

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.346-358>

УДК 619:578.835.2:616-036.22

Ящур: факторы риска и меры контроля (обзор)

© 2023. О. А. Бурова ✉, О. И. Захарова, И. В. Яшин, С. Ш. Хайбрахманова, О. В. Жучкова, Н. А. Гребнев, А. А. Блохин

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

Ящур классифицируется Всемирной организацией по охране здоровья животных (далее – МЭБ) как болезнь из Списка А. Учитывая возможность быстрого распространения болезни, все подозрительные случаи необходимо незамедлительно регистрировать и расследовать. Понимание механизма распространения ящура и мер его контроля является ключом к расследованию вспышек и позволяет проследить источник вспышки наряду с потенциальными путями дальнейшего распространения. Ящур эндемичен на обширных территориях Африки, Азии и Южной Америки. В 2022 г. неблагоприятными по ящуру странами остаются: Казахстан, Монголия, Китай, Израиль, Индонезия, ОАЭ, Палестина, Алжир, Ботсвана, Замбия, Зимбабве, Малави, Мозамбик, Тунис, ЮАР. В России в 2022 г. ящур не регистрировался. Различают семь серотипов вируса ящура: О, А, С, Азия 1, SAT 1, SAT 2 и SAT 3. К нему восприимчивы крупный рогатый скот, буйволы, овцы, свиньи, козы, африканские буйволы, олени, яки и другие парнокопытные. Наиболее вероятны два основных пути заражения животных: алиментарный и воздушно-капельный, а также контактно через ссадины, загрязненные инструменты или искусственное осеменение. После клинического выздоровления до 50 % жвачных животных становятся персистентно инфицированными и считаются «носителями». Ключевые факторы риска заноса вируса – введение в стадо нового животного с неизвестным статусом вакцинации от ящура, сезонность, отсутствие вакцинации, размер стада. Причиной инфекции часто является неконтролируемое или незаконное перемещение скота. Основной риск заноса ящура исходит от домашнего скота, транспортных средств, людей, непосредственно работающих с восприимчивым к ящуру скотом, дикими животными. Ключевые принципы биобезопасности – изоляция больных животных, очистка и дезинфекция помещений и инвентаря. Ящур является основным препятствием для международной торговли скотом и продуктами животного происхождения, поэтому страны, свободные от болезни, принимают повышенные меры предосторожности, чтобы предотвратить проникновение вируса.

Ключевые слова: вирус, этиология, распространение, профилактика**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-2022-0004).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Бурова О. А., Захарова О. И., Яшин И. В., Хайбрахманова С. Ш., Жучкова О. В., Гребнев Н. А., Блохин А. А. Ящур: факторы риска и меры контроля (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(3):346-358. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.346-358>

Поступила: 22.12.2022

Принята к публикации: 03.05.2023

Опубликована онлайн: 28.06.2023

Foot and mouth disease: risk factors and control measures (review)

© 2023. Olga A. Burova ✉, Olga I. Zakharova, Ivan V. Iashin, Svetlana Sh. Khaibrakhmanova, Olga V. Zhuchkova, Nikita A. Grebnev, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Foot-and-mouth disease (FMD) is classified by the World Organization for Animal Health (OIE) as a Schedule A disease. Given the potential for rapid spread of the disease, all suspected cases should be reported and investigated immediately. Understanding the mechanism of FMD spread and control measures is key to outbreak investigation and allows the source of an outbreak to be traced along with potential routes of further spread. Foot-and-mouth disease is endemic in vast areas of Africa, Asia and South America. In 2022, the following countries remain unfavorable for FMD: Kazakhstan, Mongolia, China, Israel, Indonesia, UAE, Palestine, Algeria, Botswana, Zambia, Zimbabwe, Malawi, Mozambique, Tunisia, South Africa. In Russia, in 2022, foot and mouth disease was not registered. There are seven serotypes of foot-and-mouth disease virus: O, A, C, Asia 1, SAT 1, SAT 2 and SAT 3. Cattle, buffalo, sheep, pigs, goats, African buffalo, deer, yaks and other artiodactyls

are susceptible to it. The two principle ways in which an animal can become infected are by inhalation of virus particles in the air, and by ingestion of food material containing virus particles, also through abrasions, contaminated instruments or artificial insemination. Up to 50 % of ruminant animals become persistently infected after clinical recover and termed a "carrier". Key risk factors for virus introduction are the introduction of a new animal into the herd with an unknown FMD vaccination status, seasonality, lack of vaccination, herd size. The cause of infection is often the uncontrolled or illegal movement of livestock. The main risk of FMD introduction comes from livestock, vehicles, people directly working with livestock susceptible to FMD, wild animals. The key principles of biosecurity are isolation of sick animals, cleaning and disinfection of premises and equipment. Foot-and-mouth disease is a major barrier to international trade in livestock and animal products, so countries free of the disease are taking increased precautions to prevent the virus from entering.

Keywords: virus, etiology, spread, prevention

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology (theme No. FGNM-2022-0004).

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

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

For citations: Zakharova O. I., Burova O. A., Yashin I. V., Khaibrakhmanova S. Sh., Zhuchkova O. V., Grebnev N. A., Blokhin A. A. Foot and mouth disease: risk factors and control measures (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(3):346-358. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.346-358>

Received: 22.12.2022

Accepted for publication: 03.05.2023

Published online: 28.06.2023

Ящур – тяжелая острая контагиозная везикулярная вирусная болезнь домашних и диких парнокопытных животных. Она характеризуется образованием везикул (заполненных жидкостью) и эрозий в ротовой и носовой полости, на сосках и копытцах.

Ящур классифицируется Всемирной организацией по охране здоровья животных (далее – МЭБ) как болезнь из Списка А. Это связано с тем, что ящур имеет потенциал для быстрого и обширного распространения внутри стран и между ними и может привести к тяжелым экономическим последствиям. Несмотря на то, что ящур не вызывает высокой смертности у взрослых животных, он приводит к серьезным хозяйственно-экономическим потерям и является серьезным препятствием в международной торговле [1].

Клиническая диагностика ящура затруднена в связи с тем, что симптомы болезни часто слабо выражены (например, у овец и коз) [2, 3, 4]. К тому же, некоторые штаммы вируса могут иметь низкую вирулентность и вызывать лишь единичные случаи [5]. Кроме того, некоторые другие вирусные везикулярные заболевания имеют схожие клинические признаки, например везикулярная болезнь свиней, везикулярный стоматит [6]. Таким образом, для постановки окончательного диагноза требуется лабораторное подтверждение. Учитывая возможность быстрого распространения ящура, все подозрительные случаи необходимо в кратчайшие сроки регистрировать и расследовать, используя быстрые и точные тесты. Это позволит своевременно принять необходимые меры контроля.

В настоящее время ящур ликвидирован во многих странах, и ведется строгий контроль для предотвращения повторного заноса болезни в свободные от ящура регионы [7]. Страны, эндемичные по ящуру, имеют очень ограниченный экспортный рынок продуктов животноводства. Вспышка в ранее свободной стране может иметь тяжелые последствия [1]. Косвенные потери также происходят из-за затрат на борьбу с болезнью, таких как вакцинация, карантин и временные ограничения. Примером этого являются ограничения на передвижение, торговлю и убой скота. Затраты на ликвидацию болезни в случае вспышки могут быть чрезвычайно высокими из-за таких мер, как выбраковка зараженного поголовья. По оценкам экспертов, производственные потери и затраты на вакцинацию против ящура составляют от 6,5 до 21 миллиарда долларов США [8].

Понимание механизма распространения ящура и мер его контроля является ключом к расследованию вспышек и позволяет проследить источник вспышки ящура наряду с потенциальными путями дальнейшего распространения. Этот процесс имеет решающее значение в борьбе с болезнью.

Цель обзора – обобщить актуальные научные данные по эпизоотологии, патогенезу, диагностике и профилактике ящура с целью оценки риска заноса и распространения болезни на свободные территории.

Материал и методы. Поиск источников проводили путём скрининга международных баз научного цитирования Web of Science, PubMed, Scopus, Google Scholar, Mendeley и базы Российского научного цитирования. Критериями

служили ключевые слова: ящур (foot and mouth disease), вирус (virus), этиология (etiology), распространение (spread), факторы риска (risk factors), профилактика (prevention). После исключения повторяющихся и непроверенных данных, выбора публикаций, полностью соответствующих цели работы, отобрано 52 источника.

Основная часть. Этиология. Вирус ящура представляет собой небольшой безоболочечный РНК-вирус (семейство *Picornoviridae*, род *Aphthovirus*). Отсутствие оболочки указывает на то, что вирус обладает высокой устойчивостью в окружающей среде. Кроме того, РНК-вирусы демонстрируют частые спонтанные мутации, что приводит к появлению новых линий вируса. По антигенной структуре различают семь иммунологически различных серотипов вируса ящура с неразличимыми клиническими признаками: О, А, С, Азия 1, SAT (Южноафриканские территории) 1, SAT 2 и SAT 3. Восстановление после инфекции или защитная вакцинация от одного серотипа не защитит от последующего заражения другим [9]. Кроме большого разнообразия серотипов вируса, внутри каждого из них может встречаться несколько антигенных вариантов – штаммов [10].

Распространение. Ящур эндемичен на обширных территориях Африки, Азии и Южной Америки. Вирус ящура демонстрирует способность пересекать международные границы и вызывать эпидемии в ранее благополучных районах, о чем свидетельствует эпидемия 2001 г. в Великобритании и континентальной Европе, вспышки в 2000 г. в Японии и Южной Корее [11]. Было подсчитано, что прямые затраты на ликвидацию эпидемии в Великобритании в 2001 году составили 2,75 миллиарда фунтов стерлингов. Косвенные издержки от совокупных потерь сельскохозяйственного экспорта и торговли точно оценить трудно, но, вероятно, они составили дополнительные 5,25 миллиарда фунтов стерлингов.

В последние годы значительные улучшения эпизоотической обстановки произошли в Южной Америке и Юго-Восточной Азии. Европа, Северная и Центральная Америка, тихоокеанские, карибские острова официально признаны МЭБ свободными от ящура без вакцинации.

В России, начиная с 2006 года, ящур диагностировался ежегодно (рис. 1). За период 2018-2020 гг. территория Российской Федерации оставалась неблагополучной по этой инфекции. В 2018 г. ящур был диагностирован на территории Забайкальского края, в 2019 г. был выявлен в трёх субъектах РФ. С начала 2021 года ящур в России не регистрировался, но в ноябре 2021 г. новая вспышка ящура была зафиксирована в Забайкальском крае¹, которая носила массовый характер. Данный регион часто становится неблагополучным по ящуру, что, с одной стороны, связано с его приграничным положением, а с другой – особенностями местного скотоводства – животные выпасаются безнадзорно, своевременная профилактика болезни в ряде случаев не проводится.

По данным Россельхознадзора на 01.12.2022 года, ящур на территории России не регистрировался. В целом наибольшая угроза заноса вируса ящура на территорию Российской Федерации имеет место при ввозе инфицированной (или контаминированной) продукции животного происхождения, особенно с сопредельных стран. Неблагополучными по ящуру странами (данные МЭБ на 31.10.2022)², имеющими общие границы или торговые (туристические) связи с Российской Федерацией, в настоящее время остаются: Казахстан, Монголия, Китай, Израиль, Индонезия, ОАЭ, Палестина, Алжир, Ботсвана, Замбия, Зимбабве, Малави, Мозамбик, Тунис, ЮАР. Проведенный анализ эпизоотической ситуации по ящуру в мире, в первую очередь в странах, которые граничат с Россией, а также в сопредельных государствах, свидетельствует о том, что данная болезнь остаётся серьёзной угрозой для ветеринарной службы нашей страны.

Восприимчивые животные. К ящуру восприимчивы крупный рогатый скот, буйволы, овцы, свиньи, козы. Наряду с этими основными домашними видами известно более 70 других восприимчивых видов животных [12]. Из диких видов животных наиболее восприимчивы к ящуру дикие свиньи, африканские буйволы, олени, яки. Верблюды, ламы и альпаки также могут быть инфицированы, хотя болезнь у этих видов часто протекает субклинически, а их эпизоотологическая значимость неясна. Важно отметить, что ящур является зоонозом и передается человеку от зараженного животного [13].

¹Эпидситуация по ящуру в Российской Федерации. Хронология. [Электронный ресурс].

URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/iac/rt/yashchur/hronologiya> (дата обращения: 27.10.2022).

²WAHIS: Всемирная информационная система здоровья животных [Электронный ресурс].

URL: <https://wahis.woah.org/#/event-management> (дата обращения: 15.11.2022).



Рис. 1. Эпизоотическая ситуация по ящуру в России с 2006 по 2021 год /
Fig. 1. FMD epizootic situation in Russia from 2006 to 2021

Патогенез. Первичная репликация вируса ящура происходит в верхних дыхательных путях с последующей вирусемией, вследствие чего возникает лихорадка и связанные с ней вялость, анорексия, снижение молочной продуктивности [14]. Вторичная репликация вируса происходит в эпителиальных участках, включая копытный венчик, ткани между копытцами, язык, десны, соски, ткани сердца у молодняка. В местах вторичной репликации образуются пузырьки (везикулы), которые затем разрываются с образованием эрозий. По внешнему виду этих поражений можно оценить период заражения животного, что важно для эпизоотологических исследований. Вирус ящура выделяется при разрыве везикул, с выдыхаемым воздухом, а также может быть обнаружен во всех экскретах. Выделение вируса может происходить за 2 дня до или при появлении клинических признаков, но экспериментально вирус может быть обнаружен в молоке за 4 дня до появления клинических признаков [6].

Наиболее вероятны два основных пути заражения животных: воздушно-капельный и алиментарный. Для всех видов восприимчивых животных при алиментарной инфекции требуются более высокие дозы вируса, чем

при респираторной инфекции. Наряду с этими первичными путями заражения, животные также могут заразиться через ссадины, загрязненные инструменты или искусственное осеменение [6, 14].

У жвачных животных основной путь проникновения возбудителя – воздушно-капельный, где даже очень низкая доза вируса может инициировать инфекцию. По сравнению со жвачными, свиньи относительно устойчивы к воздушно-капельному заражению и чаще заражаются алиментарным путем, в то время как у жвачных животных такой механизм передачи встречается редко. Кормление свиней пищевыми отходами, содержащими инфицированный материал, является потенциальным путем проникновения ящура на благополучные территории [15].

Инкубационный период может варьироваться от 1 до 14 дней (очень редко бывает короче одного дня). Наиболее вероятный срок инкубационного периода – от 2 до 6 дней. Выделение вируса может начаться за 2 дня до появления клинических признаков, достигает пика в течение двух дней от момента появления клинических признаков и прекращается чаще всего через 4-5 дней после их появления [14].

Большое количество вируса обычно выделяется с выдыхаемым воздухом, особенно у свиней. Инфицированная свинья может производить до 400 миллионов инфекционных доз в день, жвачные животные выделяют максимум 120 тысяч доз. По этой причине свиньи рассматриваются как важные резервуары ящура, способные производить огромное количество вируса, передающегося воздушно-капельным путем. Это особенно важно, если ящуром заражено большое количество свиней, содержащихся вместе. В этом случае создаются шлейфы переносимого по воздуху вируса, что может привести к заражению животных в помещениях, находящихся на значительном удалении [16].

Клинические признаки. Характерные клинические признаки ящура – угнетённое

состояние, анорексия, лихорадка, хромота, животные часто принимают лежачее положение, снижение молочной продуктивности, гиперсаливация (характерные «чмокающие» звуки у крупного рогатого скота), везикулы и эрозии на носовом зеркале, внутри ротовой полости, на внутренней поверхности бедра и в межкопытцевой щели (рис. 2), внезапная смерть у новорожденных животных, аборт. Ящур вызывает тяжелое и часто изнурительное состояние в острой фазе, особенно у крупного рогатого скота и свиней. Хотя большинство пораженных животных выздоравливают, такие последствия, как хронические инфекции копытца или мастит, могут повлиять на здоровье и продуктивность животных спустя долгое время после острого течения болезни [6].



Рис. 2. Клиническая картина ящура у крупного рогатого скота. Поражения ротовой полости (а), копытца (б), вымени (в)³ /

Fig. 2. Clinical signs of foot and mouth disease in cattle. Lesions of the mouth (a), hooves (b), udder (c)

У крупного рогатого скота и свиней инфекция проявляется явной клинической картиной, что позволяет легко распознать болезнь. Ящур у крупного рогатого скота часто протекает тяжело, с выраженным угнетением, анорексией и апатией. У дойных коров снижение лактации часто происходит до появления других клинических признаков. Слюнотечение может быть обильным, больные животные могут скрипеть зубами из-за боли во рту. Также наблюдается внезапная гибель телят из-за миокардита, а у стельных коров – аборты. Признаки обычно более выражены у крупного рогатого скота европейских пород, таких как фризская или джерсейская [17].

Ящур у свиней обычно протекает тяжело, свиньи неохотно встают и визжат от боли, если их заставляют ходить. Некоторые животные могут вынужденно принимать позу «сидячей собаки». На носовом зеркале, в ротовой полости и на конечностях обнаруживаются

везикулы или разрывы кожи. Поражения наиболее заметны на копытцах, где они формируются на венечном тяже, а также на пяточном бугорке или в межпальцевой щели (рис. 3). Возможно отторжение копытного башмака. У поросят может наступить внезапная смерть из-за миокардита [18].

Мелкие жвачные – овцы и козы – часто проявляют лишь легкие клинические признаки ящура [19]. Везикулы часто очень маленькие и их трудно увидеть. На копытцах везикулы присутствуют на венечной полосе, а также в межпальцевом пространстве. Эти симптомы могут быть упущены владельцами скота или ветеринарами. Ящурные поражения у овец, особенно на конечностях, могут быть транзиторными и быстро заживать или вторично инфицироваться другими патогенами, что может осложнить диагностику. Возможна внезапная гибель ягнят из-за миокардита и абортов у взрослых беременных овец [20].

³Ящур. Введение. Курсы EuFMD [Электронный ресурс].

URL: <https://eufmdlearning.works/enrol/index.php?id=118> (дата обращения: 14.07.2022).

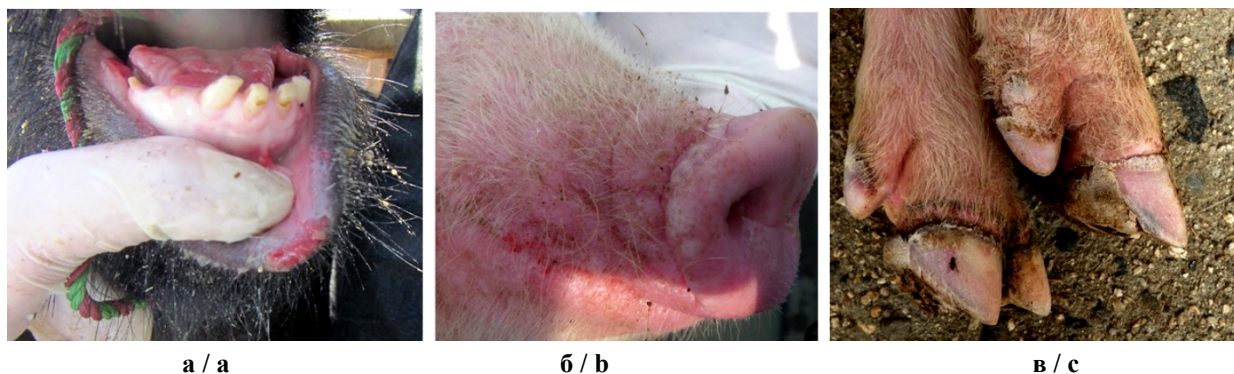


Рис. 3. Клиническая картина ящура у свиней. Поражения в ротовой полости (а), на пятачке (б), на копытцах (в)⁴/

Fig. 3. Clinical signs of foot and mouth disease in pigs. Lesions in the mouth (a), on the patch (b), on the hooves (c)

Иммунитет к ящуру в первую очередь опосредован антителами. Антитела начинают выявляться через 3-5 дней после появления первых клинических признаков, а высокие уровни антител регистрируют через 2-4 дня (5-9 дней после появления клинических признаков) [14]. Ящурные повреждения заживают примерно в течение 10 дней. Вторичные последствия ящура, такие как бактериальные инфекции копытцев или мастит, могут приводить к тому, что полное выздоровление занимает гораздо больше времени [18].

Титр антител у жвачных животных остается высоким и выявляется в течение нескольких лет после заражения. У свиней, напротив, антитела могут обнаруживаться только в течение нескольких месяцев, особенно у быстрорастущего молодняка [6].

Носительство. После клинического выздоровления до 50 % жвачных животных становятся персистентно инфицированными, причем это происходит независимо от иммунного статуса животного. Животное, у которого вирус сохраняется в ротоглотке более 28 дней после заражения, считается «носителем» [4, 21, 22].

В эндемичных по ящуру странах крупный рогатый скот не играет важной роли в эпизоотологии ящура [23]. Вероятность передачи от крупного рогатого скота-носителя, не имеющего клинических признаков болезни, другому животному того же вида низка или незначительна, за исключением роли африканских буйволов в Южной Африке. Имеются данные о вспышках в Зимбабве в 1989 и 1991 гг., которые связывают африканских буйволов со

вспышками ящура среди крупного рогатого скота [4]. Экспериментально была продемонстрирована передача инфекции от буйвола-носителя крупному рогатому скоту.

В качестве одной из мер борьбы с ящуром все потенциальные носители (т. е. инфицированные животные) должны быть уничтожены, даже если они клинически здоровы. Только в этом случае страна будет иметь статус благополучной по ящуру [4].

Диагностика. Лабораторная диагностика применяется для подтверждения или исключения ящура после клинического подозрения. Лабораторные исследования также могут дать дополнительную информацию, полезную для эпизоотологических расследований, такую как серотип и штамм присутствующего вируса. Эта информация важна для понимания происхождения вируса, а также для выбора вакцины. В зависимости от стадии заболевания могут быть взяты пробы для выявления вируса ящура или для выявления антител к нему [24].

Риск заноса ящура и меры его снижения. Вероятность завоза ящура из другой страны или региона определяется наличием в этом регионе хотя бы одного положительного случая в год [7]. Ключевые факторы риска заноса вируса – введение в стадо нового животного с неизвестным статусом вакцинации от ящура, сезонность, отсутствие вакцинации, размер стада. Незаконный ввоз продуктов животного происхождения из стран, неблагополучных по ящуру, остается одним из основных рисков его заноса. Такие продукты могут попасть животным, восприимчивым к ящуру [25, 26, 27, 28].

⁴URL: <https://eufmdlearning.works/enrol/index.php?id=118>

Используя эпизоотологические подходы, можно определить основные факторы риска, важные для возникновения ящура в отдельных регионах. Инструменты исследования должны включать интервью с владельцами животных и структурированные опросники. Данные опросов показывают, что совместный выпас, неконтролируемое перемещение и рынки по продаже скота являются основными факторами риска возникновения ящура [29, 30]. В других исследованиях доказано, что регион, возраст и порода у крупного рогатого скота также имеют статистически значимую связь с серопозитивностью ($p < 0,05$) [17, 31].

Высокий риск заноса ящура из неблагополучной на свободную от инфекции территорию связан с контагиозной природой ящура. Факторы риска заноса вируса включают: низкие инфекционные дозы; большое количество вируса, выделяемого инфицированными животными; способность вируса сохраняться в окружающей среде и на контаминированных предметах; широкий круг хозяев и низкую смертность [32].

Для инфицирования ящуром требуются достаточно низкие инфекционные дозы, а вирус продуцируется в очень больших количествах инфицированными животными, он присутствует во всех секретах и выделениях [33]. Ящур является болезнью с высокой заболеваемостью и низкой смертностью, поэтому инфицированные животные сохраняют жизнеспособность для заражения других [25].

Вирус способен сохраняться в окружающей среде и на инфицированных предметах [33]. Выживание вируса ящура в окружающей среде зависит от ее рН, температуры, влажности и исходной концентрации. Выживанию возбудителя благоприятствует повышенная влажность и низкая температура. Высокая исходная концентрация вируса будет способствовать более длительному выживанию, по крайней мере, некоторых вирусных частиц.

Важно отметить, что вирус ящура чувствителен к небольшим изменениям рН, и возможный риск его распространения можно снизить, если проводить адекватную очистку и дезинфекцию [34]. Вирус инактивируется при рН ниже 6,5 и выше 9,0 [35].

Основной риск заноса ящура исходит от перевозчиков скота. Меры, направленные на контроль за ввозом животных из стран, где заболевание носит эндемический или спорадический характер, варьируются от полного эмбарго до карантина и тестирования [36].

Вирус ящура может переноситься на обуви, одежде или других предметах, перевозимых людьми или транспортными средствами, перемещающимися между благополучными и неблагополучными по ящуру странами. Люди, непосредственно работающие с восприимчивым к ящуру скотом, представляют особый риск [37].

Дикие кабаны и олени в Европе и других регионах мира являются бесконтрольными переносчиками вируса ящура, так как могут свободно перемещаться между странами, благополучными и неблагополучными по ящуру [38].

Риск распространения ящура и меры его снижения. Чтобы проводить расследование вспышки ящура, необходимо понимать потенциальные пути его распространения, среди которых выделяют: прямой контакт с животными; продукты животного происхождения; механическое распространение; ветер [16, 33].

Когда вспышка ящура происходит в ранее благополучной стране, жизненно важной частью реагирования на вспышку является проведение тщательного расследования ее возникновения. Эпизоотологическое расследование должно определить:

1. Как долго регистрируется заболевание?
2. Возможные источники заноса болезни: откуда взялась болезнь?
3. Какие перемещения животных, людей, транспортных средств или других предметов быта могли привести к дальнейшему распространению болезни: куда могла передаться болезнь?
4. Масштабы проблемы: количество и доля пораженных животных, определение эпидемиологических единиц и популяции, подверженной риску [39].

Для выявления источника вируса используют метод построения временной шкалы, который является полезным способом представления периодов времени, в течение которых могло иметь место заражение и передача болезни, что помогает при расследовании вспышек [40]. Для построения шкалы определяют временное «окно», когда вирус мог быть занесен на данную территорию, исходя из инкубационного периода, и временное «окно», когда могла произойти дальнейшая передача ящура, с использованием периода экскреции вируса. Для этого используется метод, называемый «lesion ageing» («старение поражения»), чтобы определить вероятную дату, когда кли-

нические признаки ящура впервые появились у данных животных. Объединив знания об инкубационном периоде и периоде экскреции, можно определить эти временные «окна» [41].

После того, как временная шкала установлена, следующим шагом является её использование для отслеживания источника и распространения, чтобы установить контакты, которые могли привести к передаче вируса в расчетные временные «окна». К контактам относятся перемещения животных, продуктов животного происхождения и предметов (включая одежду людей и транспортные средства). Информация собирается для определения дат и типов, имевших место контактов. Сбор информации обычно включает в себя: опрос владельцев скота и персонала, работающего на территории; изучение планировки фермы и ведения хозяйства; чтение записей, таких как журналы посещений или записи перемещений животных.

Биобезопасность – реализация мероприятий, снижающих риск заноса и распространения возбудителя болезни. Биобезопасность требует определенного отношения и поведения, чтобы снизить риск во всех видах деятельности, связанных с животными и их продуктами. Ветеринарный персонал, посещающий фермы во время вспышки ящура, находится в тесном контакте с зараженными животными и часто перемещается между помещениями. Поэтому он представляет собой высокий риск распространения ящура. Ветеринары должны подавать пример и демонстрировать надлежащую биобезопасность, чтобы побудить другой персонал применять аналогичные меры. Необходимо соблюдать полную биобезопасность при посещении любых помещений, где есть подозрение на ящур [42].

Существуют три ключевых принципа обеспечения биобезопасности: изоляция, очистка, дезинфекция. На входе в помещение, где есть подозрение на ящур, должен быть установлен входной пункт биозащиты со средствами дезинфекции. На выходе из помещения, где есть подозрение на ящур, также должен быть установлен выходной пункт биозащиты со средствами дезинфекции [43].

После подтверждения диагноза необходимо определить границы зон защиты и

наблюдения. Защитная зона – территория вокруг зараженного ящуром хозяйства радиусом не менее 3 км, в пределах которой реализуются меры по выявлению новых случаев ящура и предотвращению распространения. Зона наблюдения аналогична зоне защиты, но имеет радиус не менее 10 км. Точные границы этих зон не обязательно должны быть круглыми, они должны учитывать естественные преграды, административные границы и другую соответствующую информацию.

В пределах защитной зоны применяются следующие меры:

1. Все животноводческие хозяйства должны быть зарегистрированы и проведен учет (перепись) всех животных.

2. Все восприимчивые животные в этих хозяйствах должны периодически проходить ветеринарный осмотр.

3. Восприимчивых животных нельзя перемещать из их владений, за исключением случаев экстренного убоя под официальным надзором.

4. Продукты животного происхождения, произведенные в защитной зоне, нельзя продавать или перемещать, за исключением определенных обстоятельств.

Меры, применяемые в защитной зоне, должны действовать в течение не менее 15 дней после забоя зараженных животных, проведения первой очистки и дезинфекции в зараженном хозяйстве и завершения надзора с отрицательными результатами во всех хозяйствах в пределах зоны. Меры, принимаемые в зоне наблюдения, в основном такие же, как и в пределах защитной зоны. Основное внимание исследований уделяется защитной зоне, поэтому в зоне наблюдения могут быть приняты менее интенсивные меры⁵.

Риск эндемизации и меры его снижения. Для скорейшего устранения последствий вспышки ящура на ранее благополучной территории и снижения риска эндемизации необходимо использовать дополнительные стратегии борьбы с болезнью. В дополнение к описанным ранее, меры контроля могут также включать более широкий запрет на передвижение скота и выбраковку контактных животных. В некоторых сценариях могут потребоваться дальнейшие действия для эффективного контроля

⁵URL: <https://eufmdlearning.works/enrol/index.php?id=118>

вспышки: депопуляция восприимчивых животных в пределах определенного радиуса от зараженного очага; экстренная (защитная или тотальная) вакцинация [44].

Вакцины против ящура широко используются для борьбы с болезнью в эндемичных регионах [45]. Вакцины применяются в качестве рутинного профилактического средства или как часть экстренного реагирования на вспышку. Профилактическая вакцинация против ящура была отменена в Европейском союзе в 1992 г., и в настоящее время вакцинация применяется только в ответ на вспышку [44].

Важно отметить, что вакцинация не всегда предотвращает инфекцию, поскольку некоторые вакцинируемые животные могут быть персистоно инфицированы [46]. Но даже в этом случае риск возникновения ящура снижается примерно на 50 % [47, 48]. Необходимо отметить, что меры, направленные на повышение доступности вакцин и распространение информации о профилактике заболевания и методах вакцинации в хозяйствах любого размера, могут повысить уровень вакцинации от ящура и тем самым снизить риск возникновения вспышки [49, 50, 51].

Защитная вакцинация включает в себя вакцинацию определенных групп животных на территории для защиты их от инфекции. Она обычно проводится за пределами зараженного района и до контакта с ним. Защитная вакцинация применяется в качестве кольцевой вакцинации или направлена на предприятия с высокой степенью риска или высокой стоимостью, такие как зоопарки или центры репродукции. Обычно предполагается, что вакцинированные и неинфицированные животные останутся в популяции после вспышки [44].

Тотальная вакцинация включает вакцинацию животных в пределах известной зараженной зоны для снижения передачи вируса. Её можно использовать в случаях: когда возможности по отбраковке и утилизации туш в течение короткого периода времени исчерпаны; когда инфраструктура находится в плохом состоянии, человеческие ресурсы недостаточны или санитарный убой задерживается; для преодоления проблем, связанных с ограничениями передвижения [44].

Дальнейшее использование вакцинированных животных влияет на «период ожидания», прежде чем страна сможет подать заявку в МЭБ на официальное освобождение от ящура [52]. Страна, ранее неблагополучная по ящуру, может восстановить статус страны благополучной тремя способами:

1. Убой инфицированных животных, отсутствие вакцинации, серологический надзор для подтверждения отсутствия инфекции (минимум 3 месяца ожидания).

2. Убой инфицированных животных, вакцинация для удаления (удаление всех вакцинированных животных из популяции), серологический надзор для подтверждения отсутствия инфекции (минимум 3 месяца ожидания).

3. Убой инфицированных животных, остаточная вакцинация (вакцинированные животные остаются в популяции), серологический надзор для подтверждения отсутствия инфекции (минимум 6 месяцев ожидания)⁶.

Заключение. Эпизоотологическая значимость ящура определяется различными факторами. Так, множество хозяйств, способность инфицировать малыми дозами, высокая скорость репликации и обильная экскреция, а также персистентность предопределяют разнообразие источников вируса, их высокую биологическую опасность и риск несвоевременной диагностики. Множественные пути передачи вируса, включая распространение по воздуху и бесконтрольную межгосударственную торговлю, способствуют его широкому и, что самое главное, свободному распространению болезни. Данные обстоятельства диктуют необходимость применения жестких мер контроля, включая убой больных и потенциально инфицированных животных, запрет торговли. При этом вакцинация не является панацеей от ящура и условием снятия эмбарго на торговлю животными и продукцией животноводства с эндемичных по ящуру стран. Наибольший риск представляет трансграничный занос ящура как из стран, непосредственно граничащих с Российской Федерацией (Казахстан, Китай, Монголия), так и из стран, осуществляющих импорт животноводческой продукции и кормов.

⁶Кодекс здоровья наземных животных МЭБ. Т.1. Общие положения. 2021. 535 с.

URL: https://tr-europe.waoh.org/wp-content/uploads/2022/06/oie_terrestrial_code_vol-1-2021_ru.pdf

References

1. Yang P. C., Chu R. M., Chung W. B., Sung H. T. Epidemiological characteristics and financial costs of the 1997 foot-and-mouth disease epidemic in Taiwan. *Veterinary Record*. 1999;145(25):731-734. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.145.25.731>
2. Callens M., De Clercq K., Gruia M., Danes M. Detection of foot-and-mouth disease by reverse transcription polymerase chain reaction and virus isolation in contact sheep without clinical signs of foot-and-mouth disease. *Veterinary Quarterly*. 1998;20 Suppl 2:S37-40. DOI: <https://doi.org/10.1080/01652176.1998.9694964>
3. Donaldson A. I., Alexandersen S., Sorensen J. H., Mikkelsen T. Relative risks of the uncontrollable (airborne) spread of FMD by different species. *Veterinary Record*. 2001;148(19):602-604. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.148.19.602>
4. Alexandersen S., Zhan & Z., Donaldson A. Aspects of the persistence of foot-and-mouth disease virus in animals- the carrier problem. *Microbes and Infection*. 2002;4(10):1099-1110. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(02\)01634-9](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(02)01634-9)
5. Donaldson A. I., Kihm U. Research and technological developments required for more rapid control and eradication of foot-and-mouth disease. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. 1996;15(3):863-873. DOI: <https://doi.org/10.20506/RST.15.3.957>
6. Alexandersen S., Zhang Z., Donaldson A. I., Garland A. J. The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *Journal of Comparative Pathology*. 2003;129(1):1-36. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0021-9975\(03\)00041-0](https://doi.org/10.1016/s0021-9975(03)00041-0)
7. Wang J., Chen J., Zhang S., Ding Y., Wang M., Zhang H., Liang R., Chen Q., Niu B. Risk assessment and integrated surveillance of foot-and-mouth disease outbreaks in Russia based on Monte Carlo simulation. *BMC Veterinary Research*. 2021;17:268. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02967-x>
8. Knight-Jones T. J. D., Rushton J. The economic impacts of foot and mouth disease - what are they, how big are they and where do they occur? Review. *Preventive Veterinary Medicine*. 2013;112(3-4):161-173. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.07.013>
9. Jamal S. M., Belsham G. J. Foot-and-mouth disease: past, present and future. *Veterinary Research*. 2013;44:116. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-116>
10. Ludi A. B., Horton D. L., Li Y., Mahapatra M., King D. P., Knowles N. J., Russell C. A., Paton D. J., Wood J. L. N., Smith D. J., Hammond J. M. Antigenic variation of foot-and-mouth disease virus serotype A. *Journal of General Virology*. 2014;95(2):384-392. DOI: <https://doi.org/10.1099/vir.0.057521-0>
11. Knowles N. J., Samuel A. R., Davies P. R., Kitching R. P., Donaldson A. I. Outbreak of foot-and-mouth disease virus serotype O in the UK caused by a pandemic strain. *Veterinary record*. 2001;148:258-259.
12. Coetzer J. A. W., Thomsen G. R., Tustin R. C. Kriek N. P. J. *Infectious Diseases of Livestock: with Special Reference to Southern Africa*. Oxford University Press, Cape Town. 1994. pp. 825-852.
13. Premph H., Smith R., Müller B. Foot and mouth disease: the human consequences. The health consequences are slight, the economic ones huge. *BMJ*. 2001;10;322:565. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.322.7286.565>
14. Charleston B., Rodriguez L. L. Understanding Foot-and-Mouth Disease Virus Early Pathogenesis and Immune Responses. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2011;58(4):281-282. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2011.01237.x>
15. Dame-Korevaar A., Boumans I. J. M. M., Antonis A. F. G., van Klink E., de Olde E. M. Microbial health hazards of recycling food waste as animal feed. *Future Foods*. 2021;4:100062. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100062>
16. Coffman M. S., Sanderson M. W., Dodd C. C., Arzt J., Renter D. G. Estimation of foot-and-mouth disease windborne transmission risk from USA beef feedlots. *Preventive Veterinary Medicine*. 2021;195:105453. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105453>
17. Woldemariam F. T., de Vleeschauwer A., Hundessa N., Muluneh A., Gizaw D., Tinel S., de Clercq K., Lefebvre D., Paeshuysse J. Risk Factor Assessment, Sero-Prevalence, and Genotyping of the Virus That Causes Foot-and-Mouth Disease on Commercial Farms in Ethiopia from October 2018 to February 2020. *Agriculture*. 2022;12(1):49. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12010049>
18. Kitching R. P., Alexandersen S. Clinical variation in foot and mouth disease: pigs. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*. 2002;21(3):513-518. DOI: <https://doi.org/10.20506/rst.21.3.1367>
19. Dekker A., Moonen P., Pol J. M. A. Linear hoof defects in sheep infected with foot-and-mouth disease. *Veterinary Record*. 2005;156(18):572-575. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.156.18.572>
20. Muthukrishnan M., Singanallur B. N., Villuppanoor A. S. Experimental Infection of Foot and Mouth Disease in Indian Sheep and Goats. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;7:356. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00356>
21. Suttmoller P., Gaggero A. Foot-and mouth diseases carriers. *Veterinary Record*. 1965;77(33):968-969. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.77.33.968>

22. Díez J., Hofner M., Domingo E., Donaldson A. I. Foot-and-mouth disease virus strains isolated from persistently infected cell cultures are attenuated for mice and cattle. *Virus Research*. 1990;18(1):3-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1702\(90\)90084-o](https://doi.org/10.1016/0168-1702(90)90084-o)
23. Dekker A., Vernooij H., Bouma A., Stegeman A. Rate of Foot-and-Mouth Disease Virus Transmission by Carriers Quantified from Experimental Data. *Risk Analysis*. 2008;28(2):303-309. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01020.x>
24. Wong C. L., Yong C. Y., Ong H. K., Ho K. L., Tan W. S. Advances in the Diagnosis of Foot-and-Mouth Disease. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;7:477. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00477>
25. Ali I., Rehman A., Mushtaq M. H., Ijaz M., Khaliq M. S., Khan M. S. U., Khalid S., Masud A., Abbas A., Parveen S., Saman A., Sauter-Louis C., Conraths F. J. Outbreak investigation and identification of risk factors associated with the occurrence of foot and mouth disease in Punjab, Pakistan. *Preventive Veterinary Medicine*. 2022;202:105613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105613>
26. Dubie T., Negash W. Seroprevalence of bovine foot and mouth disease (FMD) and its associated risk factors in selected districts of Afar region, Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science*. 2021;7(5):1678-1687. DOI: <https://doi.org/10.1002/vms3.574>
27. Haoran W., Jianhua X., Maolin O., Hongyan G., Jia B., Li G., Xiang G., Hongbin W. Assessment of foot-and-mouth disease risk areas in mainland China based spatial multi-criteria decision analysis. *BMC Veterinary Research*. 2021;17(1):374. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03084-5>
28. Rahman A. K. M. A., Islam S. K. S., Sufian M. A., Talukder M. H., Ward M. P., Martínez-López B. Foot-and-mouth disease space-time clusters and risk factors in cattle and buffalo in Bangladesh. *Pathogens*. 2020;9(6):423. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9060423>
29. Kerfua S. D., Nantima N., Ademun R., Ayebazibwe C., Okuthe S., Sserugga J., Ejobi F., Atim S., Lumu P. Using participatory epidemiology tools to determine perceived risk factors for foot-and-mouth disease occurrence in selected sub-counties of Isingiro district in Uganda. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*. 2021;13(4):160-166. DOI: <https://doi.org/10.5897/jvmah2020.0899>
30. Sansamur C., Arjkumpa O., Charoenpanyanet A., Punyapornwithaya V. Determination of risk factors associated with foot and mouth disease outbreaks in dairy farms in Chiang Mai Province. Northern Thailand. *Animals*. 2020;10(3):512. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10030512>
31. Ahmed B., Megersa L., Mulatu G., Siraj M., Boneya G. Seroprevalence and Associated Risk Factors of Foot and Mouth Disease in Cattle in West Shewa Zone, Ethiopia. *Veterinary Medicine International*. 2020:6821809. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6821809>
32. Kitching R. P., Hutber M., Thrusfield M. V. A review of foot-and-mouth disease with special consideration for the clinical and epidemiological factors relevant to predictive modeling of the disease. *The Veterinary Journal*. 2005;169(2):197-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.06.001>
33. Bartley L. M., Donnelly C. A., Anderson R. M. Review of foot-and-mouth disease virus survival in animal excretions and on fomites. *Veterinary Record*. 2002;151(22):667-669. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.151.22.667>
34. Jansen van Vuren P., Singanallur N. B., Keck H., Eschbaumer M., Vosloo W. Chemical inactivation of foot-and-mouth disease virus in bovine tongue epithelium for safe transport and downstream processing. *Journal of Virological Methods*. 2022;305:114539. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JVIROMET.2022.114539>
35. Caridi F., Vázquez-Calvo A., Sobrino F., Martín-Acebes M. A. The pH Stability of Foot-and-Mouth Disease Virus Particles Is Modulated by Residues Located at the Pentameric Interface and in the N Terminus of VP1. *Journal of Virology*. 2015;89(10):5633-5642. DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.03358-14>
36. Osmani A., Robertson I. D., Habib I. Seroprevalence and risk factors for foot-and-mouth disease in cattle in Baghlan Province, Afghanistan. *Veterinary Medicine and Science*. 2021;7(4):1263-1275. DOI: <https://doi.org/10.1002/vms3.477>
37. Auty H., Mellor D., Gunn G., Boden L. A. The Risk of Foot and Mouth Disease Transmission Posed by Public Access to the Countryside During an Outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019;6:381. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00381>
38. Croft S., Aegerter J. N., Massei G., Smith G. C. The risk of foot-and-mouth disease becoming endemic in a wildlife host is driven by spatial extent rather than density. *PLoS ONE*. 2019;14(6):e0218898. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218898>
39. Yano T., Premashthira S., Dehyong T., Tangtrongsup S., Salman M. D. The Effectiveness of a Foot and Mouth Disease Outbreak Control Programme in Thailand 2008-2015: Case Studies and Lessons Learned. *Veterinary Sciences*. 2018;5(4):101. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci5040101>
40. Cottam E. M., Thébaud G., Wadsworth J., Gloster J., Mansley L., Paton D. J., King D. P., Haydon D. T. Integrating genetic and epidemiological data to determine transmission pathways of foot-and-mouth disease virus. *Proceedings of the Royal Society B*. 2008;275(1637):887-895. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1442>

41. Haydon D. T., Chase-Topping M., Shaw D. J., Matthews L., Friar J. K., Wilesmith J., Woolhouse M. E. The construction and analysis of epidemic trees with reference to the 2001 UK foot-and-mouth outbreak. *Proceedings of the Royal Society B*. 2003;270(1511):121-127. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2191>
42. Yang Q., Gruenbacher D. M., Brase G. L., Heier Stamm J. L., DeLoach S. A., Scoglio C. M. Simulating human behavioral changes in livestock production systems during an epidemic: The case of the US beef cattle industry. *PLoS ONE*. 2021;16(6):e0253498. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253498>
43. McFadden A., Rawdon T. G., Poulin A., Abila R., Dacre I., Sutar A., Zaari S., Win T. T., Khounsy S., Muellner P. Biosecurity in endemic foot and mouth disease settings: a case study of foot and mouth disease vaccination in South-East Asia. *Revue Scientifique et Technique*. 2019;38(3):681-694. DOI: <https://doi.org/10.20506/rst.38.3.3017>
44. Cox S., Barnett P. Experimental evaluation of foot-and-mouth disease vaccines for emergency use in ruminants and pigs: a review. *Veterinary Research*. 2009;40(3):13. DOI: <https://doi.org/10.1051/vetres:2008051>
45. Doel T. Natural and vaccine induced immunity to FMD. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 2005;288:103-131. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-27109-0_5
46. Knight-Jones T. J. D., Edmond K., Gubbins S., Paton D. J. Veterinary and human vaccine evaluation methods. *Proceedings of the Royal Society B*. 2014;281(1784):20132839. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2839>
47. Gunasekera U., Biswal J. K., Machado G., Ranjan R., Subramaniam S., Rout M., Mohapatra J. K., Pattnaik B., Singh R. P., Arzt J., Perez A., VanderWaal K. Impact of mass vaccination on the spatiotemporal dynamics of FMD outbreaks in India, 2008-2016. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022;69(5):e1936-e1950. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.14528>
48. Bouziri A., Sebai A., Kebir A., Khames M., Hamdi T. M., Khelef D. Fièvre aphteuse chez les bovins et les petits ruminants en Algérie. Enquête séroépidémiologique dans la région de l'ouest. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 2021;74(4):225-230. DOI: <https://doi.org/10.19182/remvt.36815>
49. Win T. T. Z., Campbell A., Soares Magalhaes R. J., Oo K. N., Henning J. What drives small-scale farmers to vaccinate their multiple livestock species animals against common infectious diseases in Myanmar? *PLoS ONE*. 2021;16(10):e0258765. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258765>
50. Han J. H., Subharat S., Wada M., Vink D., Phiri B. J., Sutar A., Abila R., Khounsy S., Heuer C. Impact of risk-based partial vaccination on clinical incidence and seroprevalence of foot and mouth disease in Lao PDR. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022;69(4):e309-e321. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.14299>
51. Park M. Y., Han Y. J., Choi E. J., Kim H. Y., Pervin R., Shin W., Kwon D., Kim J. M., Pyo H. M. Post-vaccination Monitoring to Assess Foot-and-Mouth Disease Immunity at Population Level in Korea. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:673820. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.673820>
52. Barnett P., Geale D., Clarke G., Davis J., Kasari T. A review of OIE country status recovery using vaccination-to-live versus vaccination-to-die Foot-and-Mouth Disease response policies I: Benefits of higher potency vaccines and associated NSP DIVA test systems in post-outbreak surveillance. *Transboundary and emerging diseases*, 2013;62(4):367-387. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12166>

Сведения об авторах

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

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

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

Хайбрахманова Светлана Шагитовна, кандидат вет. наук, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5239-8036>

Жучкова Ольга Владимировна, исследователь, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5688-9571>

Гребнев Никита Андреевич, исследователь, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1305-5822>

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

Information about the authors

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

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

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

Svetlana Sh. Khaibrakhmanova, PhD in Veterinary, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5239-8036>

Olga V. Zhuchkova, researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5688-9571>

Nikita A. Grebnev, researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1305-5822>

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

✉ – Для контактов / Corresponding author