



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-322-329>  
УДК 619:616.98:578:616.3-053.2(048)



# Астровирусная инфекция животных (обзор литературы)

В. А. Мищенко<sup>1</sup>, А. В. Мищенко<sup>2</sup>, Т. Б. Никешина<sup>1</sup>, О. Н. Петрова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии

имени К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

## РЕЗЮМЕ

Во всех странах мира основной причиной массовых гастроэнтеритов новорожденных телят являются возбудители вирусной природы. Диарея в ранний постнатальный период, как основная причина заболеваемости и смертности молодняка, вызывает серьезные проблемы в промышленном скотоводстве и причиняет значительный экономический ущерб. Наиболее распространенными возбудителями вирусного гастроэнтерита у телят являются ротавирусы, коронавирусы и пестивирусы, наряду с которыми все чаще выявляют астровирусы. Представители семейства *Astroviridae* способны вызывать у животных различные патологии: у птиц – энтерит, гепатит и нефрит, у млекопитающих – гастроэнтерит, неврологические синдромы и энцефалит. Доказана роль данных вирусов в этиологии респираторной патологии животных. Естественными хозяевами астровируса являются: крупный и мелкий рогатый скот, верблюды, олени, яки, козули, буйволы, альпаки, свиньи, дикие кабаны. Возбудитель был выявлен у летучих мышей, грызунов и морских млекопитающих, а также в моллюсках. В настоящее время список животных, восприимчивых к астровирусной инфекции, расширился более чем до 80 видов из 22 семейств, включая домашних, синантропных и диких животных, птиц и млекопитающих, обитающих в наземной и водной среде. В последнее время увеличивается количество свидетельств о появлении изолятов астровируса с рекомбинациями, что способствует возникновению новых генетических вариантов возбудителя. Большое разнообразие видов инфицированных животных, генетическое разнообразие вируса и случаи рекомбинации указывают либо на межвидовую передачу и последующую адаптацию вируса к новым хозяевам, либо на коинфекцию одного и того же хозяина разными генотипами возбудителя, что может приводить к появлению новых астровирусов, способных заражать животных или имеющих зоонозный потенциал. Астровирусная инфекция не обладает клиническими особенностями, позволяющими дифференцировать ее от других кишечных инфекций. Представленные данные указывают на необходимость учета астровирусной инфекции при исследовании проб патологического материала от больных диареей новорожденных телят, ягнят, козлят и поросят в промышленных хозяйствах страны.

**Ключевые слова:** обзор, *Astroviridae*, *Avastrovirus*, *Mamastrovirus*, диарея, гастроэнтериты, респираторная патология, энцефалиты, крупный рогатый скот, мелкий рогатый скот

**Для цитирования:** Мищенко В. А., Мищенко А. В., Никешина Т. Б., Петрова О. Н. Астровирусная инфекция животных (обзор литературы). *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (4): 322–329. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-322-329>

**Конфликт интересов:** Мищенко В. А. и Никешина Т. Б. являются членами редколлегии журнала «Ветеринария сегодня», но никакого отношения к решению опубликовать эту статью не имеют. Рукопись прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

**Для корреспонденции:** Мищенко Владимир Александрович, д-р вет. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биотехнологий и конструирования вирусных препаратов ФГБУ «ВНИИЗЖ», мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия, [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

# Astrovirus infection in animals (literature review)

Vladimir A. Mischenko<sup>1</sup>, Alexey V. Mischenko<sup>2</sup>, Tatiana B. Nikeshina<sup>1</sup>, Olga N. Petrova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

<sup>2</sup> Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia

## ABSTRACT

Viral agents are a major cause of mass gastroenteritides in newborn calves in the countries around the world. Early postnatal diarrhea as the main reason of morbidity and mortality in young animals leads to serious problems in the commercial livestock farming and causes a considerable economic damage. The most common viral gastroenteritis agents in calves are rotaviruses, coronaviruses and pestiviruses, and, along with these, astroviruses are increasingly being detected. The members of the family *Astroviridae* can cause various pathologies in animals: enteritis, hepatitis and nephritis in birds, gastroenteritis, neurological syndromes and encephalitis in mammals. The role of these viruses in the etiology of respiratory pathology in animals has been demonstrated. The following animals are the natural hosts of astrovirus: cattle, small ruminants, camels, deer, yaks, roe deer, buffaloes, alpacas, pigs, wild boars. The virus has been detected in bats, rodents and marine mammals, as well as in mollusks. Presently, the list of animals susceptible to astrovirus infection has expanded to over 80 species from 22 families, including domestic, synanthropic and wild animals, birds and mammals living in the terrestrial and aquatic environments. In recent times, there has been a lot of evidence

of occurrence of recombinant astrovirus isolates, which contributes to the emergence of new genetic variants of the pathogen. A wide variety of infected animal species, the genetic diversity of the virus and the recombination events are indicative either of the cross-species transmission and subsequent adaptation of the virus to new hosts, or of the coinfection of the same host with different virus genotypes, which may lead to the emergence of novel astroviruses that are capable of infecting animals or possess a zoonotic potential. Astrovirus infection has no specific clinical features that allow for its differentiation from other intestinal infections. The presented data highlight the necessity for taking into account astrovirus infection when testing pathological material samples from diarrhea-affected newborn calves, lambs, goat kids and piglets on the commercial farms of the country.

**Keywords:** review, *Astroviridae*, *Avastrovirus*, *Mamastrovirus*, diarrhea, gastroenteritis, respiratory pathology, encephalitis, cattle, small ruminants

**For citation:** Mischenko V. A., Mischenko A. V., Nikeshina T. B., Petrova O. N. Astrovirus infection in animals (literature review). *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (4): 322–329. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-322-329>

**Conflict of interests:** Mischenko V. A. and Nikeshina T. B. are the members of the editorial board of the “Veterinary Science Today” journal, but were not involved into the decision making process related to this article publication. The manuscript has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interests.

**For correspondence:** Vladimir A. Mischenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Chief Researcher, Laboratory for Biotechnologies and Viral Product Construction, Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

Желудочно-кишечные заболевания новорожденных телят и молодняка крупного рогатого скота (КРС) широко распространены во всем мире и по величине наносимого экономического ущерба уступают только патологии органов дыхания [1, 2, 3, 4, 5]. Диарея новорожденных телят является основной причиной заболеваемости, смертности и экономических потерь в скотоводстве [3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Для профилактики ротавирусной, коронавирусной инфекций и вирусной диареи – болезни слизистых КРС были разработаны вакцины [1, 2, 3, 13, 14]. Однако в ряде случаев у новорожденных телят, полученных от вакцинированных коров, регистрируется диарея. Диагностика при массовых случаях вирусной диареи основана на выявлении рота-, корона- и пестивируса (возбудителя вирусной диареи) или постинфекционных антител. Клинические признаки у больных новорожденных телят при диарее, вызванных возбудителями вирусной диареи – болезни слизистых КРС, рота-, корона-, кобу-, торо-, парво-, энтеро-, небо-, норо-, бопивирисами, не отличаются [3, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 18]. Не было обнаружено и различий в патолого-анатомических изменениях, выявляемых при вскрытии трупов павших от ротавирусной, коронавирусной, парвовирусной и энтеровирусной инфекций телят. Отрицательные результаты лабораторных исследований по обнаружению указанных возбудителей послужили основанием для проведения дополнительных исследований проб патологического материала с использованием других диагностических методов. Сообщения об обнаружении астровирусов в пробах фекалий больных диареей телят были опубликованы в 1977–1978 гг. [19]. Выявлено, что астровирус, выделенный из проб фекалий телят с диареей в Англии, был антигенно родственен возбудителю, выделенному от больного животного из Флориды (США). Затем при целевом исследовании проб фекалий на астровирусы было установлено широкое распространение (46%) этого вируса в животноводческих хозяйствах. В 88% обследованных хозяйств наряду с астровирусом были выявлены и другие возбудители (рота-, корона-, парво-, норо- и энтеровирусы). В 8% случаев были обнаружены только астровирусы [5, 19, 20, 21]. Представители

семейства *Astroviridae* способны вызывать заболевания у различных позвоночных, наиболее хорошо изучены изоляты, выделенные от птиц и млекопитающих.

До недавнего времени считалось, что с патологией человека ассоциируются 8 серотипов астровирусов (*Human astrovirus*, HAsV). Однако в последние годы, благодаря широкому применению молекулярно-биологических методов исследований, от пациентов с острой диарейной симптоматикой были выявлены еще несколько групп возбудителя (MLB и VA), отличающихся от классических астровирусов человека. Данные группы астровирусов детектируются достаточно редко, но могут вызывать групповую заболеваемость [22, 23, 24]. Наибольшее распространение среди детей имеют 1-й и 2-й серотипы (генотипы) астровирусов, у лиц старшего возраста – 4-й серотип. Астровирусная инфекция не обладает клиническими особенностями, позволяющими дифференцировать ее от других кишечных инфекций. Вклад данной инфекции в показатели спорадической заболеваемости в разных регионах земного шара варьирует в широких пределах (4–17%) [25, 26].

В пробах фекалий больных диареей новорожденных телят, полученных от коров, иммунизированных вакцинами против ротавирусной, коронавирусных инфекций и вирусной диареи – болезни слизистых, были обнаружены сферические безоболочечные вирионы размером около 28–30 нм. Поверхность вириона напоминала пяти- или шестиконечные звезды. Впервые подобные вирионы были выявлены с помощью электронной микроскопии в 1975 г. при исследовании проб фекалий больных диареей детей, а в последующем подобные вирусы были обнаружены в пробах фекалий, отобранных от больных диареей животных разных видов [27, 28]. Название выявленного вируса происходит от греческого *astron* – звезда, которую напоминают вирионы (рис. 1) на электронно-микроскопических фотографиях [13, 26, 29].

Международным комитетом по таксономии вирусов 1995 г. все астровирусы были отнесены во вновь выделенное семейство *Astroviridae* [30]. Это семейство включает два рода: *Mamastrovirus* (от лат. *mamma* – молочная железа) и *Avastrovirus* (от лат. *avis* –

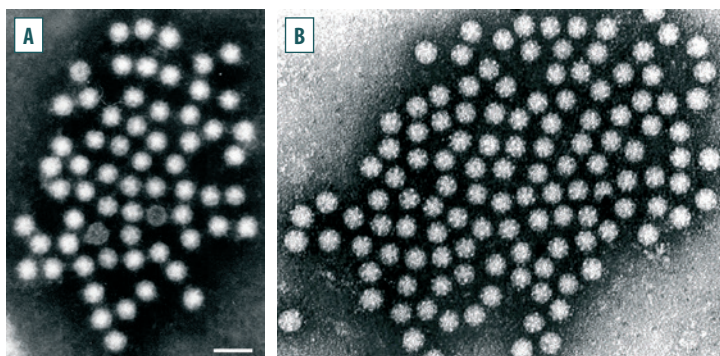


Рис. 1. Электронная микрофотография астровируса: А – [26]; В – [29]  
 Fig. 1. An electron micrograph of an astrovirus: A – [26]; B – [29]

птица) [25, 31, 32]. Вирусы, входящие в состав рода *Mamastrovirus*, вызывают патологию у человека и млекопитающих животных. Представители рода *Avastrovirus* являются причиной заболевания птиц (рис. 2). Методами электронной микроскопии, полимеразной цепной реакции и метагеномного анализа астровирусы были обнаружены в пробах патологического материала, отобранного от домашних и диких животных, в том числе от КРС (*Bovine astrovirus*, BoAstV), верблюдов (*Dromedary camel astrovirus*, DcAstV), овец (*Ovine astrovirus*, OAstV), коз (*Caprine astrovirus*, CapAstV), свиней (*Porcine astrovirus*, PoAstV), собак (*Canine astrovirus*, CaAstV), кошек (*Feline astrovirus*, FeAstV), норок (*Mink astrovirus*, MiAstV), мышей (*Murine astrovirus*, MuAstV), крыс (*Rat astrovirus*, RatAstV), дельфинов (*Bottlenose dolphin astrovirus*, BdAstV), ластоногих (*California sea lion astroviruses*, CslAstV; *Steller sea lion astroviruses*, SslAstV), кур (*Chicken astrovirus*, CAstV), индеек (*Turkey astrovirus*, TAstV), уток (*Duck astrovirus*, DAstV), гусей (*Goose astrovirus*, GAstV) и других видов животных [25, 28, 33].

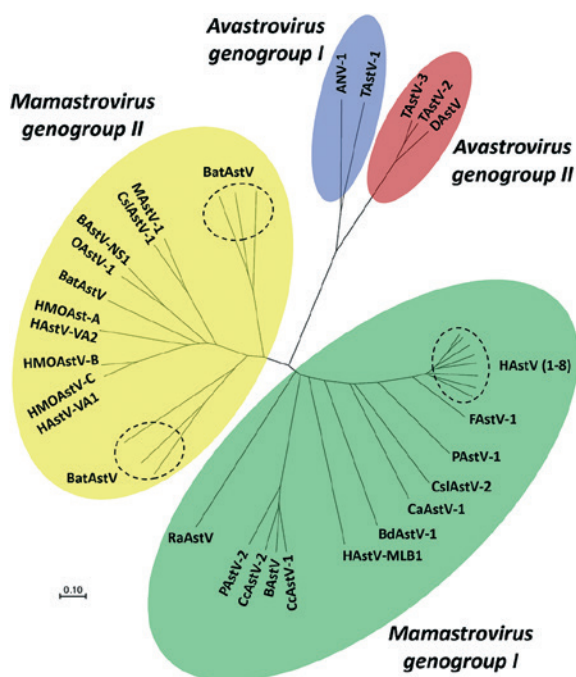


Рис. 2. Филогенетические взаимоотношения внутри семейства Astroviridae [28]  
 Fig. 2. Phylogenetic relationships within the family Astroviridae [28]

Астровирусы представлены безоболочечными вирионами икосаэдрической симметрии диаметром 28–30 нм. Нуклеокапсид состоит из трех основных капсидных белков. Капсид вириона покрыт 30 димерными отростками, выступающими над поверхностью вирионов на 3–8 нм. Молекулярная масса вириона – 8 МДа. Геном астровируса представлен односпиральной инфекционной РНК длиной (6,4–7,9) × 10<sup>3</sup> н. о., содержащей три открытые рамки считывания. Геномная последовательность астровирусов КРС была определена в 2011 г. [27, 34, 35, 36]. Плавающая плотность астровируса в хлориде цезия – 1,36–1,39 г/см<sup>3</sup>. Константа седиментации – 140S.

Астровирусы инактивируются при 50 °С в течение 60 мин, а при 60 °С – в течение 5 мин. Вирус устойчив при pH 3,0, а также к различным детергентам и растворителям жиров. В пробах фекалий больных астровирусной диареей животных возбудитель выявлялся в концентрации до 10<sup>10</sup> частиц/мл. Естественными хозяевами астровируса являются: КРС, мелкий рогатый скот, верблюды, олени, яки, косули, буйволы, альпаки, свиньи, дикие кабаны. Возбудитель был выявлен у летучих мышей, грызунов и морских млекопитающих, а также в моллюсках. В настоящее время список животных, восприимчивых к астровирусной инфекции, расширился до более чем 80 видов из 22 семейств, включая домашних, синантропных и диких животных, птиц и млекопитающих, обитающих в наземной и водной среде [25, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43].

Астровирусы передаются фекально-оральным путем. У данного возбудителя РНК является инфекционной, и после проникновения вириона в клетку-мишень она служит в качестве мРНК для трансляции двух неструктурных белков. Астровирусы размножаются в цитоплазме чувствительных клеток, разрушая клетки кишечника и выделяясь при лизисе [2, 13, 27, 44].

Астровирусная инфекция географически широко распространена во всем мире [6]. Генетическая изменчивость описана почти у всех достаточно изученных видов этих вирусов, однако гораздо больше исследований посвящено астровирусу человека, и значительно меньше изучена у вирусов животных. В настоящее время существует большое количество свидетельств о появлении изолятов астровируса с рекомбинациями, что способствует увеличению генетической изменчивости этой группы вирусов. Большое разнообразие видов инфицированных животных, очевидное генетическое разнообразие вирусов и случаи рекомбинации указывают либо на межвидовую передачу и последующую адаптацию вируса к новым хозяевам, либо на коинфекцию одного и того же хозяина разными астровирусами. Считается, что коинфекция может приводить к появлению новых астровирусов, способных заражать животных или обладающих зоонозным потенциалом [25, 45, 46].

Установлена возможность культивирования астровируса в первично трипсинизированной культуре клеток эмбриона человека при включении в бессывороточную поддерживающую среду 10 мкг/мл трипсина для активации репликации. При отсутствии трипсина не происходит проникновения астровируса в клетки мишени и их инфицирование, а также выделение инфекционного возбудителя. Все это свидетельствует о том, что у астровируса трипсинзависимая репродукция [1, 47, 48, 49]. Астровирусы крупного и мелкого рогатого скота размножаются в первично трипсини-

зированных культурах клеток почки эмбриона телят, а также в перевиваемых линиях клеток (MDBK, BT, EBK, GBK). Инкубационный период при астровирусной инфекции составляет 4,5 сут [50]. При изучении патогенеза заболевания у новорожденных ягнят установлено, что у двухсуточных животных диарея появлялась через 48 ч после экспериментального заражения [12, 51]. В организме новорожденных телят и ягнят астровирус размножается в энтероцитах апикальной поверхности сосочков тонкого отдела кишечника. При попадании в кишечник новорожденных животных вирус инфицирует энтероциты подвздошной кишки и М-клетки эпителия купола пейеровых бляшек [34, 44, 52, 53]. Несмотря на то что астровирусы выявляются в фекалиях, в ряде случаев у телят не было никаких клинических признаков заболевания.

В 60% пробах фекалий, отобранных от больных диареей новорожденных телят в хозяйствах Бразилии, были обнаружены астровирусы КРС. По данным филогенетического анализа, сходство выявленных изолятов по аминокислотной последовательности составляло 74,3–96,5% [47].

Китайскими учеными методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) было проведено исследование 211 мазков из прямой кишки КРС и водяных буйволов с признаками диареи, обитающих в одном экокластере. РНК астровирусов была выявлена в 46,10% проб, отобранных от КРС, и в 36,84% проб – от буйволов. Результаты филогенетического анализа свидетельствуют о том, что возбудители имели общего предка [34]. На пастбищах Тибета диарея новорожденных телят КРС и яков является наиболее распространенным заболеванием, наносящим значительный экономический ущерб. При исследовании фекалий, отобранных от молодняка яков, были обнаружены: ротавирус, парвовирус, астровирус, небовирус, энтеровирус, вирус гриппа А, вирус гепатита Е, кобувирус и вирус вирусной диареи – болезни слизистых КРС. Астровирус, выделенный из проб фекалий яков, был на 46,4–66,2% идентичен вирусу, выделенному из фекалий больного КРС. Результаты проведенных исследований показали, что астровирусы яков входят в кластер астровирусов КРС. Однако астровирусы яков имеют более тесное родство и генетическую связь с астровирусами оленей. Исследователи предположили, что в ORF2 астровируса произошла межвидовая рекомбинация. Все это свидетельствует о том, что возбудитель, выделенный из фекалий больных диареей новорожденных телят яка, является новым астровирусом [9]. В Южной Корее при изучении этиологии диареи у 115 новорожденных телят из разных хозяйств были выявлены астровирусы в 7,83% проб [36]. Zhu J. et al. обнаруживали астровирус как в пробах фекалий, отобранных от клинически здоровых телят, так и в пробах от телят с диареей [54].

Астровирусы были выявлены в 3,15% проб фекалий больных диареей новорожденных телят в трех провинциях Центральной Турции. По данным филогенетического анализа, выявленные новые штаммы астровируса были идентичны на 75,8–100,0% [55]. В 2012–2013 гг. для выяснения этиологии массовых случаев диареи новорожденных телят на 36 фермах в Шотландии были отобраны пробы фекалий. В 80,0% образцов от больных телят были обнаружены астровирусы, а в 77,1% – ротавирусы. В пробах фекалий от клинически здоровых телят также выявили астровирусы (64,4%) и ротавирусы (17,8%).

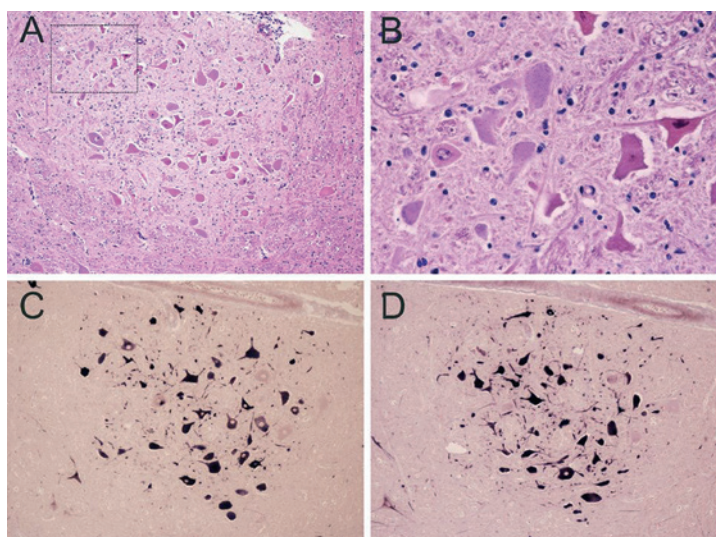


Рис. 3. Гистопатологические изменения и обнаружение РНК BoAstV в пораженных тканях головного мозга коровы с негнойным энцефалитом: А – глиоз и некроз нейронов; В – некротизированные нейроны (увеличение отмеченной на панели А области); С и D – темно-синяя маркировка указывает на наличие вирусной РНК [59]

Fig. 3. Histopathological changes and detection of BoAstV RNA in the affected brain tissues of a cow with non-suppurative encephalitis: A – gliosis and neuronal necrosis; B – necrotic neurons (magnification of the marked area in panel A); C and D – dark blue labelling indicates the presence of the viral RNA [59]

сы (17,8%). В 15,0% проб фекалий, отобранных от взрослого КРС из этих же ферм, были выделены астровирусы. Обнаруженные астровирусы относились к трем генетическим линиям [21].

При исследовании с помощью ПЦР проб фекалий от 25 больных диареей телят из двух ферм Египта в 48% проб были обнаружены ротавирусы, в 24% – норовирусы, а в 32% – астровирусы. В 37% проб были выявлены два возбудителя. Результаты этих исследований свидетельствуют о высокой степени сходства в нуклеотидных последовательностях египетских и бразильских изолятов астровирусов КРС [56]. Астровирусы были выявлены в пробах фекалий больных диареей овец из разных стран [12, 51, 53]. При изучении этиологии диарей у животных швейцарскими исследователями были обнаружены астровирусы в пробах фекалий 10,7% ягнят, 14,3% козлят, 10,0% альпак и 16,7% оленят. Высокое генетическое сходство между астровирусами овец и коз свидетельствует о разнообразии путей распространения возбудителей [53].

Астровирусы, выявленные в пробах, отобранных от морских млекопитающих (морской лев, дельфины), оказались родственными вирусам, обнаруженным в образцах, полученных от наземных животных. Это разнообразие астровирусов морских млекопитающих и их сходство с астровирусами наземных животных позволяет предположить, что морская среда играет важную роль в экологии возбудителя [40, 41].

Японскими исследователями был проведен метагеномный анализ отобранных в период с 2009 по 2015 г. в трех префектурах страны 146 проб фекалий больных диареей телят. В 15 образцах были выявлены астровирусы. По данным филогенетического анализа, 9 изолятов астровируса были сходны с китайскими изолятами и отнесены к линии 1. Три штамма были отнесены

в группу американских штаммов, выделенных от КРС с респираторной патологией (линия 2). Один изолят был отнесен в отдельную группу совместно с астровирусом свиней 5-го типа и астровирусом овец. Результаты этих исследований послужили основанием для предположения о существовании межвидовой передачи астровирусов [35]. При исследовании причин диареи в европейской популяции (датская популяция) в пробах фекалий были обнаружены астровирусы, которые относятся к 1-му и 2-му типам возбудителя [21]. Также астровирусы были выявлены в пробах фекалий европейских косуль, благородных и белохвостых оленей [42, 43, 57, 58]. Результаты филогенетического анализа свидетельствуют о близком генетическом родстве штаммов, выделенных от косуль. Эти возбудители также были родственны астровирусам, изолированным от КРС, оленей, водяных буйволов, яков, двугорбых верблюдов (бактрианов), сычуаньских такинов, свиней и дикобразов [57].

При исследовании методом ПЦР с обратной транскрипцией 215 проб фекалий, отобранных от одnogорбых верблюдов (дромадеры) в Объединенных Арабских Эмиратах, в 4 из них был выявлен астровирус (DcAstV). Установлено, что астровирусы верблюдов относятся к отдельному кластеру возбудителей, которые на 60–66% связаны с астровирусами свиней 2-го типа. Эти данные послужили основанием для предположения, что одnogорбые верблюды являются естественным резервуаром, в котором стабильно эволюционировал астровирус. Астровирусы верблюдов являются новым видом рода *Mamastrovirus* в семействе *Astroviridae* [33].

В ряде стран были зарегистрированы случаи заболеваний крупного рогатого скота, проявляющиеся поражением центральной нервной системы. При исследовании проб головного мозга (рис. 3), отобранных от трупов больных животных, был обнаружен астровирус [59, 60, 61, 62]. Доказана роль астровирусов в этиологии респираторной патологии животных [35, 63, 64]. Ряд исследователей относят астровирусы к возбудителям с зоонозным потенциалом [25, 28, 38, 52, 65]. Все это свидетельствует об актуальности своевременной диагностики астровирусной инфекции. В настоящее время для диагностики данной инфекции животных используются все современные иммунохимические и молекулярно-биологические методы [51, 61, 66].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Астровирусная инфекция считается одной из наиболее распространенных причин массовых гастроэнтеритов разных видов животных во многих странах мира. Установлена роль астровирусов в этиологии респираторной патологии крупного рогатого скота. Зарегистрированы случаи заболевания крупного рогатого скота, проявляющиеся поражением центральной нервной системы. Результаты молекулярно-биологических исследований изолятов астровируса, выделенных из проб патологического материала, свидетельствуют о генетической изменчивости вируса. Регулярно появляются сообщения о выявленных рекомбинациях в астровирусах. Широкое разнообразие видов инфицированных животных и возникновение рекомбинаций указывают на межвидовую передачу и последующую адаптацию астровируса к новым хозяевам либо коинфекцию одного и того же хозяина различными вирусами. Это также может приводить к появлению новых

астровирусов, инфицирующих животных и обладающих зоонозным потенциалом. Представленные данные указывают на необходимость учета астровирусной инфекции при исследовании проб патологического материала от больных диареей новорожденных телят, ягнят, козлят и поросят в промышленных хозяйствах страны. Астровирусную инфекцию необходимо учитывать и при исследовании проб патологического материала, отобранного от животных с респираторной патологией. Данные о рекомбинациях, происходящих между астровирусами человека и астровирусами животных, позволяют предполагать вероятность формирования новых групп вирусов, потенциально способных вызывать развитие эпизоотического процесса среди животных. Факторами передачи астровирусов могут служить контаминированные возбудителем корма и вода, а также предметы ухода. Все это свидетельствует о необходимости учета астровирусной инфекции при проведении эпизоотологических исследований и выяснении этиологии массовых случаев желудочно-кишечной патологии новорожденных телят, поросят, ягнят, козлят, жеребят, собак и кошек.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные инфекционные болезни крупного рогатого скота: руководство. Под ред. проф. Т. И. Алипера. М.: Сельскохозяйственные технологии; 2021. 832 с.
2. Гаффаров Х. З., Иванов А. В., Непоклонов Е. А., Равилов А. З. Моно- и смешанные инфекционные диареи новорожденных телят и поросят. Казань: Фэн; 2002. 592 с.
3. Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных. Под ред. академика РАН Д. К. Львова. М.: Медицинское информационное агентство; 2013; 274–276.
4. Черных О. Ю., Шевченко А. А., Мищенко В. А., Мищенко А. В., Шевкопляс В. Н. Астровирусная инфекция крупного рогатого скота. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015; (57): 156–166. <https://elibrary.ru/whwydv>
5. Юров К. П., Гулюкин М. И., Мникова Л. А., Алексеенкова С. В., Ишкова Т. А. Вирусы – возбудители распространенных желудочно-кишечных инфекций крупного рогатого скота (обзор). *Ветеринария и кормление*. 2021; (2): 55–58. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-2-15>
6. Caffarena R. D., Casaux M. L., Schild C. O., Fraga M., Castells M., Colina R., et al. Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: A farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2021; 52 (2): 977–988. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00440-3>
7. Capozza P., Martella V., Lanave G., Catella C., Diakoudi G., Beikpour F., et al. An outbreak of neonatal enteritis in buffalo calves associated with astrovirus. *Journal of Veterinary Science*. 2021; 22 (6):e84. <https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22.e84>
8. Castells M., Colina R. Viral enteritis in cattle: to well known viruses and beyond. *Microbiology Research*. 2021; 12 (3): 663–682. <https://doi.org/10.3390/microbiolres12030048>
9. Chen X., Zhang B., Yue H., Wang Y., Zhou F., Zhang Q., Tang C. A novel astrovirus species in the gut of yaks with diarrhoea in the Qinghai-Tibetan Plateau, 2013. *Journal of General Virology*. 2015; 96 (12): 3672–3680. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000303>
10. Cho Y. I., Yoon K. J. An overview of calf diarrhea – infectious etiology, diagnosis, and intervention. *Journal of Veterinary Science*. 2014; 15 (1): 1–17. <https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.1.1>
11. Gomez D. E., Weese J. S. Viral enteritis in calves. *The Canadian Veterinary Journal*. 2017; 58 (12): 1267–1274. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29203935>
12. Herring A. J., Gray E. W., Snodgrass D. R. Purification and characterization of ovine astrovirus. *Journal of General Virology*. 1981; 53 (Pt. 1): 47–55. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-53-1-47>
13. Сепреев В. А., Непоклонов Е. А., Алипер Т. И. Вирусы и вирусные вакцины. М.: Библионика; 2007; 467–469.
14. Мищенко В. А., Гетманский О. И., Никешина Т. Б., Думова В. В., Павлов Д. К., Жбанова Т. В. и др. Эффективность вакцинопрофилактики вирусных диарей новорожденных телят рота- и коронавирусной этиологии. *Ветеринария Кубани*. 2008; (3): 4–6. <https://elibrary.ru/kzccol>
15. Мищенко В. А., Мищенко А. В., Никешина Т. Б., Бровко Ю. В., Кушлубаева А. И. Небовирусная инфекция крупного рогатого скота (обзор

- литературы). *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (4): 278–283. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-4-278-283>
16. Мищенко В. А., Мищенко А. В., Никешина Т. Б., Бровко Ю. В., Кушлбаева А. И. Проблема торовирусной инфекции животных (обзор литературы). *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (2): 133–139. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-133-139>
17. Мищенко В. А., Мищенко А. В., Яшин Р. В., Лысенко А. А., Кривонос Р. А., Черных О. Ю. Особенности кобувирусной инфекции сельскохозяйственных животных. *Ветеринария Кубани*. 2021; (5): 3–6. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2021-5-3-6>
18. Palombieri A., Fruci P., Di Profio F., Sarchese V., Robetto S., Martella V., Di Martino B. Detection and characterization of bovipoviruses in domestic and wild ruminants. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (6): 3972–3978. <https://doi.org/10.1111/tbed.14676>
19. Woode G. N., Bridger J. C. Isolation of small viruses resembling astroviruses and caliciviruses from acute enteritis of calves. *Journal of Medical Microbiology*. 1978; 11 (4): 441–452. <https://doi.org/10.1099/00222615-11-4-441>
20. Bridger J. C., Hall G. A., Brown J. F. Characterization of a calici-like virus (Newbury agent) found in association with astrovirus in bovine diarrhea. *Infection and Immunity*. 1984; 43 (1): 133–138. <https://doi.org/10.1128/iai.43.1.133-138.1984>
21. Sharp C. P., Gregory W. F., Mason C., Bronsvort B. M., Beard P. M. High prevalence and diversity of bovine astroviruses in the faeces of healthy and diarrhoeic calves in South West Scotland. *Veterinary Microbiology*. 2015; 178 (1–2): 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.05.002>
22. Подколзин А. Г., Коновалова Т. А., Яковенко М. Л., Браславская С. И., Шипулин Г. А. Астровирусная инфекция в Российской Федерации. *Вопросы вирусологии*. 2013; 58 (3): 32–37. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/12229>
23. Finkbeiner S. R., Allred A. F., Tarr P. I., Klein E. J., Kirkwood C. D., Wang D. Metagenomic analysis of human diarrhea: viral detection and discovery. *PLoS Pathogens*. 2008; 4 (2): e1000011. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000011>
24. Finkbeiner S. R., Li Y., Ruone S., Conrardy C., Gregoricus N., Toney D., et al. Identification of a novel astrovirus (astrovirus VA1) associated with an outbreak of acute gastroenteritis. *Journal of Virology*. 2009; 83 (20): 10836–10839. <https://doi.org/10.1128/jvi.00998-09>
25. De Benedictis P., Schultz-Cherry S., Burnham A., Cattoli G. Astrovirus infections in humans and animals – molecular biology, genetic diversity, and interspecies transmissions. *Infection, Genetics and Evolution*. 2011; 11 (7): 1529–1544. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.07.024>
26. Bosch A., Pintó R. M., Guix S. Human Astroviruses. *Clinical Microbiology Reviews*. 2014; 27 (4): 1048–1074. <https://doi.org/10.1128/cmr.00013-14>
27. Arias C. F., DuBois R. M. The astrovirus capsid: A review. *Viruses*. 2017; 9 (1): 15. <https://doi.org/10.3390/v9010015>
28. Wohlgemuth N., Honce R., Schultz-Cherry S. Astrovirus evolution and emergence. *Infection, Genetics and Evolution*. 2019; 69: 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2019.01.009>
29. Family *Astroviridae*. In: *Payne S. Viruses: From Understanding to Investigation*. Academic Press; 2017; Chapter 14: 125–128. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803109-4.00014-3>
30. Zaccaria G., Lorusso A., Hierweger M. M., Malatesta D., Defourny S. V., Ruggeri F., et al. Detection of astrovirus in a cow with neurological signs by nanopore technology, Italy. *Viruses*. 2020; 12 (5): 530. <https://doi.org/10.3390/v12050530>
31. Bosch A., Guix S., Krishna N. K., Méndez E., Monroe S. S., Pantin-Jackwood M., Schultz-Cherry S. Family: *Astroviridae*. In: *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Eds. A. M. Q. King, M. J. Adams, E. B. Carstens, E. J. Lefkowitz. Academic Press; 2012; 953–959.
32. Donato C., Vijaykrishna D. The broad host range and genetic diversity of mammalian and avian astroviruses. *Viruses*. 2017; 9 (5): 102. <https://doi.org/10.3390/v9050102>
33. Woo P. C. Y., Lau S. K. P., Teng J. L. L., Tsang A. K. L., Joseph S., Xie J., et al. A novel astrovirus from dromedaries in the Middle East. *Journal of General Virology*. 2015; 96 (9): 2697–2707. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000233>
34. Alfred N., Liu H., Li M. L., Hong S. F., Tang H. B., Wei Z. Z., et al. Molecular epidemiology and phylogenetic analysis of diverse bovine astroviruses associated with diarrhea in cattle and water buffalo calves in China. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2015; 77 (6): 643–651. <https://doi.org/10.1292/jvms.14-0252>
35. Nagai M., Omatsu T., Aoki H., Otomaru K., Uto T., Koizumi M., et al. Full genome analysis of bovine astrovirus from fecal samples of cattle in Japan: identification of possible interspecies transmission of bovine astrovirus. *Archives of Virology*. 2015; 160 (10): 2491–2501. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2543-7>
36. Oem J. K., An D. J. Phylogenetic analysis of bovine astrovirus in Korean cattle. *Virus Genes*. 2014; 48 (2): 372–375. <https://doi.org/10.1007/s11262-013-1013-0>
37. Martella V., Catella C., Capozza P., Diakoudi G., Camero M., Lanave G., et al. Identification of astroviruses in bovine and buffalo calves with enteritis. *Research in Veterinary Science*. 2020; 131: 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.010>
38. Mendenhall I. H., Smith G. J., Vijaykrishna D. Ecological drivers of virus evolution: Astrovirus as a case study. *Journal of Virology*. 2015; 89 (14): 6978–6981. <https://doi.org/10.1128/jvi.02971-14>
39. Reuter G., Nemes C., Boros A., Kapusinszky B., Delwart E., Pankovics P. Astrovirus in wild boars (*Sus scrofa*) in Hungary. *Archives of Virology*. 2012; 157 (6): 1143–1147. <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1272-4>
40. Rivera R., Nollens H. H., Venn-Watson S., Gulland F. M., Wellehan J. F. Jr. Characterization of phylogenetically diverse astroviruses of marine mammals. *Journal of General Virology*. 2010; 91 (1): 166–173. <https://doi.org/10.1099/vir.0.015222-0>
41. Roach S. N., Langlois R. A. Intra- and cross-species transmission of astroviruses. *Viruses*. 2021; 13 (6): 1127. <https://doi.org/10.3390/v13061127>
42. Smits S. L., van Leeuwen M., Kuiken T., Hammer A. S., Simon J. H., Osterhaus A. D. Identification and characterization of deer astroviruses. *Journal of General Virology*. 2010; 91 (11): 2719–2722. <https://doi.org/10.1099/vir.0.024067-0>
43. Wang L., Shen H., Zheng Y., Schumacher L., Li G. Astrovirus in white-tailed deer, United States, 2018. *Emerging Infectious Diseases*. 2020; 26 (2): 374–376. <https://doi.org/10.3201/eid2602.190878>
44. Woode G. N., Pohlenz J. F., Gourley N. E., Fagerland J. A. Astrovirus and Breda virus infections of dome cell epithelium of bovine ileum. *Journal of Clinical Microbiology*. 1984; 19 (5): 623–630. <https://doi.org/10.1128/jcm.19.5.623-630.1984>
45. Woode G. N., Gourley N. E., Pohlenz J. F., Liebler E. M., Mathews S. L., Hutchinson M. P. Serotypes of bovine astrovirus. *Journal of Clinical Microbiology*. 1985; 22 (4): 668–670. <https://doi.org/10.1128/jcm.22.4.668-670.1985>
46. Zhu Q., Li B., Sun D. Bovine astrovirus – A comprehensive review. *Viruses*. 2022; 14 (6): 1217. <https://doi.org/10.3390/v14061217>
47. Candido M., Alencar A. L., Almeida-Queiroz S. R., Buzinaro M. da G., Munin F. S., de Godoy S. H., et al. Molecular detection and phylogenetic analysis of bovine astrovirus in Brazil. *Archives of Virology*. 2015; 160 (6): 1519–1525. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2400-8>
48. Lee T. W., Kurtz J. B. Serial propagation of astrovirus in tissue culture with the aid of trypsin. *Journal of General Virology*. 1981; 57 (2): 421–424. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-57-2-421>
49. *Caliciviridae* and *Astroviridae*. In: *Fenner's Veterinary Virology*. Ed. by N. J. MacLachlan, E. J. Dubovi. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press; 2017; Chapter 27: 497–510. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800946-8.00027-1>
50. Aroonprasert D., Fagerland J. A., Kelso N. E., Zheng S., Woode G. N. Cultivation and partial characterization of bovine astrovirus. *Veterinary Microbiology*. 1989; 19 (2): 113–125. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(89\)90077-1](https://doi.org/10.1016/0378-1135(89)90077-1)
51. Reuter G., Pankovics P., Delwart E., Boros Á. Identification of a novel astrovirus in domestic sheep in Hungary. *Archives of Virology*. 2012; 157 (2): 323–327. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-1151-4>
52. Cortez V., Meliopoulos V. A., Karlsson E. A., Hargest V., Johnson C., Schultz-Cherry S. Astrovirus biology and pathogenesis. *Annual Review of Virology*. 2017; 4 (1): 327–348. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-101416-041742>
53. Kauer R. V., Koch M. C., Hierweger M. M., Werder S., Boujon C. L., Seuberlich T. Discovery of novel astrovirus genotype species in small ruminants. *PeerJ*. 2019; 7: e7338. <https://doi.org/10.7717/peerj.7338>
54. Zhu J., Qi M., Jiang C., Peng Y., Peng Q., Chen Y., et al. Prevalence of bovine astroviruses and their genotypes in sampled Chinese calves with and without diarrhoea. *Journal of General Virology*. 2021; 102 (8): 001640. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001640>
55. Turan T., İşidan H. The first detection and phylogenetic analysis of bovine astrovirus from diarrheic calves in Turkey. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*. 2018; 29 (2): 104–110. <https://doi.org/10.35864/evmd.513442>
56. Mohamed F. F., Mansour S. M. G., El-Araby I. E., Mor S. K., Goyal S. M. Molecular detection of enteric viruses from diarrheic calves in Egypt. *Archives of Virology*. 2017; 162 (1): 129–137. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-3088-0>
57. Jamnikar-Ciglenecki U., Civnik V., Kirbis A., Kuhar U. A molecular survey, whole genome sequencing and phylogenetic analysis of astroviruses from roe deer. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16 (1): 68. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02289-4>
58. Tzipori S., Menzies J. D., Gray E. W. Detection of astrovirus in the faeces of red deer. *Veterinary Record*. 1981; 108 (13): 286. <https://doi.org/10.1136/vr.108.13.286>
59. Bouzalas I. G., Wüthrich D., Walland J., Drögemüller C., Zurbriggen A., Vandeveldel M., et al. Neurotropic astrovirus in cattle with nonsuppurative encephalitis in Europe. *Journal of Clinical Microbiology*. 2014; 52 (9): 3318–3324. <https://doi.org/10.1128/jcm.01195-14>

60. Schlottau K., Schulze C., Bilk S., Hanke D., Höper D., Beer M., Hoffmann B. Detection of a novel bovine astrovirus in a cow with encephalitis. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016; 63 (3): 253–259. <https://doi.org/10.1111/tbed.12493>

61. Spinato M. T., Vince A., Cai H., Ojkic D. Identification of bovine astrovirus in cases of bovine non-suppurative encephalitis in eastern Canada. *The Canadian Veterinary Journal*. 2017; 58 (6): 607–609. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28588335>

62. Wildi N., Seuberlich T. Neurotropic astroviruses in animals. *Viruses*. 2021; 13 (7):1201. <https://doi.org/10.3390/v13071201>

63. Nelsen A., Knudsen D., Hause B. M. Identification of a novel astrovirus associated with bovine respiratory disease. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2023; 2023:8512021. <https://doi.org/10.1155/2023/8512021>

64. Ng T. F., Kondov N. O., Deng X., Van Eenennaam A., Neiberghs H. L., Delwart E. A metagenomics and case-control study to identify viruses associated with bovine respiratory disease. *Journal of Virology*. 2015; 89 (10): 5340–5349. <https://doi.org/10.1128/jvi.00064-15>

65. Wang D., Gao H., Zhao L., Lv C., Dou W., Zhang X., et al. Detection of the dominant pathogens in diarrheal calves of Ningxia, China in 2021–2022. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023; 10:1155061. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1155061>

66. Pérot P., Lecuit M., Eloit M. Astrovirus diagnostics. *Viruses*. 2017; 9 (1):10. <https://doi.org/10.3390/v9010010>

## REFERENCES

1. Current infectious diseases of cattle: a manual. Ed. by T. I. Aliper. Moscow: Sel'skokhozyaistvennyye tekhnologii; 2021. 832 p. (in Russ.)

2. Gaffarov Kh. Z., Ivanov A. V., Nepoklonov E. A., Ravilov A. Z. Mono- and mixed infectious diarrhea of neonatal calves and piglets. Kazan: Fen; 2002. 592 p. (in Russ.)

3. Guidance on virology. Human and animal viruses and viral infections. Ed. by D. K. Lvov. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2013; 274–276. (in Russ.)

4. Chernykh O. Yu., Shevchenko A. A., Mishchenko V. A., Mishchenko A. V., Shevkopyas V. N. Astrovirus infection of cattle. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015; (57): 156–166. <https://elibrary.ru/whwydv> (in Russ.)

5. Yurov K. P., Gulyukin M. I., Mnikova L. A., Alexeyenkova S. V., Ishkova T. A. Viruses causing frequent and emergent gastrointestinal infections of cattle (review). *Veterinaria i kormlenie*. 2021; (2): 55–58. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-2-15> (in Russ.)

6. Caffarena R. D., Casaux M. L., Schild C. O., Fraga M., Castells M., Colina R., et al. Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: A farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2021; 52 (2): 977–988. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00440-3>

7. Capozza P., Martella V., Lanave G., Catella C., Diakoudi G., Beikpour F., et al. An outbreak of neonatal enteritis in buffalo calves associated with astrovirus. *Journal of Veterinary Science*. 2021; 22 (6):e84. <https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22.e84>

8. Castells M., Colina R. Viral enteritis in cattle: to well known viruses and beyond. *Microbiology Research*. 2021; 12 (3): 663–682. <https://doi.org/10.3390/microbiolres12030048>

9. Chen X., Zhang B., Yue H., Wang Y., Zhou F., Zhang Q., Tang C. A novel astrovirus species in the gut of yaks with diarrhoea in the Qinghai-Tibetan Plateau, 2013. *Journal of General Virology*. 2015; 96 (12): 3672–3680. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000303>

10. Cho Y. I., Yoon K. J. An overview of calf diarrhea – infectious etiology, diagnosis, and intervention. *Journal of Veterinary Science*. 2014; 15 (1): 1–17. <https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.1.1>

11. Gomez D. E., Weese J. S. Viral enteritis in calves. *The Canadian Veterinary Journal*. 2017; 58 (12): 1267–1274. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29203935>

12. Herring A. J., Gray E. W., Snodgrass D. R. Purification and characterization of ovine astrovirus. *Journal of General Virology*. 1981; 53 (Pt. 1): 47–55. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-53-1-47>

13. Sergeev V. A., Nepoklonov E. A., Aliper T. I. Viruses and viral vaccines. Moscow: Bibliotika; 2007; 467–469. (in Russ.)

14. Mischenko V. A., Getmanskii O. I., Nikeshina T. B., Dumova V. V., Pavlov D. K., Zhibanova T. V., et al. Effectiveness of preventive vaccination against bovine neonatal viral diarrhea of rota- and coronavirus etiology. *Veterinaria Kubani*. 2008; (3): 4–6. <https://elibrary.ru/kzccol> (in Russ.)

15. Mischenko V. A., Mischenko A. V., Nikeshina T. B., Brovko Yu. V., Kushlubaeva A. I. Bovine nebavirus infection (review). *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (4): 278–283. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-4-278-283>

16. Mischenko V. A., Mischenko A. V., Nikeshina T. B., Brovko Yu. V., Kushlubaeva A. I. Torovirus infection in animals: a review. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (2): 133–139. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-133-139>

17. Mishchenko V. A., Mishchenko A. V., Yashin R. V., Lysenko A. A., Krivonos R. A., Chernykh O. Yu. Features of cobuvirus infection of farm animals. *Veterinaria Kubani*. 2021; (5): 3–6. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2021-5-3-6> (in Russ.)

18. Palombieri A., Fruci P., Di Profio F., Sarchese V., Robetto S., Martella V., Di Martino B. Detection and characterization of bopiviruses in domestic and wild ruminants. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (6): 3972–3978. <https://doi.org/10.1111/tbed.14676>

19. Woode G. N., Bridger J. C. Isolation of small viruses resembling astroviruses and caliciviruses from acute enteritis of calves. *Journal of Medical Microbiology*. 1978; 11 (4): 441–452. <https://doi.org/10.1099/00222615-11-4-441>

20. Bridger J. C., Hall G. A., Brown J. F. Characterization of a calici-like virus (Newbury agent) found in association with astrovirus in bovine diarrhea. *Infection and Immunity*. 1984; 43 (1): 133–138. <https://doi.org/10.1128/iai.43.1.133-138.1984>

21. Sharp C. P., Gregory W. F., Mason C., Bronsvort B. M., Beard P. M. High prevalence and diversity of bovine astroviruses in the faeces of healthy and diarrhoeic calves in South West Scotland. *Veterinary Microbiology*. 2015; 178 (1–2): 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.05.002>

22. Podkolzin A. T., Konovalova T. A., Yakovenko M. L., Braslavskaya S. I., Shipulin G. A. Astroviral infection in Russian Federation. *Problems of Virology*. 2013; 58 (3): 32–37. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/12229> (in Russ.)

23. Finkbeiner S. R., Allred A. F., Tarr P. I., Klein E. J., Kirkwood C. D., Wang D. Metagenomic analysis of human diarrhea: viral detection and discovery. *PLoS Pathogens*. 2008; 4 (2):e1000011. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000011>

24. Finkbeiner S. R., Li Y., Ruone S., Conrardy C., Gregoricus N., Toney D., et al. Identification of a novel astrovirus (astrovirus VA1) associated with an outbreak of acute gastroenteritis. *Journal of Virology*. 2009; 83 (20): 10836–10839. <https://doi.org/10.1128/jvi.00998-09>

25. De Benedictis P., Schultz-Cherry S., Burnham A., Cattoli G. Astrovirus infections in humans and animals – molecular biology, genetic diversity, and interspecies transmissions. *Infection, Genetics and Evolution*. 2011; 11 (7): 1529–1544. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.07.024>

26. Bosch A., Pintó R. M., Guix S. Human Astroviruses. *Clinical Microbiology Reviews*. 2014; 27 (4): 1048–1074. <https://doi.org/10.1128/cmr.00013-14>

27. Arias C. F., DuBois R. M. The astrovirus capsid: A review. *Viruses*. 2017; 9 (1):15. <https://doi.org/10.3390/v9010015>

28. Wohlgemuth N., Honce R., Schultz-Cherry S. Astrovirus evolution and emergence. *Infection, Genetics and Evolution*. 2019; 69: 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2019.01.009>

29. Family *Astroviridae*. In: *Payne S. Viruses: From Understanding to Investigation*. Academic Press; 2017; Chapter 14: 125–128. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803109-4.00014-3>

30. Zaccaria G., Lorusso A., Hierweger M. M., Malatesta D., Defourny S. V., Ruggeri F., et al. Detection of astrovirus in a cow with neurological signs by nanopore technology, Italy. *Viruses*. 2020; 12 (5):530. <https://doi.org/10.3390/v12050530>

31. Bosch A., Guix S., Krishna N. K., Méndez E., Monroe S. S., Pantin-Jackwood M., Schultz-Cherry S. Family: *Astroviridae*. In: *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Eds. A. M. Q. King, M. J. Adams, E. B. Carstens, E. J. Lefkowitz. Academic Press; 2012; 953–959.

32. Donato C., Vijaykrishna D. The broad host range and genetic diversity of mammalian and avian astroviruses. *Viruses*. 2017; 9 (5):102. <https://doi.org/10.3390/v9050102>

33. Woo P. C. Y., Lau S. K. P., Teng J. L. L., Tsang A. K. L., Joseph S., Xie J., et al. A novel astrovirus from dromedaries in the Middle East. *Journal of General Virology*. 2015; 96 (9): 2697–2707. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000233>

34. Alfred N., Liu H., Li M. L., Hong S. F., Tang H. B., Wei Z. Z., et al. Molecular epidemiology and phylogenetic analysis of diverse bovine astroviruses associated with diarrhea in cattle and water buffalo calves in China. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2015; 77 (6): 643–651. <https://doi.org/10.1292/jvms.14-0252>

35. Nagai M., Omatsu T., Aoki H., Otomaru K., Uto T., Koizumi M., et al. Full genome analysis of bovine astrovirus from fecal samples of cattle in Japan: identification of possible interspecies transmission of bovine astrovirus. *Archives of Virology*. 2015; 160 (10): 2491–2501. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2543-7>

36. Oem J. K., An D. J. Phylogenetic analysis of bovine astrovirus in Korean cattle. *Virus Genes*. 2014; 48 (2): 372–375. <https://doi.org/10.1007/s11262-013-1013-0>

37. Martella V., Catella C., Capozza P., Diakoudi G., Camero M., Lanave G., et al. Identification of astroviruses in bovine and buffalo calves with enteritis. *Research in Veterinary Science*. 2020; 131: 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.010>

38. Mendenhall I. H., Smith G. J., Vijaykrishna D. Ecological drivers of virus evolution: Astrovirus as a case study. *Journal of Virology*. 2015; 89 (14): 6978–6981. <https://doi.org/10.1128/jvi.02971-14>
39. Reuter G., Nemes C., Boros A., Kapusinszky B., Delwart E., Pankovics P. Astrovirus in wild boars (*Sus scrofa*) in Hungary. *Archives of Virology*. 2012; 157 (6): 1143–1147. <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1272-4>
40. Rivera R., Nollens H. H., Venn-Watson S., Gulland F. M., Wellehan J. F. Jr. Characterization of phylogenetically diverse astroviruses of marine mammals. *Journal of General Virology*. 2010; 91 (1): 166–173. <https://doi.org/10.1099/vir.0.015222-0>
41. Roach S. N., Langlois R. A. Intra- and cross-species transmission of astroviruses. *Viruses*. 2021; 13 (6): 1127. <https://doi.org/10.3390/v13061127>
42. Smits S. L., van Leeuwen M., Kuiken T., Hammer A. S., Simon J. H., Osterhaus A. D. Identification and characterization of deer astroviruses. *Journal of General Virology*. 2010; 91 (11): 2719–2722. <https://doi.org/10.1099/vir.0.024067-0>
43. Wang L., Shen H., Zheng Y., Schumacher L., Li G. Astrovirus in white-tailed deer, United States, 2018. *Emerging Infectious Diseases*. 2020; 26 (2): 374–376. <https://doi.org/10.3201/eid2602.190878>
44. Woode G. N., Pohlenz J. F., Gourley N. E., Fagerland J. A. Astrovirus and Breda virus infections of dome cell epithelium of bovine ileum. *Journal of Clinical Microbiology*. 1984; 19 (5): 623–630. <https://doi.org/10.1128/jcm.19.5.623-630.1984>
45. Woode G. N., Gourley N. E., Pohlenz J. F., Liebler E. M., Mathews S. L., Hutchinson M. P. Serotypes of bovine astrovirus. *Journal of Clinical Microbiology*. 1985; 22 (4): 668–670. <https://doi.org/10.1128/jcm.22.4.668-670.1985>
46. Zhu Q., Li B., Sun D. Bovine astrovirus – A comprehensive review. *Viruses*. 2022; 14 (6): 1217. <https://doi.org/10.3390/v14061217>
47. Candido M., Alencar A. L., Almeida-Queiroz S. R., Buzinaro M. da G., Munin F. S., de Godoy S. H., et al. Molecular detection and phylogenetic analysis of bovine astrovirus in Brazil. *Archives of Virology*. 2015; 160 (6): 1519–1525. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2400-8>
48. Lee T. W., Kurtz J. B. Serial propagation of astrovirus in tissue culture with the aid of trypsin. *Journal of General Virology*. 1981; 57 (2): 421–424. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-57-2-421>
49. *Caliciviridae and Astroviridae*. In: *Fenner's Veterinary Virology*. Ed. by N. J. MacLachlan, E. J. Dubovi. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press; 2017; Chapter 27; 497–510. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800946-8.00027-1>
50. Aroonprasert D., Fagerland J. A., Kelso N. E., Zheng S., Woode G. N. Cultivation and partial characterization of bovine astrovirus. *Veterinary Microbiology*. 1989; 19 (2): 113–125. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(89\)90077-1](https://doi.org/10.1016/0378-1135(89)90077-1)
51. Reuter G., Pankovics P., Delwart E., Boros Á. Identification of a novel astrovirus in domestic sheep in Hungary. *Archives of Virology*. 2012; 157 (2): 323–327. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-1151-4>
52. Cortez V., Meliopoulos V. A., Karlsson E. A., Hargest V., Johnson C., Schultz-Cherry S. Astrovirus biology and pathogenesis. *Annual Review of Virology*. 2017; 4 (1): 327–348. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-101416-041742>
53. Kauer R. V., Koch M. C., Hierweger M. M., Werder S., Boujon C. L., Seuberlich T. Discovery of novel astrovirus genotype species in small ruminants. *PeerJ*. 2019; 7:e7338. <https://doi.org/10.7717/peerj.7338>
54. Zhu J., Qi M., Jiang C., Peng Y., Peng Q., Chen Y., et al. Prevalence of bovine astroviruses and their genotypes in sampled Chinese calves with and without diarrhoea. *Journal of General Virology*. 2021; 102 (8): 001640. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001640>
55. Turan T., Işidan H. The first detection and phylogenetic analysis of bovine astrovirus from diarrheic calves in Turkey. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*. 2018; 29 (2): 104–110. <https://doi.org/10.35864/evmd.513442>
56. Mohamed F. F., Mansour S. M. G., El-Araby I. E., Mor S. K., Goyal S. M. Molecular detection of enteric viruses from diarrheic calves in Egypt. *Archives of Virology*. 2017; 162 (1): 129–137. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-3088-0>
57. Jamnikar-Ciglenecki U., Civnik V., Kirbis A., Kuhar U. A molecular survey, whole genome sequencing and phylogenetic analysis of astroviruses from roe deer. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16 (1): 68. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02289-4>
58. Tzipori S., Menzies J. D., Gray E. W. Detection of astrovirus in the faeces of red deer. *Veterinary Record*. 1981; 108 (13): 286. <https://doi.org/10.1136/vr.108.13.286>
59. Bouzalas I. G., Wüthrich D., Walland J., Drögemüller C., Zurbriggen A., Vandeveldel M., et al. Neurotropic astrovirus in cattle with nonsuppurative encephalitis in Europe. *Journal of Clinical Microbiology*. 2014; 52 (9): 3318–3324. <https://doi.org/10.1128/jcm.01195-14>
60. Schlottau K., Schulze C., Bilk S., Hanke D., Höper D., Beer M., Hoffmann B. Detection of a novel bovine astrovirus in a cow with encephalitis. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016; 63 (3): 253–259. <https://doi.org/10.1111/tbed.12493>
61. Spinato M. T., Vince A., Cai H., Ojkic D. Identification of bovine astrovirus in cases of bovine non-suppurative encephalitis in eastern Canada. *The Canadian Veterinary Journal*. 2017; 58 (6): 607–609. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28588335>
62. Wildi N., Seuberlich T. Neurotropic astroviruses in animals. *Viruses*. 2021; 13 (7): 1201. <https://doi.org/10.3390/v13071201>
63. Nelsen A., Knudsen D., Hause B. M. Identification of a novel astrovirus associated with bovine respiratory disease. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2023; 2023:8512021. <https://doi.org/10.1155/2023/8512021>
64. Ng T. F., Kondov N. O., Deng X., Van Eenennaam A., Neiberghs H. L., Delwart E. A metagenomics and case-control study to identify viruses associated with bovine respiratory disease. *Journal of Virology*. 2015; 89 (10): 5340–5349. <https://doi.org/10.1128/jvi.00064-15>
65. Wang D., Gao H., Zhao L., Lv C., Dou W., Zhang X., et al. Detection of the dominant pathogens in diarrheal calves of Ningxia, China in 2021–2022. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023; 10:1155061. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1155061>
66. Pérot P., Lecuit M., Eloit M. Astrovirus diagnostics. *Viruses*. 2017; 9 (1): 10. <https://doi.org/10.3390/v9010010>

Поступила в редакцию / Received 11.07.2024

Поступила после рецензирования / Revised 12.08.2024

Принята к публикации / Accepted 09.09.2024

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мищенко Владимир Александрович**, д-р вет. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биотехнологий и конструирования вирусных препаратов ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3751-2168>, [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

**Мищенко Алексей Владимирович**, д-р вет. наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9752-6337>, [view@admin.ru](mailto:view@admin.ru)

**Никешина Татьяна Борисовна**, канд. биол. наук, заведующий сектором отдела образования и научной информации ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-0959-5915>, [nikeshina@arriah.ru](mailto:nikeshina@arriah.ru)

**Петрова Ольга Николаевна**, канд. биол. наук, заместитель заведующего сектором информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3939-1929>, [petrova@arriah.ru](mailto:petrova@arriah.ru)

**Vladimir A. Mishchenko**, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Chief Researcher, Laboratory for Biotechnologies and Viral Product Construction, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3751-2168>, [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

**Alexey V. Mishchenko**, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Chief Researcher, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9752-6337>, [view@admin.ru](mailto:view@admin.ru)

**Tatiana B. Nikeshina**, Cand. Sci. (Biology), Head of Sector, Education and Scientific Support Department, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0959-5915>, [nikeshina@arriah.ru](mailto:nikeshina@arriah.ru)

**Olga N. Petrova**, Cand. Sci. (Biology), Deputy Head of the Sector, Information and Analysis Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3939-1929>, [petrova@arriah.ru](mailto:petrova@arriah.ru)

**Вклад авторов:** Авторы внесли равный вклад на всех этапах работы и написания статьи.

**Contribution:** All authors contributed equally to this work and writing of the article at all stages.