



DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-331-336
УДК 619:616.98:578.835.2:616-076



Биологические свойства штамма А 2205/G-IV вируса ящура

М. В. Сидоровская, С. Н. Фомина, В. В. Никифоров, Т. А. Комарова, М. А. Шевченко, Н. А. Колчанов, С. Р. Кременчугская
ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), г. Владимир, Россия

РЕЗЮМЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения животных (ВОЗЖ), в странах Африки регулярно регистрируют ящур среди домашних и диких парнокопытных животных. Наиболее распространенными на Африканском континенте считаются генетические линии G-I, G-IV, G-VI, G-VII, ASIA/Iran-05 вируса ящура серотипа А. Поскольку Российская Федерация поддерживает тесные торгово-экономические отношения со странами Северной Африки, для нас особый интерес представляет изучение вируса ящура серотипа А генетической линии G-IV, который начиная с 2012 г. ежегодно является причиной вспышек инфекции в популяции естественно восприимчивых животных данного региона, при этом существует риск заноса вируса данного генотипа на территорию Российской Федерации. В связи с этим вопросы оценки риска заноса и своевременной диагностики ящура являются актуальными для ветеринарной службы России. В ходе исследований по изучению биологических и антигенных свойств штамма А 2205/G-IV вируса ящура в культурах клеток и организме естественно восприимчивых животных (крупный рогатый скот и свиньи) вирус адаптировали к репродукции в первично трипсинизированной культуре клеток свиной почки (СП), перевиваемых монослойных культурах клеток (IB-RS-2, ПСКГ-30, ЯДК-04, ВНК-21) в течение пяти последовательных пассажей. При наступлении 90–95%-го цитопатического действия в течение 14–19 ч после инфицирования культуры клеток вирус ящура считали адаптированным. Инфекционную активность адаптированного к культурам клеток вируса изучали титрованием микрометодом в культуре клеток IB-RS-2. Оценка антигенного соответствия в реакции микронейтрализации показала значительное отличие изучаемого штамма от производственных вакцинных штаммов А/Турция/06, А₂₂ № 550/Азербайджан/64, А₂₂/Ирак/64, А/Иран/97, А № 2155/Забайкальский/2013, А № 2166/Краснодарский/2013, А № 2269/ВНИИЗЖ/2015 вируса ящура.

Ключевые слова: вирус ящура, генотип, культура клеток, антигенное соответствие штаммов, Африка

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Выявление возбудителей трансграничных заболеваний животных, изучение их биологических свойств, особенностей заноса и распространения болезней, вызываемых данными возбудителями, возможных факторов передачи».

Для цитирования: Сидоровская М. В., Фомина С. Н., Никифоров В. В., Комарова Т. А., Шевченко М. А., Колчанов Н. А., Кременчугская С. Р. Биологические свойства штамма А 2205/G-IV вируса ящура. *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (4): 331–336. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-331-336.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Фомина Светлана Николаевна, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник референтной лаборатории диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», 600901, Россия, г. Владимир, мкр. Юрьевец, e-mail: fomina@arriah.ru.

Biological properties of foot-and-mouth disease virus A 2205/G-IV strain

М. V. Sidorovskaya, S. N. Fomina, V. V. Nikiforov, T. A. Komarova, M. A. Shevchenko, N. A. Kolchanov, S. R. Kremenchugskaya
FGBI "Federal Centre for Animal Health" (FGBI "ARRIAH"), Vladimir, Russia

SUMMARY

According to the World Organisation for Animal Health, foot-and-mouth disease (FMD) is regularly reported in domestic and wild cloven-hoofed animals in Africa. G-I, G-IV, G-VI, G-VII, ASIA/Iran-05 genetic lineages of serotype A FMD virus are considered to be the most widespread on the African continent. Given the close economic and trade relations maintained by the Russian Federation with the countries of North Africa, of particular interest for us is studying the FMD virus of serotype A G-IV genetic lineage, which has been responsible for the infection outbreaks in the naturally susceptible animal population of the said region every year since 2012, and there is a risk of introduction of this virus genotype into the Russian Federation. Therefore, the issues of FMD introduction risk assessment and timely diagnosis are relevant for the Veterinary Service of Russia. FMD virus A 2205/G-IV strain tested for its biological and antigenic properties in cell cultures and naturally susceptible animals (cattle and pigs) was adapted for its reproduction in initially trypsinized porcine kidney (PK) cell culture, continuous monolayer cell cultures (IB-RS-2, PSGK-30, YaDK-04, BHK-21) by five serial passages. The virus was considered to be adapted when 90–95% cytopathic effect developed within 14–19 hours after the cell culture infection. The virus adapted to the cell cultures was tested for its infectivity with microtitration in IB-RS-2 cell culture. The virus strain tested for vaccine matching with microneutralization test (MNT) demonstrated significant difference from production A/Turkey/06, A₂₂ No. 550/Azerbaijan/64, A₂₂/Iraq/64, A/Iran/97, A No. 2155/Zabaikalsky/2013, A No. 2166/Krasnodarsky/2013, A No. 2269/ARRIAH/2015 strains of FMD virus.

Keywords: foot-and-mouth disease virus, genotype, cell culture, vaccine matching, Africa

© Сидоровская М. В., Фомина С. Н., Никифоров В. В., Комарова Т. А., Шевченко М. А., Колчанов Н. А., Кременчугская С. Р., 2023

Acknowledgements: The study was conducted under the governmental programme “Detection of transboundary animal disease agents, studies of their biological properties, introduction and spread patterns of diseases caused by these agents, potential transmission factors”.

For citation: Sidorovskaya M. V., Fomina S. N., Nikiforov V. V., Komarova T. A., Shevchenko M. A., Kolchanov N. A., Kremenchugskaya S. R. Biological properties of foot-and-mouth disease virus A 2205/G-IV strain. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (4): 331–336. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-4-331-336.

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

For correspondence: Svetlana N. Fomina, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI “ARRIAH”, 600901, Russia, Vladimir, Yur’evets, e-mail: fomina@arriah.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Ящур (*Aphthae epizooticae* – лат., Foot and mouth disease – англ.) – острая высококонтагиозная инфекционная болезнь парнокопытных животных, вызываемая эпителиотропным РНК-содержащим вирусом семейства *Picornaviridae* рода *Aphthovirus*, которая характеризуется лихорадкой, гиперсаливацией, афтозным поражением слизистых оболочек ротовой полости, носового зеркальца, кожи свода межкопытцевой щели и венчика, снижением молочной и мясной продуктивности скота [1, 2, 3]. Болезнь впервые была описана в середине XVI века, но и по сей день негативно влияет на развитие мировой торговли и экономики, обеспечение продовольственной безопасности стран, поскольку сопровождается колоссальными убытками в животноводческой отрасли сельского хозяйства [4, 5]. По современной классификации Всемирной организации здравоохранения животных (ВОЗЖ) ящур относится к группе трансграничных инфекций [6].

Вирус ящура имеет 7 значительно отличающихся друг от друга серологических типов (серотипы): А, О, С (не встречается с 2004 г.), SAT-1 (South Africa Territories-1), SAT-2, SAT-3, Asia-1 [7, 8]. Генетическое разнообразие эпизоотических изолятов и отсутствие перекрестной устойчивости у животных к разным серотипам вируса ящура обуславливают его широкое распространение по всему миру. Однако строгое соблюдение ограничительных мер по недопущению ввоза восприимчивого к ящуру скота из неблагополучных регионов на территорию стран, свободных от инфекции, а также использование средств своевременной диагностики и профилактики помогает предупреждать возникновение новых эпизоотий ящура. Тем не менее дикие парнокопытные животные, которые также восприимчивы к вирусу, могут мигрировать на большие расстояния, поддерживая при этом в течение длительного времени постоянную персистенцию возбудителя ящура в стаде [9, 10, 11, 12]. При нахождении на одной территории вместе с домашним скотом дикие парнокопытные выступают источником инфекции, что является одной из причин появления большого количества новых вспышек ящура [13, 14, 15].

От заноса возбудителя данного заболевания не застрахована ни одна страна, даже с высоким уровнем ветеринарного обеспечения, а экономический ущерб для сельского хозяйства при возникновении ящура и дальнейшем распространении инфекции может быть огромным [16]. Данные ВОЗЖ о неблагополучии стран мира по ящуру свидетельствуют о присутствии вируса в популяции восприимчивых животных трех континентов, при этом наибольшее количество эндемичных по ящуру стран регистрируется в Африке [17, 18, 19, 20].

В связи с тем, что Российская Федерация поддерживает тесное торгово-экономическое партнерство с государствами этого географического региона, изучение вируса ящура, циркулирующего на территории Африки, остается актуальным.

Цель исследований – изучение биологических, антигенных и репродуктивных свойств штамма вируса ящура А 2205/G-IV.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изолят вируса ящура А 2205/G-IV, принадлежащий к топотипу AFRICA генетической линии G-IV, поступил из Всемирной референтной лаборатории по ящуру (Пирбрайт, Великобритания) в ФГБУ «ВНИИЗЖ» для проведения научных исследований. Патологический материал, из которого был выделен вирус ящура, отобран от крупного рогатого скота (КРС) на территории Арабской Республики Египет во время вспышек ящура в феврале 2018 г. В ходе работы вирус адаптировали к репродукции в первично трипсинизированной и перевиваемых монослойных культурах клеток.

Культура клеток. Для адаптации штамма А 2205/G-IV вируса ящура к клеточным культурам в работе использовали следующие клеточные линии: СП (первично трипсинизированная культура клеток почки свиньи), IB-RS-2 (перевиваемая культура клеток почки свиньи), ПСГК-30 (перевиваемая линия клеток свиного происхождения), ВНК-21 (перевиваемая культура клеток новорожденного сирийского хомячка) и ЯДК-04 (перевиваемая культура клеток гонады домашней козы). Чувствительность клеточных культур к штамму А 2205/G-IV вируса ящура исследовали в серии последовательных пассажей в культуральных пластиковых флаконах объемом 25 см³ с полностью сформированным монослоем и внесенной поддерживающей питательной средой. Инфицированный монослой клеток инкубировали при температуре (37,0 ± 0,2) °С до появления видимого цитопатического действия (ЦПД). Временные интервалы последующих пассажей, необходимые для развития 90–95%-го ЦПД, постепенно сокращались.

Определение биологической активности штамма на культуре клеток. Биологическую активность адаптированного к культурам клеток вируса исследовали в процессе титрования микрометодом в культуральных 96-луночных планшетах. Для этого на стерильной питательной среде Игла с рН 7,6 с содержанием антибиотика канамицина в концентрации 20 ЕД/см³ готовили ряд последовательных разведений вируса с четырехкратным шагом в двух повторностях. В качестве индикатора биологической активности использовали свежеприготовленную, без признаков контаминации посторонними микроорганизмами, суспензию клеток линии IB-RS-2

с концентрацией $(0,8-1,0) \times 10^6$ кл/см³. Закрытые планшеты с внесенными компонентами реакции помещали в СО₂-инкубатор с уровнем углекислого газа 5% при температуре $(37,0 \pm 0,2)$ °С на 48 ч. Учет результатов проводили по специфическому ЦПД вируса в культуре клеток с использованием инвертированного микроскопа. Расчет титра биологической активности вируса производили по методу Кербера и выражали Ig ТЦД/см³.

Животные. Адаптацию штамма вируса ящура А 2205/G-IV и определение титра инфекционной активности на естественно восприимчивых животных проводили на шести телятах черно-пестрой породы в возрасте 8–10 мес. массой 260–295 кг и шести подсвинках породы крупная белая в возрасте 4 мес. с массой тела 35–40 кг. Животные были получены из благополучных по инфекционным заболеваниям хозяйств Владимирской области.

Эксперименты на животных, проводимые при изучении биологических свойств штамма вируса ящура, осуществлялись в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными», принятым Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22 декабря 2014 г. № 73-П).

Адаптация вируса ящура на КРС. Для адаптации вируса животным интрадермально инокулировали культуральную вирусную суспензию в 4 точки в объеме 0,1 см³. Во 2-м пассаже вводили 10%-ю вирусную суспензию, полученную из афтозного материала 1-го пассажа. Проявление клинических признаков ящура учитывали каждые 12 ч по наличию афтозных поражений.

Определение инфекционной активности вируса на КРС. Титр инфекционной активности изучаемого штамма вируса ящура определяли по методу Гендерсона. Для этого готовили десятикратные разведения 10%-й афтозной суспензии вируса ящура 2-го пассажа на фосфатно-буферном растворе (ФБР). Двум телятам интрадермально вводили подготовленные разведения вируса. Учет титрования производили через 24 ч по наличию афт на месте введения вирусосодержащего материала. Титр инфекционной активности вируса на КРС выражали в Ig ИД₅₀/0,1 см³.

Адаптацию вируса ящура на свиньях проводили заражением культуральной вирусной суспензией 4-месячных поросят (2 гол. на пассаж) внутривенно в венчики копытца. Для получения 2-го пассажа использовали 10%-ю суспензию, приготовленную на ФБР из афтозного материала 1-го пассажа. Клинические признаки ящура в виде афтозных поражений регистрировали каждые 12 ч.

Определение инфекционной активности вируса ящура на свиньях проводили путем введения вирусной суспензии в виде десятикратных разведений на ФБР 10%-й суспензии афт 2-го пассажа двум подсвинкам внутривенно в венчики копытца по методу Грейвса и Канлиффа. Учет титрования вируса на свиньях производили через 24 ч по наличию афт на месте введения разведений вирусосодержащего материала. Титр инфекционной активности вируса на свиньях выражали в Ig ИД₅₀/0,1 см³.

Определение антигенных свойств изолята в реакции нейтрализации микрометодом (PMH). Для изучения антигенного соответствия (r_1) штамма А 2205/G-IV

с производственными штаммами вируса ящура серотипа А в PMH использовали референтные сыворотки крови КРС, полученные при иммунизации моновалентными вакцинами, изготовленными из следующих штаммов вируса ящура: А/Турция/06, А₂₂ № 550/Азербайджан/64, А₂₂/Ирак/64, А/Иран/97, А № 2155/Забайкальский/2013, А № 2166/Краснодарский/2013, А № 2269/ВНИИЗЖ/2015. Реакцию проводили в соответствии с «Методическими указаниями по определению антигенного соответствия между эпизоотическими изолятами и производственными штаммами вируса ящура в перекрестной реакции микронейтрализации»¹, результаты интерпретировали согласно М. Rweyemamu [21].

Титр референтных сывороток крови против 100 ТЦД₅₀ гомологичного и гетерологичного вируса определяли в PMH при перекрестном титровании сыворотки с пятью дозами вируса, рассчитывали с использованием уравнения линейной регрессии и выражали в Ig. Показатель антигенного родства (значение r_1) находили как антилогарифм разности Ig титров сыворотки против гетерологичного и гомологичного вируса.

Полученные результаты интерпретировали следующим образом: при $r_1 \geq 0,3$ полевой изолят и производственный штамм вируса ящура являются антигенно родственными и вакцина из производственного штамма должна защищать от эпизоотического вируса; если $r_1 < 0,3$ – полевой изолят отличается от производственного штамма и вакцина из данного штамма вируса ящура не способна защищать от эпизоотического вируса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Адаптация штамма А 2205/G-IV вируса ящура к клеточным культурам. Штамм А 2205/G-IV вируса ящура адаптировали в культурах клеток IB-RS-2, ПСГК-30, ВНК-21, ЯДК-04 и СП на протяжении пяти последовательных пассажей. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Культура клеток отрицательного контроля на протяжении 72 ч наблюдения сохранялась неизменной (рис. 1, 4). За специфическое ЦПД, характерное для вируса ящура, принимали образование групп округляющихся вакуолизированных клеток (рис. 2, 5), у которых в дальнейшем отмечалась дегенерация ядер: кариолизис и кариопексис (рис. 3, 6). Вслед за этим клетки сморщивались и уменьшались в объеме, что в конечном счете приводило к деструкции монослоя. Перечисленные выше изменения, происходившие в клетках, свидетельствовали об активной репликации вируса.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что возбудитель ящура успешно адаптировался к культурам клеток ПСГК-30 и ВНК-21. Наиболее стабильный титр инфекционной активности вируса, находившийся в пределах от $7,03 \pm 0,25$ до $7,28 \pm 0,24$ Ig ТЦД₅₀/см³, отмечали при адаптации в клеточной культуре ВНК-21. Максимальная инфекционная активность штамма А 2205/G-IV вируса ящура составила $7,70 \pm 0,24$ Ig ТЦД₅₀/см³ на 4-м пассаже в монослое культуры клеток ПСГК-30. В культуре клеток IB-RS-2 титр инфекционной активности вируса нарастал постепенно от пассажа

¹ МУ 76-12 Методические указания по определению антигенного соответствия между эпизоотическими изолятами и производственными штаммами вируса ящура в перекрестной реакции микронейтрализации: утв. Россельхознадзором 13.09.2017. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2017. 24 с.

Таблица 1
Результаты адаптации штамма A 2205/G-IV вируса ящура в клеточных культурах (n = 3)

Table 1
Results of FMDV A 2205/G-IV strain adaptation in cell cultures (n = 3)

Наименование культуры клеток	Номер пассажа	Время наступления ЦПД, ч	Титр вируса, Ig ТЦД ₅₀ /см ³
IB-RS-2	1	18	5,50 ± 0,13
	2	15	6,73 ± 0,22
	3	15	7,03 ± 0,07
	4	11	7,60 ± 0,07
	5	7	6,59 ± 0,30
ПСГК-30	1	20	6,80 ± 0,12
	2	15	7,25 ± 0,15
	3	15	6,81 ± 0,23
	4	9	7,70 ± 0,24
	5	9	7,28 ± 0,16
ВНК-21	1	22	7,28 ± 0,24
	2	23	7,03 ± 0,25
	3	20	7,13 ± 0,37
	4	15	7,25 ± 0,25
	5	11	7,22 ± 0,22
ЯДК-04	1	12	6,64 ± 0,11
	2	11	7,01 ± 0,40
	3	10	6,69 ± 0,02
	4	10	7,60 ± 0,07
	5	11	7,27 ± 0,37
СП	1	10	7,28 ± 0,17
	2	7	6,88 ± 0,12
	3	10	6,85 ± 0,03
	4	9	7,00 ± 0,05
	5	7	6,94 ± 0,80

к пассажи: с $5,50 \pm 0,13$ Ig ТЦД₅₀/см³ в 1-м пассаже и до $7,60 \pm 0,07$ Ig ТЦД₅₀/см³ в 4-м пассаже, но на 5-м начал снижаться. В клеточной культуре СП титр вируса, наоборот, снижался при последовательном пассировании. В культуре клеток ЯДК-04 стабильно отмечали ЦПД в среднем через 11 ч с момента инокуляции вируса. Титр инфекционной активности нарастал волнообразно от $6,64 \pm 0,11$ Ig ТЦД₅₀/см³ в 1-м пассаже до $7,27 \pm 0,37$ Ig ТЦД₅₀/см³ в 5-м пассаже.

Адаптация штамма A2205/G-IV вируса ящура к естественно восприимчивым животным. Для адаптации штамма A 2205/G-IV вируса ящура к естественно восприимчивым животным использовали вирусосодержащий материал с активностью $6,81 \pm 0,23$ Ig ТЦД₅₀/см³, полученный в 3-м пассаже в культуре клеток ПСГК-30.

Во время проведения эксперимента за животными было установлено ежедневное наблюдение. Прежде всего, оценивали общее состояние животных, учитывали появление хромоты у поросят и слюнотечения у телят, степень развития и количество возникающих афтозных поражений в местах инокуляции вирусной суспензии, проводили термометрию.

При проведении 1-го пассажа видимые и хорошо сформированные первичные афты, характерные для ящура, наблюдали через 28 ч после заражения: у КРС – в ротовой полости, у свиней – на венчиках копыт. На основании появления ярко выраженных клинических признаков ящура адаптацию на естественно восприимчивых животных считали успешной. Из полученного афтозного материала готовили 10%-ю суспензию для определения инфекционной активности вируса на КРС и свиньях, а также в первично трипсинизированной культуре клеток СП. Результаты титрования вируса на животных и в культуре клеток СП представлены в таблице 2.

Установлено, что 10%-е афтозные суспензии вируса, полученные из материала от КРС и свиней, на 1-м пассаже на животных имели титр инфекционной активности $4,00$ и $3,25$ Ig ИД₅₀/0,1 см³; на 2-м пассаже – $5,50$ и $5,00$ Ig ИД₅₀/0,1 см³ соответственно. В первично трипсинизированной культуре СП титр инфекционной активности 10%-й суспензии вируса, приготовленной из афт КРС и свиней, на этапе 1-го пассажа составил $4,67 \pm 0,30$ и $4,33 \pm 0,17$ Ig ТЦД₅₀/0,1 см³; на 2-м пассаже – $6,00 \pm 0,14$ и $5,92 \pm 0,22$ Ig ТЦД₅₀/0,1 см³ соответственно, что говорит об адаптации штамма A 2205G-IV вируса ящура к естественно восприимчивым животным.

Определение антигенных свойств штамма в РМН. Высокая изменчивость вируса ящура в пределах одного серотипа приводит к возникновению новых изолятов, которые могут отличаться по степени вирулентности, иммуногенности и антигенным свойствам от ранее выделенных штаммов вируса. Среди серотипов возбудителя данного заболевания антигенная изменчивость наиболее выражена у вируса ящура серотипа А, что может привести к проблемам в штаммоспецифической диагностике. В связи с этим особый интерес при изучении вируса ящура представляет определение антигенного родства вновь выделенных изолятов вируса ящура с ранее изученными и производственными штаммами гетерологичных генотипов. Результаты определения антигенного соответствия штамма A 2205/G-IV вируса ящура представлены в таблице 3.

Установлено, что штамм вируса ящура A 2205/G-IV антигенно отличается от производственных штаммов вируса ящура: А/Турция/06, А₂₂ № 550/Азербайджан/64, А₂₂/Ирак/64, А/Иран/97, А № 2155/Забайкальский/2013, А № 2166/Краснодарский/2013, А № 2269/ВНИИЗЖ/2015 – и не является для них родственным. Полученные результаты согласуются с данными Всемирной референтной лаборатории по ящуру (Пирбрайт, Великобритания) [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования биологических и инфекционных свойств штамма A 2205/G-IV вируса ящура свидетельствуют о его высокой инерционности в отношении КРС и свиней, что может представлять значительную угрозу при заносе возбудителя генотипа А/AFRICA/G-IV в свободные от ящура страны.

Изучение антигенных свойств штамма вируса ящура A 2205/G-IV показало его значительное отличие от производственных штаммов вируса серотипа А (показатель r_1 от 0,06 до 0,25), включенных в состав вакцин, применяемых для профилактической иммунизации естественно восприимчивых животных на территории Российской Федерации и соседних стран. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для мер экс-

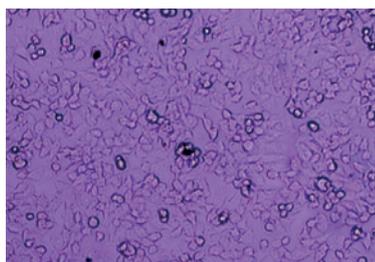


Рис. 1. Отрицательный контроль клеточной культуры ВНК-21 спустя 72 ч от начала культивирования (увеличение 200х)

Fig. 1. Negative control BHK-21 cell culture 72 hours after the start of cultivation (200x magnification)

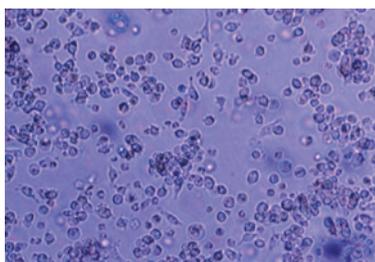


Рис. 2. ЦПД штамма А 2205/Г-IV вируса ящура в культуре клеток ВНК-21 спустя 20 ч с момента инокуляции (увеличение 200х)

Fig. 2. FMDV A 2205/G-IV strain CPE in BHK-21 cell culture 20 hours after inoculation (200x magnification)

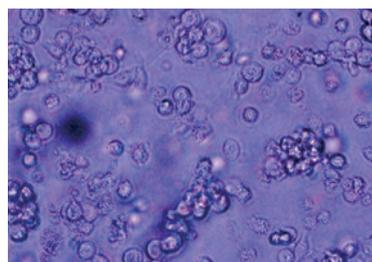


Рис. 3. Дегенеративные изменения в клетках линии ВНК-21 вследствие репликации штамма А 2205/Г-IV вируса ящура (увеличение 400х)

Fig. 3. Degenerative changes in BHK-21 cells as a result of FMDV A 2205/G-IV strain replication (400x magnification)

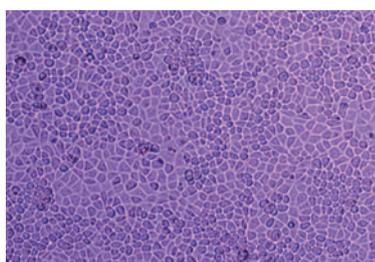


Рис. 4. Отрицательный контроль клеточной культуры IB-RS-2 спустя 72 ч от начала культивирования (увеличение 200х)

Fig. 4. Negative control IB-RS-2 cell culture 72 hours after the start of cultivation (200x magnification)

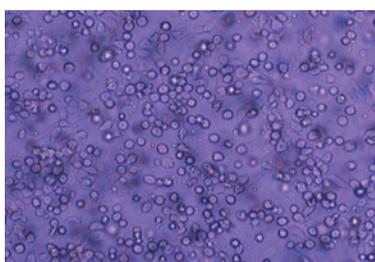


Рис. 5. ЦПД штамма А 2205/Г-IV вируса ящура в культуре клеток IB-RS-2 спустя 15 ч с момента инокуляции (увеличение 200х)

Fig. 5. FMDV A 2205/G-IV strain CPE in IB-RS-2 cell culture 15 hours after inoculation (200x magnification)

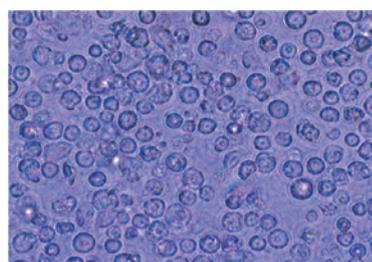


Рис. 6. Дегенеративные изменения в клетках линии IB-RS-2 вследствие репликации штамма А 2205/Г-IV вируса ящура (увеличение 400х)

Fig. 6. Degenerative changes in IB-RS-2 cells as a result of FMDV A 2205/G-IV strain replication (400x magnification)

Таблица 2
Результаты определения титра инфекционной активности 10%-й афтозной суспензии при адаптации штамма А 2205/Г-IV вируса ящура

Table 2
Results of infectivity titre determination for 10% aphthous suspension during FMDV A 2205/G-IV strain adaptation

Характеристика материала	Титр инфекционной активности вируса ящура в биологических системах		
	на КРС, Ig ИД ₅₀ /0,1 см ³ (n = 1)	на свиньях, Ig ИД ₅₀ /0,1 см ³ (n = 1)	в культуре клеток СП, Ig ТЦД ₅₀ /0,1 см ³ (n = 3, p < 0,01)
10%-я афтозная суспензия 1-й пассаж на КРС	4,00	–	4,67 ± 0,30
10%-я афтозная суспензия 1-й пассаж на свиньях	–	3,25	4,33 ± 0,17
10%-я афтозная суспензия 2-й пассаж на КРС	5,50	–	6,00 ± 0,14
10%-я афтозная суспензия 2-й пассаж на свиньях	–	5,00	5,92 ± 0,22

тренного реагирования при возникновении ящура, вызванного вирусом генетической линии А/AFRICA/G-IV, необходимы разработка и производство диагностических и вакцинных средств из гомологичных или близкородственных данному генотипу вируса ящура штаммов.

Для обеспечения экономической стабильности и продовольственной безопасности Российской Федерации, эпизоотического благополучия государства,

Таблица 3
Антигенное соответствие (r₁) в РМН штамма А 2205/Г-IV вируса ящура с производственными штаммами возбудителя серотипа А (n = 3)

Table 3
Antigenic relationship (r₁) between A 2205/G-IV strain and production strains of serotype A FMD virus (n = 3) in MNT

Наименование штаммов (генотипов) вируса ящура	Показатель r ₁
A22 № 550/Азербайджан/64 (А/ASIA/Iraq-64)	0,22
A22/Ирак/64 (А/ASIA/Iraq-64)	0,15
А/Иран/97 (А/ASIA/Iran-97)	0,21
А/Турция/06 (А/ASIA/Iran-05)	0,08
А № 2155/Забайкальский/2013 (А/ASIA/Sea-97)	0,06
А № 2166/Краснодарский/2013 (А/ASIA/Iran-05SIS-10)	0,19
А № 2269/ВНИИЗЖ/2015 (А/ASIA/G-VII)	0,25

минимизации экономического ущерба при возможном возникновении вспышек ящура считаем целесообразным непрерывное проведение мониторинга эпизоотической ситуации по ящуру в мире с целью оценки риска заноса возбудителя на территорию России, разработки средств своевременной диагностики ящура на основе гетерогенных, нетипичных для нашего географического региона эпизоотических изолятов вируса ящура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бурдов А. Н., Дудников А. И., Мальярец П. В., Иванющенко В. Н., Рахманов А. М., Шажко Ж. А. Ящур. Под ред. А. Н. Бурдова. М.: Агропромиздат; 1990. 320 с.
- Burdov A. N., Dudnikov A. I., Malyarets P. V., Ivanyushenkov V. N., Rakhmanov A. M., Shazhko Zh. A. Foot-and-mouth disease. Ed. by A. N. Burdov. Moscow: Agropromizdat; 1990. 320 p. (in Russ.)
- Жаров А. В. Патологическая анатомия животных: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Лань; 2013. 608 с.
- Zharov A. V. Pathological anatomy of animals: textbook. 2nd ed., revised and supplemented. Saint Petersburg: Lan'; 2013. 608 p. (in Russ.)
- Grubman M. J., Baxt B. Foot-and-mouth disease. *Clin. Microbiol. Rev.* 2004; 17 (2): 465–493. DOI: 10.1128/CMR.17.2.465-493.2004.
- 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? *Prev. Vet. Med.* 2013; 112 (3–4): 161–173. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2013.07.013.
- James A. D., Rushton J. The economics of foot and mouth disease. *Rev. Sci. Tech.* 2002; 21 (3): 637–644. DOI: 10.20506/rst.21.3.1356.
- WOAH. Terrestrial Animal Health Code. Режим доступа: <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access>.
- Brooksby J. B. The virus of foot-and-mouth disease. *Adv. Virus Res.* 1958; 5: 1–37. DOI: 10.1016/s0065-3527(08)60670-3.
- Carrillo C., Tulman E. R., Delhon G., Lu Z., Carreno A., Vagnozzi A., et al. Comparative genomics of foot-and-mouth disease virus. *J. Virol.* 2005; 79 (10): 6487–6504. DOI: 10.1128/JVI.79.10.6487-6504.2005.
- Duchatel F., Bronsvoort B. M. de C., Lycett S. Phylogeographic analysis and identification of factors impacting the diffusion of foot-and-mouth disease virus in Africa. *Front. Ecol. Evol.* 2019; 7:371. DOI: 10.3389/fevo.2019.00371.
- Jamal S. M., Belsham G. J. Foot-and-mouth disease: past, present and future. *Vet. Res.* 2013; 44 (1):116. DOI: 10.1186/1297-9716-44-116.
- Jori F., Caron A., Thompson P. N., Dwarka R., Foggin C., de Garine-Wichatitsky M., et al. Characteristics of foot-and-mouth disease viral strains circulating at the wildlife/livestock interface of the Great Limpopo Transfrontier Conservation Area. *Transbound. Emerg. Dis.* 2016; 63 (1): e58–e70. DOI: 10.1111/tbed.12231.
- Teklehiorghis T., Moormann R. J. M., Weerdmeester K., Dekker A. Foot-and-mouth disease transmission in Africa: Implications for control, a review. *Transbound. Emerg. Dis.* 2016; 63 (2): 136–151. DOI: 10.1111/tbed.12248.
- Maree F. F., Kasanga C. J., Scott K. A., Opperman P. A., Chitray M., Sangula A. K., et al. Challenges and prospects for the control of foot-and-mouth disease: an African perspective. *Vet. Med. (Auckl.)*. 2014; 5: 119–138. DOI: 10.2147/VMRR.S62607.
- Bouguedour R., Ripani A. Review of the foot and mouth disease situation in North Africa and the risk of introducing the disease into Europe. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 2016; 35 (3): 757–768. DOI: 10.20506/rst.35.3.2566.
- McLachlan I., Marion G., McKendrick I. J., Porphyre T., Handel I. G., Bronsvoort B. M. Endemic foot and mouth disease: pastoral in-herd disease dynamics in sub-Saharan Africa. *Sci. Rep.* 2019; 9 (1):17349. DOI: 10.1038/s41589-019-53658-5.
- Valarcher J. F., Leforban Y., Rweyemamu M., Roeder P. L., Gerbier G., Mackay D. K., et al. Incursions of foot-and-mouth disease virus into Europe between 1985 and 2006. *Transbound. Emerg. Dis.* 2008; 55 (1): 14–34. DOI: 10.1111/j.1865-1682.2007.01010.x.
- Pezzoni G., Bregoli A., Grazioli S., Barbieri I., Madani H., Omari A., et al. Foot-and-mouth disease outbreaks due to an exotic virus serotype A lineage (A/AFRICA/G-IV) in Algeria in 2017. *Transbound. Emerg. Dis.* 2019; 66 (1): 7–13. DOI: 10.1111/tbed.13017.
- Ehizibolo D. O., De Vleeschouwer A. R., Haegeman A., Lefebvre D., Nwosuh C. I., Umoh J. U., et al. Serological and molecular epidemiology of foot-and-mouth disease viruses in agro-pastoralist livestock herds in the kachia grazing reserve, Nigeria. *Transbound. Emerg. Dis.* 2019; 66 (4): 1575–1586. DOI: 10.1111/tbed.13182.
- Gizaw D., Tesfaye Y., Wood B. A., Di Nardo A., Shegu D., Muluheh A., et al. Molecular characterisation of foot-and-mouth disease viruses circulating in Ethiopia between 2008 and 2019. *Transbound. Emerg. Dis.* 2020; 67 (6): 2983–2992. DOI: 10.1111/tbed.13675.
- Lycett S., Tanya V. N., Hall M., King D. P., Mazeri S., Mioulet V., et al. The evolution and phylodynamics of serotype A and SAT2 foot-and-mouth disease viruses in endemic regions of Africa. *Sci. Rep.* 2019; 9 (1):5614. DOI: 10.1038/S41598-019-41995-4.
- Rweyemamu M. M. Antigenic variation in foot-and-mouth disease: studies based on the virus neutralization reaction. *J. Biol. Stand.* 1984; 12 (3): 323–337. DOI: 10.1016/s0092-1157(84)80013-x.
- WRLFMD Quarterly Report. Foot-and-mouth disease: April to June 2019. Режим доступа: https://www.wrlfmd.org/sites/world/files/quick_media/OIE-FAO%20FMD%20Ref%20Lab%20Report%20Apr%20-%20Jun%202019.pdf.

Поступила в редакцию / Received 11.09.2023

Поступила после рецензирования / Revised 18.10.2023

Принята к публикации / Accepted 06.11.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сидоровская Мирослава Владимировна, аспирант, референтная лаборатория диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-6218-5846>, e-mail: miroslava_vet@icloud.com.

Фомина Светлана Николаевна, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник референтной лаборатории диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2122-9096>, e-mail: fomina@arriah.ru.

Никифоров Виктор Викторович, кандидат ветеринарных наук, заведующий референтной лабораторией диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3390-3209>, e-mail: nikiforov@arriah.ru.

Комарова Татьяна Александровна, ведущий ветеринарный врач референтной лаборатории диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; e-mail: komarova@arriah.ru.

Шевченко Максим Александрович, ведущий ветеринарный врач лаборатории профилактики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0009-0006-5874-8363>, e-mail: shvchenko_ma@arriah.ru.

Колчанов Николай Александрович, аспирант, ведущий ветеринарный врач отдела культуры клеток ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3651-8517>, e-mail: kolchanov@arriah.ru.

Кременчугская Светлана Ревдитовна, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник референтной лаборатории диагностики ящура ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8634-8205>, e-mail: kremenchugskaya@arriah.ru.

Miroslava V. Sidorovskaya, Postgraduate Student, Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-6218-5846>, e-mail: miroslava_vet@icloud.com.

Svetlana N. Fomina, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2122-9096>, e-mail: fomina@arriah.ru.

Viktor V. Nikiforov, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Head of Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3390-3209>, e-mail: nikiforov@arriah.ru.

Tatyana A. Komarova, Leading Veterinarian, Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; e-mail: komarova@arriah.ru.

Maxim A. Shevchenko, Leading Veterinarian, Laboratory for FMD Prevention, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0009-0006-5874-8363>, e-mail: shvchenko_ma@arriah.ru.

Nikolay A. Kolchanov, Postgraduate Student, Leading Veterinarian, Cell Cultivation Unit, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3651-8517>, e-mail: kolchanov@arriah.ru.

Svetlana R. Kremenchugskaya, Doctor of Science (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Reference Laboratory for FMD Diagnosis, FGBI "ARRIAH", Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8634-8205>, e-mail: kremenchugskaya@arriah.ru.