 (I, I), МК-200 (III, V), ФК-32/135 (IV, I), Ставрополь 71/2017 (VIII, II) [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Свиней породы крупная белая с массой тела 25–30 кг получали из отдела подготовки подопытных животных ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии». Эксперименты на свиньях проводили в соответствии с «Руководством по содержанию и использованию лабораторных животных» [30]. Результаты наблюдений за клиническими признаками АЧС регистрировали ежедневно. Температуру тела измеряли ртутными термометрами ректально, остальные признаки определяли визуально.

Детальное описание получения культуры клеток лейкоцитов свиней (ЛС) и определения инфекционной активности вируса АЧС осуществляли, как изложено ранее [22, 31]. Результаты оценивали по наличию гемадсорбции или цитопатогенного действия в течение 7 дней. Титры вируса рассчитывали по методу, описанному Б. А. Кербером в модификации И. П. Ашмарина, и выражали в 50%-х гемадсорбирующих единицах ($ГАЕ_{50}/см^3$) или тканевых цитопатических дозах ($ТЦД_{50}/см^3$) [32].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом проведенных нами исследований на 144 животных и имеющихся в литературе критериев оценки

клинических признаков АЧС были отобраны 7 наиболее преобладающих клинических признаков, которые отмечали у инфицированных свиней: повышение температуры тела, снижение активности, снижение аппетита, поражение кожных покровов, поражение суставов, нарушение дыхания, поражение центральной нервной системы (ЦНС), – каждый из которых, в зависимости от степени их проявления, оценивали количественно от 0 до 4 баллов (табл. 2). Такие клинические признаки при АЧС, как выделения из глаз (конъюнктивит), понос, примесь крови в кале и кровавистые истечения, мочеиспускание с примесью крови, рвота, у большинства инфицированных животных отсутствовали, поэтому они не были включены в балльную систему оценки. В ее основу заложены следующие принципы: а) включение наиболее характерных клинических признаков; б) увеличение балла при оценке конкретного признака должно быть обосновано количественным или качественным изменением его проявления; в) характеристика конкретной балльной оценки не исключает одновременного наличия таковых, оцененных меньшими баллами.

У всех свиней с острой, подострой и хронической формами течения АЧС наблюдали гипертермию, снижение активности, снижение аппетита, у 80–95% животных отмечали покраснения и цианотичность кожных покровов. Эти показатели оценивали от 0 до 4 баллов (табл. 2). Реже (60–70%) при перечисленных формах течения АЧС наблюдали нарушения координации движений и дыхания. Поражение суставов отмечали у 35–50% свиней с подострой и хронической формами течения болезни. Эти три признака оценивали от 0 до 3 баллов. Лишь у отдельных животных с острой

Таблица 1
Опубликованные методики балльной оценки клинических признаков АЧС

Table 1
Published ASF clinical sign scoring systems

Клинические признаки	Балльные оценки показателей							
	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]
Температура тела	0–4	0–5	–*	0–5	1–3	–	0–5	–
Аппетит/анорексия	–	0–6	0–3	1–6	1–3	1–3	1–6	0–3
Поведение/подвижность	0–4	0–6	0–3	1–6	1–3	0–3	1–6	0–3
Поражения на коже, цианоз	–	0–3	0–3	0–3	1–3	1–3	1–3	0–3
Отек суставов	–	0–4	0–3	1–4	–	–	1–4	0–3
Характер дыхания	–	0–3	0–3	1–3	1–3	1–3	1–3	0–3
Выделения из глаз	–	0–2	0–3	1–2	–	1–3	1	0–3
Дефекация	0–2	0–4	0–3	1–3	1–3	1–3	1–4	0–3
Мочеиспускание	–		–	4	–	–	4	–
Рвота	–	–	–	1–3	–	1–3	4	–
Поражение ЦНС	0–2	–	–	0–6	–	1–3	–	0–3
Поза	–	0–6	–	–	–	1–3	–	0–3
Форма тела	–	–	–	–	1–3	1–3	–	
Максимум баллов	12	42	21	42	18	30	40	27

ЦНС – центральная нервная система (central nervous system);

* (–) – показатель не учитывался; клинические признаки в выделенных цветом ячейках рассматриваются как один показатель (the parameter was not taken into account; clinical signs in the colored cells are considered to be one parameter).

Таблица 2
Балльная оценка клинических признаков АЧС

Table 2
African swine fever clinical sign scoring

Клинические признаки	Баллы				
	0	1	2	3	4
Повышение температуры тела, °С	38,0–40,0; нет	40,1–40,5	40,6–41,0	41,1–41,5	41,6–42,0
Снижение активности	нет	незначительное угнетение	лежит, при прикосновении быстро встает	после нескольких прикосновений встает с трудом	лежит, не встает
Снижение аппетита (поедание корма, %)	нет	около 10% корма остается в кормушке	около 50% корма остается в кормушке	подходит к кормушке, но не ест	утрата интереса к корму (полный отказ)
Поражение кожных покровов	нет	эритема, покраснение кожи кончиков ушей	цианоз кончиков ушей и хвоста	ограниченный цианоз на различных участках тела с единичными некротическими поражениями	обширный цианоз кожных покровов, множественные некротические поражения кожи
Поражение суставов	нет	отек суставов	отеки суставов и незначительная хромота	отеки суставов и выраженная болезненная хромота	
Нарушение дыхания	нет	одышка	тяжелое дыхание, выделения из носа	болезненное дыхание, хрипы, кашель	
Поражение ЦНС	нет	шаткая походка	парезы одной или нескольких конечностей	судороги, параличи конечностей, тремор мышц	

и подстрой формами АЧС отмечали запоры, понос, наличие крови в кале.

Разработанную балльную систему оценки клинических признаков АЧС апробировали в экспериментах на свиньях, инфицированных 12 штаммами вируса различной вирулентности (табл. 3) [22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29].

Важно отметить, что указанные в таблице 3 минимальные и максимальные значения сумм баллов определяются не в результате сложения минимальных и максимальных баллов по каждому из 7 учтенных клинических признаков, а соответствуют индивидуальным значениям среди исследованных животных в каждой из указанных групп.

Высоковирулентные штаммы вируса (Ставрополь 01/08, Владимир-Вязники/2017, Лиссабон-57, Мозамбик-78, Франция-32, Брянск-21) при различных способах и дозах введения вызывали острую и (реже) подострую формы течения болезни. При острой форме течения АЧС регистрировали гипертермию (41,0–42,0) °С, частичное или полное снижение активности и аппетита, покраснение или цианоз кожи ушей, брюшной стенки, хвоста и промежности, тяжелое болезненное дыхание с выделениями из носа, парезы, параличи конечностей, судороги. Лишь у единичных животных наблюдали понос с примесью крови в кале. Перед гибелью на 6–14-й день после заражения температура тела у свиней снижалась до < 38,0 °С. При подострой форме течения АЧС регистрировали следующие клинические признаки: гипертермия, снижение активности и аппетита, незначительные покраснения или цианоз кожи (кончики ушей, хвоста). При острой и подострой формах течения АЧС, вне зависимости от испытанных

способов или доз заражения, суммы баллов при оценке клинических признаков у разных особей составляли от 13 до 22.

У свиней, инфицированных внутримышечно штаммами Новгородский-2019 или PSA-1-NH вируса, наблюдали хроническую форму течения АЧС. Болезнь характеризовалась перемежающейся гипертермией (40,5–41,5) °С, снижением активности и аппетита. Через 10–14 дней у животных отмечали истощение, отставание в росте, различную степень нарушения дыхания и поражения суставов – артриты. У некоторых животных наблюдали покраснение отдельных участков кожи, которые в последующем могли принимать цианотичный характер с образованием ограниченных очагов некроза (штамм PSA-1-NH). Длительность болезни варьировала и продолжалась более 30 дней. У некоторых животных регистрировали «клиническое выздоровление» с последующими рецидивами болезни в виде подъема температуры тела. Суммы баллов при оценке клинических признаков АЧС у таких животных варьировали от 6 до 18.

Менее выраженные признаки хронической формы течения АЧС регистрировали у 40–60% свиней после интраназального введения вируса штамма PSA-1-NH, а также у 7% свиней, которым инокулировали аттенуированный штамм Катанга-350. У таких животных отмечали рецидивирующую гипертермию (от 40,1 до 40,7 °С), небольшое снижение активности (быстро встает при контакте) и аппетита (поедание корма – 50–90%) в течение 1–4 дней, в единичных случаях наблюдали одышку и незначительный отек суставов. Максимальные суммы баллов оценки клинических признаков АЧС у данных животных достигали 6–10.

Таблица 3
Оценки клинических признаков у свиней, инфицированных различными штаммами вируса АЧС

Table 3
Clinical sign scores of pigs infected with various ASFV strains

Наименование штамма	Способ инфицирования	Доза*	Выжившие/всего	Клинические признаки и их оценки в баллах							Сумма баллов
				Повышение температуры тела	Снижение активности	Снижение аппетита	Поражение кожных покровов	Поражение суставов	Нарушение дыхания	Поражение ЦНС	
Ставрополь 01/08	в/м	10 ²⁻³	0/15	4	4	4	3-4	0	2-3	2-3	19-22
	и/н	10 ²⁻³	0/4	4	3-4	4	3-4	0	2-3	1-3	17-22
	п/о	10 ⁷	0/3	3-4	3	3-4	2-3	0	2	2	15-18
Владимир-Вязники/2017	в/м	10 ²⁻³	0/6	3-4	3-4	3	2-3	0	1-2	1-3	13-19
	и/н	10 ²⁻³	0/6	3-4	3-4	3-4	2-3	0	1-2	1-3	13-20
	п/о	10 ⁴⁻⁷	0/6	3	3-4	3-4	1-2	0	1-3	1-2	12-18
	конт.	–	0/4	3-4	3	3-4	1-3	0	1-2	1-2	14-17
Лиссабон-57	в/м	10 ³	0/5	4	4	3-4	3-4	0	2-3	2-3	18-22
Мозамбик-78	в/м	10 ³	0/5	4	4	4	2-4	0	2-3	2-3	18-22
Франция-32	в/м	10 ³	0/5	3-4	3-4	3-4	2-3	0	1-2	1-3	13-17
Брянск-21	в/м	10 ³	0/4	3-4	3	3	2-3	0	1-2	1-2	13-15
Новгородский-2019	в/м	10 ³	1/5	3	3	3-4	1-3	0	1-2	1-3	13-18
				2-3	2	1-2	0	1-2	1-2	0	7-11
PSA-1-NH	в/м	10 ³	4/5	1-4	1-4	1-4	0	0	1-3	0	1-15
	в/м	10 ⁵	7/15	2-4	3-4	2-4	1-4	1-3	1-3	1-2	12-18
	и/н	10 ³	5/5	1-3	1-2	1-2	0	0	1-2	0	1-8
	и/н	10 ⁵	4/5	3-4	2-3	2-3	1	1-2	2-3	1-2	8-15
Катанга-350	в/м	10 ⁶	15/15	0-2	0-2	0-2	0	1	1	0	0-8
МК-200	в/м	10 ⁶	16/16	0-3	0-2	0-2	0	0	1	0	0-8
ФК-32/135	в/м	10 ⁶⁻⁷	16/16	0	0	0	0	0	0	0	0
Ставрополь 71/2017	в/м	10 ⁵	9/9	1	0-1	0-1	0	0	0	0	1-3

в/м – внутримышечно (intramuscular), и/н – интраназально (nasal),

п/о – перорально (oral), конт. – контактно (contact);

* для штамма PSA-1-NH в ТЦД₅₀, для остальных штаммов – в ГАЕ₅₀ (TCID₅₀ for PSA-1-NH strain, HAU₅₀ for other strains).

У большинства свиней, инфицированных внутримышечно аттенуированным штаммом Катанга-350, аттенуированным, но не протективным штаммом Ставрополь 71/2017, а также интраназально низкой дозой (10³ ТЦД₅₀) природно-аттенуированного штамма PSA-1-NH, наблюдали субклиническую форму течения АЧС: температура тела у 40–60% животных в течение 1–4 дней не превышала 40,5 °С, поедание 90–100% корма. Других изменений не регистрировали. Суммы баллов оценки клинических признаков составляли от 0 до 5.

Бессимптомную форму течения АЧС регистрировали у 100% свиней, которым внутримышечно иноку-

лировали штамм ФК-32/135, у 75–90% – штамм МК-200, у 40–60% – штамм Катанга-350. Клинические признаки АЧС у таких животных не регистрировали, суммы баллов составляли 0.

Следует отметить, что балльная система оценки клинических признаков при АЧС неприменима для изолятов, вызывающих сверхострую форму течения болезни, так как гибель свиней происходит через 3–5 дней после заражения без развития большинства клинических признаков вследствие, как правило, внутримышечного введения больших доз вирулентных изолятов вируса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние 5–7 лет получены убедительные доказательства циркуляции в Европе и Азии изолятов вируса АЧС генотипа II различной вирулентности: от высоковирулентных до природно-аттенуированных [2, 3, 6, 9, 11, 33].

По нашим наблюдениям, динамика проявления клинических признаков при АЧС варьирует в зависимости от вирулентности изолята/штамма, в меньшей степени – от дозы и способа инокуляции вируса [26, 27, 28]. Разработанная и апробированная система балльной оценки клинических признаков АЧС пригодна как для характеристики вновь выделенных изолятов, так и для оценки МЖВ и кандидатных вакцин, изготовленных на их основе. Исходя из нашего опыта, для кандидатных вакцинных штаммов суммарный балл клинических признаков не должен превышать 4–5. Идеально, когда показатель равен 0, как, например, после прививки свиней штаммом ФК-32/135 вируса АЧС [26].

Следует отметить, что при оценке безвредности МЖВ-вакцин при АЧС помимо клинических признаков предлагают исследовать уровни и длительность виремии, вирусывыделение, патолого-анатомические изменения, персистенцию вакцинного и вирулентного (заражающего) вируса в тканях, вероятность трансмиссии и реверсии, безопасность в полевых условиях и некоторые другие [13]. Однако если после введения свиньям кандидатного вакцинного штамма вируса сумма клинических признаков превышает 5 баллов, то остальные исследования проводить нецелесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Шотин А. П., Иголкин А. С., Мазлум А., Шевченко И. В., Аронова Е. В., Груздев К. Н. Изучение биологических свойств изолята вируса африканской чумы свиней ASFV/Kaliningrad 17/WB-13869. *Сельскохозяйственная биология*. 2023; 58 (4): 773–783. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.773rus>
- Schambow R., Reyes R., Morales J., Diaz A., Perez A. M. A qualitative assessment of alternative eradication strategies for African swine fever in the Dominican Republic. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:1054271. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1054271>
- Gallardo C., Nurmoja I., Soler A., Delicado V., Simón A., Martín E., et al. Evolution in Europe of African swine fever genotype II viruses from highly to moderately virulent. *Veterinary Microbiology*. 2018; 219: 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.04.001>
- Mebus C. A., Dardiri A. H. Western hemisphere isolates of African swine fever virus: asymptomatic carriers and resistance to challenge inoculation. *American Journal of Veterinary Research*. 1980; 41 (11): 1867–1869. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7212418>
- Ремыга С. Г., Першин А. С., Шевченко И. В., Иголкин А. С., Шевцов А. А. Клинические и патологоанатомические изменения у диких европейских кабанов и домашних свиней при заражении вирусом африканской чумы свиней. *Ветеринария сегодня*. 2016; (3): 46–51. <https://elibrary.ru/wwrlmf>
- Pershin A., Shevchenko I., Igoalkin A., Zhukov I., Mazloum A., Aroponova E., et al. 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. <https://doi.org/10.3390/vetsci6040099>
- Boinas F. S., Hutchings G. H., Dixon L. K., Wilkinson P. J. Characterization of pathogenic and non-pathogenic African swine fever virus isolates from *Ornithodoros erraticus* inhabiting pig premises in Portugal. *Journal of General Virology*. 2004; 85 (8): 2177–2187. <https://doi.org/10.1099/vir.0.80058-0>
- Sun E., Huang L., Zhang X., Zhang J., Shen D., Zhang Z., et al. Genotype I African swine fever viruses emerged in domestic pigs in China and caused chronic infection. *Emerging Microbes & Infections*. 2021; 10 (1): 2183–2193. <https://doi.org/10.1080/22221751.2021.1999779>
- 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. <https://doi.org/10.1111/tbed.13132>

10. Havas K. A., Gogin A. E., Basalaeva J. V., Sindryakova I. P., Kolbasova O. L., Titov I. A., et al. An assessment of diagnostic assays and sample types in the detection of an attenuated genotype 5 African swine fever virus in European pigs over a 3-month period. *Pathogens*. 2022; 11 (4):404. <https://doi.org/10.3390/pathogens11040404>

11. Zani L., Forth J. H., Forth L., Nurmoja I., Leidenberger S., Henke J., et al. Deletion at the 5'-end of Estonian ASFV strains associated with an attenuated phenotype. *Scientific Reports*. 2018; 8:6510. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24740-1>

12. Borca M. V., Ramirez-Medina E., Silva E., Vuono E., Rai A., Pruitt S., et al. ASFV-G-ΔI177L as an effective oral nasal vaccine against the Eurasia strain of Africa swine fever. *Viruses*. 2021; 13 (5):765. <https://doi.org/10.3390/v13050765>

13. Brake D. A. African swine fever modified live vaccine candidates: transitioning from discovery to product development through harmonized standards and guidelines. *Viruses*. 2022; 14 (12):2619. <https://doi.org/10.3390/v14122619>

14. Howey E. B., O'Donnell V., de Carvalho Ferreira H. C., Borca M. V., Arzt J. Pathogenesis of highly virulent African swine fever virus in domestic pigs exposed via intraoropharyngeal, intranasopharyngeal, and intramuscular inoculation, and by direct contact with infected pigs. *Virus Research*. 2013; 178 (2): 328–339. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.09.024>

15. Olesen A. S., Lohse L., Boklund A., Halasa T., Gallardo C., Pejsak Z., et al. Transmission of African swine fever virus from infected pigs by direct contact and aerosol routes. *Veterinary Microbiology*. 2017; 211: 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.10.004>

16. Gallardo C., Soler A., Nieto R., Sánchez M. A., Martins C., Pelayo V., et al. Experimental transmission of African swine fever (ASF) low virulent isolate NH/P68 by surviving pigs. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2015; 62 (6): 612–622. <https://doi.org/10.1111/tbed.12431>

17. Pietschmann J., Guinat C., Beer M., Pronin V., Tauscher K., Petrov A., et al. Course and transmission characteristics of oral low-dose infection of domestic pigs and European wild boar with a Caucasian African swine fever virus isolate. *Archives of Virology*. 2015; 160 (7): 1657–1667. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2430-2>

18. Galindo-Cardiel I., Ballester M., Solanes D., Nofrarias M., López-Soria S., Argilagué J. M., et al. Standardization of pathological investigations in the framework of experimental ASFV infections. *Virus Research*. 2013; 173 (1): 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2012.12.018>

19. De Carvalho Ferreira H. C., Weesendorp E., Elbers A. R. W., Bouma A., Quak S., Stegeman J. A., Loeffen W. L. African swine fever virus excretion patterns in persistently infected animals: a quantitative approach. *Veterinary Microbiology*. 2012; 160 (3–4): 327–340. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.06.025>

20. King K., Chapman D., Argilagué J. M., Fishbourne E., Hutet E., Cariolet R., et al. Protection of European domestic pigs from virulent African isolates of African swine fever virus by experimental immunisation. *Vaccine*. 2011; 29 (28): 4593–4600. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.04.052>

21. Mittelholzer C., Moser C., Tratschin J.-D., Hofmann M. A. Analysis of classical swine fever virus replication kinetics allows differentiation of highly virulent from avirulent strains. *Veterinary Microbiology*. 2000; 74 (4): 293–308. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(00\)00195-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(00)00195-4)

22. Балышев В. М., Власов М. Е., Имамдинов А. П., Титов И. А., Моргунов С. Ю., Малооголовкин А. С. Биологические свойства и молекулярно-генетическая характеристика вируса африканской чумы свиней, выделенного в 2016–2017 гг. в различных регионах Российской Федерации. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018; (4): 54–57. <https://doi.org/10.31857/S250026270000536-4>

23. Балышев В. М., Власов М. Е. Патогенность вируса африканской чумы свиней, выделенного от кабанов при последовательных контактных пассажах на свиньях. *Ветеринария*. 2022; (1): 28–32. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.1.28-32>

24. Власов М. Е., Кудряшов Д. А., Синдрякова И. П., Севских Т. А., Пивова Е. Ю., Лыска В. М. и др. Сравнительная оценка патогенности вируса африканской чумы свиней, циркулирующего на территории Российской Федерации с 2007 года. *Ветеринария*. 2024; (4): 28–35. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.4.28-35>

25. Власов М. Е., Сибгатуллова А. К., Балышев В. М. Особенности течения африканской чумы у свиней, инфицированных изолятами вируса АЧС, выделенными в Российской Федерации. *Ветеринария*. 2019; (4): 15–19. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.4.15-19>

26. Sereda A. D., Kazakova A. S., Namsrayn S. G., Vlasov M. E., Kolbasov D. V. The attenuated ASFV strains MK-200 and FK-32/135 as possible models for investigation of protective immunity by ASFV infection.

PLoS ONE. 2022; 17 (7):e0270641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270641>

27. Vlasov M., Sindryakova I., Kudryashov D., Morgunov S., Kolbasova O., Lyska V., et al. Administration routes and doses of the attenuated African swine fever virus strain PSA-1NH influence cross-protection of pigs against heterologous challenge. *Animals*. 2024; 14 (9):1277. <https://doi.org/10.3390/ani14091277>

28. Vlasov M. E., Sindryakova I. P., Kudryashov D. A., Morgunov S. Y., Kolbasova O. L., Lyska V. M., et al. Inoculation with ASFV-Katanga-350 partially protects pigs from death during subsequent infection with heterologous type ASFV-Stavropol 01/08. *Viruses*. 2023; 15 (2):430. <https://doi.org/10.3390/v15020430>

29. Закутский Н. И., Широкова Т. Г., Юрков С. Г., Балышев В. М. Иммунобиологические свойства аттенуированного штамма ФК-135 вируса африканской чумы свиней, выращенного в суспензии клеток костного мозга свиней. *Сельскохозяйственная биология*. 2014; (4): 70–74. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.70rus>

30. National Research Council. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th ed. Washington, DC: National Academies Press; 2011. 246 p. <https://doi.org/10.17226/12910>

31. Sereda A. D., Namsrayn S., Balyshov V. M., Vlasov M. E., Sindryakova I. P., Koltsova G., Kolbasov D. V. Seroimmunotyping of African swine fever virus. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14:1225587. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1225587>

32. Ашмарин И. П., Васильев Н. Н., Амбросов В. А. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. Л.: Издательство Ленинградского университета; 1975. 78 с.

33. Sun E., Zhang Z., Wang Z., He X., Zhang X., Wang L., et al. Emergence and prevalence of naturally occurring lower virulent African swine fever viruses in domestic pigs in China in 2020. *Science China Life Sciences*. 2021; 64 (5): 752–765. <https://doi.org/10.1007/s11427-021-1904-4>

REFERENCES

1. Shotin A. R., Igolkin A. S., Mazloum A., Shevchenko I. V., Aronova E. V., Gruzdev K. N. Biological properties of African swine fever virus ASFV/Kaliningrad 17/WB-13869. *Agricultural Biology*. 2023; 58 (4): 773–783. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.773eng>

2. Schambow R., Reyes R., Morales J., Diaz A., Perez A. M. A qualitative assessment of alternative eradication strategies for African swine fever in the Dominican Republic. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:1054271. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1054271>

3. Gallardo C., Nurmoja I., Soler A., Delicado V., Simón A., Martín E., et al. Evolution in Europe of African swine fever genotype II viruses from highly to moderately virulent. *Veterinary Microbiology*. 2018; 219: 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.04.001>

4. Mebus C. A., Dardiri A. H. Western hemisphere isolates of African swine fever virus: asymptomatic carriers and resistance to challenge inoculation. *American Journal of Veterinary Research*. 1980; 41 (11): 1867–1869. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7212418>

5. Remyga S. G., Pershin A. S., Shevchenko I. V., Igolkin A. S., Shevtsov A. A. Clinical and post-mortem signs in European wild boars and domestic pigs infected with African swine fever virus. *Veterinary Science Today*. 2016; (3): 46–51. <https://elibrary.ru/wwrlmf> (in Russ.)

6. Pershin A., Shevchenko I., Igolkin A., Zhukov I., Mazloum A., Aronova E., et al. 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. <https://doi.org/10.3390/vetsci6040099>

7. Boinas F. S., Hutchings G. H., Dixon L. K., Wilkinson P. J. Characterization of pathogenic and non-pathogenic African swine fever virus isolates from *Ornithodoros erraticus* inhabiting pig premises in Portugal. *Journal of General Virology*. 2004; 85 (8): 2177–2187. <https://doi.org/10.1099/vir.0.80058-0>

8. Sun E., Huang L., Zhang X., Zhang J., Shen D., Zhang Z., et al. Genotype I African swine fever viruses emerged in domestic pigs in China and caused chronic infection. *Emerging Microbes & Infections*. 2021; 10 (1): 2183–2193. <https://doi.org/10.1080/22221751.2021.1999779>

9. 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. <https://doi.org/10.1111/tbed.13132>

10. Havas K. A., Gogin A. E., Basalaeva J. V., Sindryakova I. P., Kolbasova O. L., Titov I. A., et al. An assessment of diagnostic assays and sample types in the detection of an attenuated genotype 5 African swine fever virus in European pigs over a 3-month period. *Pathogens*. 2022; 11 (4):404. <https://doi.org/10.3390/pathogens11040404>

11. Zani L., Forth J. H., Forth L., Nurmoja I., Leidenberger S., Henke J., et al. Deletion at the 5'-end of Estonian ASFV strains associated with an attenuated phenotype. *Scientific Reports*. 2018; 8:6510. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24740-1>

ated phenotype. *Scientific Reports*. 2018; 8:6510. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24740-1>

12. Borca M. V., Ramirez-Medina E., Silva E., Vuono E., Rai A., Pruitt S., et al. ASFV-G-Δ1177L as an effective oral nasal vaccine against the Eurasia strain of African swine fever. *Viruses*. 2021; 13 (5):765. <https://doi.org/10.3390/v13050765>

13. Brake D. A. African swine fever modified live vaccine candidates: transitioning from discovery to product development through harmonized standards and guidelines. *Viruses*. 2022; 14 (12):2619. <https://doi.org/10.3390/v14122619>

14. Howey E. B., O'Donnell V., de Carvalho Ferreira H. C., Borca M. V., Arzt J. Pathogenesis of highly virulent African swine fever virus in domestic pigs exposed via intraoropharyngeal, intranasopharyngeal, and intramuscular inoculation, and by direct contact with infected pigs. *Virus Research*. 2013; 178 (2): 328–339. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.09.024>

15. Olesen A. S., Lohse L., Boklund A., Halasa T., Gallardo C., Pejssak Z., et al. Transmission of African swine fever virus from infected pigs by direct contact and aerosol routes. *Veterinary Microbiology*. 2017; 211: 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.10.004>

16. Gallardo C., Soler A., Nieto R., Sánchez M. A., Martins C., Pelayo V., et al. Experimental transmission of African swine fever virus from infected pigs NH/P68 by surviving pigs. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2015; 62 (6): 612–622. <https://doi.org/10.1111/tbed.12431>

17. Pietschmann J., Guinat C., Beer M., Pronin V., Tauscher K., Petrov A., et al. Course and transmission characteristics of oral low-dose infection of domestic pigs and European wild boar with a Caucasian African swine fever virus isolate. *Archives of Virology*. 2015; 160 (7): 1657–1667. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2430-2>

18. Galindo-Cardiel I., Ballester M., Solanes D., Nofrarías M., López-Soria S., Argilagué J. M., et al. Standardization of pathological investigations in the framework of experimental ASFV infections. *Virus Research*. 2013; 173 (1): 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2012.12.018>

19. De Carvalho Ferreira H. C., Weesendorp E., Elbers A. R. W., Bouma A., Quak S., Stegeman J. A., Loeffen W. L. African swine fever virus excretion patterns in persistently infected animals: a quantitative approach. *Veterinary Microbiology*. 2012; 160 (3–4): 327–340. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.06.025>

20. King K., Chapman D., Argilagué J. M., Fishbourne E., Hutet E., Cariolet R., et al. Protection of European domestic pigs from virulent African isolates of African swine fever virus by experimental immunisation. *Vaccine*. 2011; 29 (28): 4593–4600. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.04.052>

21. Mittelholzer C., Moser C., Tratschin J.-D., Hofmann M. A. Analysis of classical swine fever virus replication kinetics allows differentiation of highly virulent from avirulent strains. *Veterinary Microbiology*. 2000; 74 (4): 293–308. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(00\)00195-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(00)00195-4)

22. Balyshov V. M., Vlasov M. E., Imatdinov A. R., Titov I. A., Morgunov S. Yu., Malogolovkin A. S. Biological properties and molecular genetic characteristics of the African swine fever virus, isolated in 2016–2017 in various regions of the Russian Federation. *Russian Agricultural Sciences*. 2018; 44 (5): 469–473. <https://doi.org/10.3103/S106836741805004X>

23. Balyshov V. M., Vlasov M. E. Pathogenicity of African swine fever virus isolated from wild boar with consecutive passages on pig. *Veterinariya*. 2022; (1): 28–32. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.1.28-32> (in Russ.)

24. Vlasov M. E., Kudryashov D. A., Sindryakova I. P., Sevsikh T. A., Pivova E. Yu., Lyska V. M., et al. Comparative assessment of the pathogenicity of the African swine fever virus circulating in the Russian Federation since 2007. *Veterinariya*. 2024; (4): 28–35. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.4.28-35> (in Russ.)

25. Vlasov M. E., Sibgatullova A. K., Balyshov V. M. The course of disease in pigs infected with ASF virus isolates, obtained in different regions of the Russian Federation. *Veterinariya*. 2019; (4): 15–19. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.4.15-19> (in Russ.)

26. Sereda A. D., Kazakova A. S., Namsrayn S. G., Vlasov M. E., Kolbasov D. V. The attenuated ASFV strains MK-200 and FK-32/135 as possible models for investigation of protective immunity by ASFV infection. *PLoS ONE*. 2022; 17 (7):e0270641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270641>

27. Vlasov M., Sindryakova I., Kudryashov D., Morgunov S., Kolbasova O., Lyska V., et al. Administration routes and doses of the attenuated African swine fever virus strain PSA-1NH influence cross-protection of pigs against heterologous challenge. *Animals*. 2024; 14 (9):1277. <https://doi.org/10.3390/ani14091277>

28. Vlasov M. E., Sindryakova I. P., Kudryashov D. A., Morgunov S. Y., Kolbasova O. L., Lyska V. M., et al. Inoculation with ASFV-Katanga-350 partially protects pigs from death during subsequent infection with heterologous type ASFV-Stavropol 01/08. *Viruses*. 2023; 15 (2):430. <https://doi.org/10.3390/v15020430>

29. Zakutskii N. I., Shirokova T. G., Yurkov S. G., Balyshv V. M. Immunobiological features of an attenuated African swine fever virus strain FC-135 grown in a porcine bone marrow cell suspension. *Agricultural Biology*. 2014; (4): 70–74. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.70eng> (in Russ.)

30. National Research Council. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th ed. Washington, DC: National Academies Press; 2011. 246 p. <https://doi.org/10.17226/12910>

31. Sereda A. D., Namsrayn S., Balyshv V. M., Vlasov M. E., Sindryakova I. P., Koltsova G., Kolbasov D. V. Seroimmunotyping of African swine fever virus. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14:1225587. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1225587>

32. Ashmarin I. P., Vasiliev N. N., Ambrosov V. A. Fast Methods of Statistical Processing and Experiment Planning. Leningrad: Publishing House of the Leningrad University; 1975. 78 p. (in Russ.)

33. Sun E., Zhang Z., Wang Z., He X., Zhang X., Wang L., et al. Emergence and prevalence of naturally occurring lower virulent African swine fever viruses in domestic pigs in China in 2020. *Science China Life Sciences*. 2021; 64 (5): 752–765. <https://doi.org/10.1007/s11427-021-1904-4>

Поступила в редакцию / Received 18.07.2024

Поступила после рецензирования / Revised 13.09.2024

Принята к публикации / Accepted 26.09.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Власов Михаил Евгеньевич, канд. вет. наук, начальник группы, ФГБНУ ФИЦВиМ, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8324-3256>, vlasovmikhail1993@yandex.ru

Балышев Владимир Михайлович, д-р вет. наук, профессор, руководитель государственной коллекции микроорганизмов, ФГБНУ ФИЦВиМ, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0001-8224-9333>, balyshv@rambler.ru

Серета Алексей Дмитриевич, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ ФИЦВиМ, пос. Вольгинский, Владимирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0001-8300-5234>, sereda-56@mail.ru

Mikhail E. Vlasov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Group, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Volginsky, Vladimir Oblast, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8324-3256>, vlasovmikhail1993@yandex.ru

Vladimir M. Balyshv, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Head of the State Collection of Microorganisms, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Volginsky, Vladimir Oblast, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-8224-9333>, balyshv@rambler.ru

Alexey D. Sereda, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Volginsky, Vladimir Oblast, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-8300-5234>, sereda-56@mail.ru

Вклад авторов: Власов М. Е. – анализ научной литературы по данной тематике, экспериментальные исследования, подготовка текста; Балышев В. М. – планирование исследований, интерпретация данных; Серета А. Д. – концепция и систематизация результатов исследований, подготовка текста.

Contribution: Vlasov M. E. – analysis of the scientific literature in this topic, experiments, text drafting; Balyshv V. M. – experimental design, data interpretation; Sereda A. D. – conceptualization and result systematization, text drafting.