



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-2-118-123>  
УДК 619:616.98:578:616.3-053.2(048)



# Проблема норовирусной инфекции 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>, Ю. В. Бровко<sup>3</sup>, А. И. Кушлубаева<sup>4</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. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИАВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

<sup>3</sup> Тульский филиал ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (Тульский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Некрасова, 1а, г. Тула, 300045, Россия

<sup>4</sup> Татарский филиал ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (Татарский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Родины, 25а/3, г. Казань, 420087, Республика Татарстан, Россия

## РЕЗЮМЕ

Основной повышeния эффективности животноводства является сохранность молодняка, главным образом в ранний постнатальный период. Ведущее место среди болезней молодняка занимают инфекционные гастроэнтериты новорожденных животных, которые проявляются диареей и приводят к производственным и экономическим потерям. Причиной массовых нарушений функции органов пищеварения являются физиологические, санитарно-гигиенические, инфекционные и другие факторы. Данная патология регистрируется у 50–80% новорожденных телят, во многих случаях отмечается гибель от 15 до 55% больных животных. При установлении этиологии массовых диарей в пробах фекалий телят выявляли рота-, корона-, парво-, энтеровирусы и возбудители вирусной диареи – болезни слизистых. Для профилактики вирусных диарей крупного рогатого скота в Российской Федерации были разработаны инактивированные вакцины. Несмотря на их высокую антигенную активность и полевую эффективность, в ряде крупных животноводческих хозяйств были зарегистрированы случаи массовых диарей новорожденных телят. В пробах фекалий, отобранных от отдельных больных животных, наряду с возбудителями указанных инфекций методом электронной микроскопии выявлялись норовирусы. Возбудитель норовирусной инфекции был обнаружен в пробах фекалий человека, крупного рогатого скота, свиней, овец, собак, кошек, мышей, а также в свинине и молоке. Геном норовируса подвержен мутациям, что приводит к антигенному сдвигу и рекомбинациям, а также возникновению и быстрому распространению новых эпидемических и эпизоотических вариантов возбудителя. Эпизоотологическими особенностями норовирусной инфекции являются: длительное выделение возбудителя из организма больных животных и животных-вирусоносителей, реализация различных путей передачи (фекально-орального, контактного) и высокая контагиозность. В конце XX и в начале XXI века в Российскую Федерацию из разных стран, в том числе и из неблагополучных по норовирусной инфекции, было завезено большое количество крупного рогатого скота молочных и мясных пород. Все это свидетельствует о необходимости учета норовирусов и других патогенов (небовирусов, торовирусов, астровирусов, кобувирусов) при выяснении этиологии массовых случаев диарей новорожденных телят, а также разработки средств и методов диагностики и мер борьбы с норовирусной инфекцией животных.

**Ключевые слова:** обзор, норовирусы, *Caliciviridae*, диарея, телята, свиньи, генотипы, геногруппы, зооноз, фекально-оральный путь заражения

**Для цитирования:** Мищенко В. А., Мищенко А. В., Никешина Т. Б., Петрова О. Н., Бровко Ю. В., Кушлубаева А. И. Проблема норовирусной инфекции животных (обзор литературы). *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (2): 118–123. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-2-118-123>

**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, e-mail: [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

## The problem of norovirus 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>, Yuliya V. Brovko<sup>3</sup>, Alfiya I. Kushlubayeva<sup>4</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

<sup>3</sup> Tula Branch of Federal Centre for Animal Health, 1a Nekrasova str., Tula 300045, Russia

<sup>4</sup> Tatarian Branch of Federal Centre for Animal Health, 25a/3 Rodiny str., Kazan 420087, Republic of Tatarstan, Russia

## ABSTRACT

Livestock industry efficiency strongly depends on the livability of young animals, mainly during the early postnatal period. Infectious gastroenteritis of newborns manifested as diarrhea occupies the leading place among the diseases of young animals and brings the production and economic losses. The cause of numerous gastrointestinal disorders are physiological, hygienic, infectious and other factors. This pathology is reported in 50–80% of newborn calves, while 15–55% of diseased animals die. The investigations of the etiology of numerous diarrhea cases revealed rota-, corona-, parvo-, enteroviruses and bovine viral diarrhea virus

in fecal samples from calves. Inactivated vaccines have been developed in the Russian Federation to prevent viral diarrhea in cattle. Despite their high antigenicity and field effectiveness, numerous cases of diarrhea in newborn calves have been reported in a number of large livestock farms. In fecal samples collected from diseased individuals, noroviruses along with the above-mentioned viruses were detected by electron microscopy. The noroviruses were detected in fecal samples from humans, cattle, pigs, sheep, dogs, cats, mice, as well as in pork and milk samples. The norovirus genome is prone to mutations, resulting in antigenic shifts and recombination, as well as the emergence and rapid spread of new epidemic and epizootic variants. Epidemiological features of norovirus infection include: prolonged shedding of the virus by the diseased animals and carriers, various transmission routes (fecal-oral, contact) and high contagiousness. In late 20<sup>th</sup> and early 21<sup>st</sup> century a large number of dairy and meat cattle were imported to the Russian Federation from various countries, including norovirus-infected countries. All this suggests the need to take noroviruses and other viruses (neboviruses, toroviruses, astroviruses, kobuviruses) into account when investigating the etiology of numerous diarrhea cases in newborn calves and necessitates the development of norovirus diagnostic tools and methods, as well as control measures.

**Keywords:** review, noroviruses, *Caliciviridae*, diarrhea, calves, pigs, genotypes, genogroups, zoonosis, fecal-oral transmission

**For citation:** Mischenko V. A., Mischenko A. V., Nikeshina T. B., Petrova O. N., Brovko Yu. V., Kushlubaeva A. I. The problem of norovirus infection in animals (literature review). *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (2): 118–123. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-2-118-123>

**Conflict of interests:** Mishchenko 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 interest.

**For correspondence:** Vladimir A. Mischenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Biotechnology and Design of Viral Drugs, Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, e-mail: [mishenko@arriah.ru](mailto:mishenko@arriah.ru)

В историческом аспекте описание новых возбудителей вирусных кишечных инфекций крупного рогатого скота (КРС) базировалось на данных, полученных при электронной микроскопии проб фекалий больных диареей новорожденных телят. В последующем с этой целью начали использовать и другие методы, в том числе молекулярно-биологические. В пробах фекалий, отобранных от телят с диареей, электронной микроскопией, методами молекулярной биологии и иммунохимического анализа были обнаружены ротавирусы, коронавирусы, калицивирусы, торовирусы, астровирусы, кобувирусы, небовирусы и пестивирусы (возбудители вирусной диареи – болезни слизистых КРС) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. При исследовании 269 проб фекалий овец, коз, КРС, свиней и кроликов, отобранных на животноводческих фермах Венгрии, был выявлен новый пикорнавирус, который был отнесен к роду *Bopivirus* [14].

Калицивирусы, поражающие широкий спектр видов позвоночных животных, а также человека, были выделены из семейства *Picornaviridae* в 1979 г. [12]. Семейство *Caliciviridae* объединяет группу сходных по морфологии и отличных по антигенным свойствам РНК-содержащих вирусов [15]. Калицивирусы стабильны и обладают высокой устойчивостью к физическим и химическим воздействиям (факторам) окружающей среды, сохраняют инфекционность при pH 2,7 в течение 3 ч при комнатной температуре. Вирусы устойчивы к эфиру, хлороформу, гуанидину, дезоксихолату натрия, а также к pH 4–5, при нагревании до 60 °C активны в течение 30 мин [3, 15, 16, 17]. Вирионы калицивирусов представляют собой мелкие безоболочечные частицы с икосаэдрической симметрией (T = 3) с 32 характерными углублениями на сферической (гексогональной) поверхности капсида, что обусловило их название (от лат. *calyx* – чаша), диаметром 27–40 нм. Молекулярная масса вириона – 15 МДа, константа седиментации – 170–183 S, плавучая плотность в градиенте CsCl – 1,36–1,41 г/см<sup>3</sup>. Капсид состоит из 180 копий

большого структурного белка VP1, 1–2 копий VP2 и белка VPg. Димеры VP1 образуют 90 дугообразных капсомеров, которые формируют видимые пустоты (чаши) размером 40 Å в глубину и 90 Å в ширину. Геном калицивирусов представлен однонитевой РНК позитивной полярности с молекулярной массой 2,6–2,8 МДа, размером 7500–7700 нуклеотидных оснований. Инфекционная активность РНК калицивирусов обусловлена пептидом VPg, ковалентно связанным с геномной РНК [2, 3, 16, 17, 18, 19, 20]. Решением Международного комитета по таксономии вирусов в 2002 г. была утверждена классификация калицивирусов. Основой этой классификации являлись результаты филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей [20, 21, 22]. В настоящее время в состав семейства *Caliciviridae* входят возбудители, относящиеся к одиннадцати родам, среди них норовирусы, небовирусы, саповирусы, везивирусы, лаговвирусы и др.<sup>1</sup>

В 1972 г. с помощью иммуноэлектронной микроскопии в законсервированных пробах фекалий, отобранных во время вспышки острого инфекционного небактериального гастроэнтерита среди людей в населенном пункте Норуолк (Огайо, США), был обнаружен вирус, который получил название *Norwalk virus* [16, 17, 23], а болезнь – норовирусная инфекция. Результаты многочисленных исследований, проведенных во многих странах мира, свидетельствуют о том, что все выявленные норовирусы имеют близкородственную структуру генома, но генетически и антигенно разнообразны и поражают широкий спектр видов хозяев-млекопитающих, включая человека. Данный патоген обнаруживали в пробах материала от КРС [24, 25, 26], свиней [12, 27, 28], овец [29], кошек [30, 31], собак [32, 33], мышей [34].

По данным филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей генома, норовирусы были разделены на 7 геногрупп [16, 18, 35]. В последующем в каждой геногруппе были выделены

<sup>1</sup> Current ICTV Taxonomy Release. <https://ictv.global/taxonomy>

отдельные кластеры (генотипы) и генетические варианты [11, 16, 18, 20, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43]. Норовирусы отличаются быстрой генетической изменчивостью [18]. Результаты филогенетического анализа VP1 свидетельствуют, что каждые 2–3 года появляются новые штаммы норовирусов и существует риск появления высоковирулентных штаммов возбудителя. Около 5% *Norwalk virus* каждый год эволюционируют в новые генетические варианты [16, 44]. Часто регистрируются рекомбинации калицивирусов, приводящие к возникновению антигенно измененных штаммов вируса [16, 39, 45, 46]. Геном *Norwalk virus* подвержен мутациям, что приводит к антигенному сдвигу и рекомбинациям, а также возникновению и быстрому распространению новых эпидемических и эпизоотических вариантов возбудителя [17, 18, 24, 41, 45]. Мутационные процессы затрагивают участки генома, отвечающие за связывание вируса с рецепторами эпителия слизистой оболочки кишечника [16, 41].

Эпизоотологическими особенностями норовирусной инфекции являются: длительное выделение возбудителя из организма больных животных и животных-вирусоносителей, реализация различных путей передачи (фекально-орального, контактного) и высокая контагиозность [16, 18]. Факторами передачи могут служить контаминированные норовирусом корма и вода. Резервуаром и источником возбудителя являются инфицированные (больные и переболевшие) животные. У крупного рогатого скота инфекция развивается после заражения норовирусом КРС или норовирусом человека [24, 28]. В 1 г фекалий больного животного содержится  $10^8$  вирусных частиц или копий РНК норовируса [2, 8, 16, 17, 18, 38]. Доказано, что попадание в желудочно-кишечный тракт 10 вирионов норовируса достаточно для развития клинических проявлений болезни [8, 16, 17, 18]. Инкубационный период при норовирусной инфекции у новорожденных телят при заражении вирусом, выделенным от КРС, составляет 14–48 ч, продолжительность болезни – от 2 до 30 дней. После исчезновения клинических признаков диареи продолжается вирусовыделение в течение 5–50 дней в количестве  $10^4$  копий вирусной РНК на 1 г фекалий. При заражении норовирусом человека у телят клинические признаки заболевания проявляются через 2–6 дней [47].

Репликация и сборка вирионов происходит в цитоплазме, а вирусные частицы высвобождаются при разрушении клетки. Циклы репликации у всех известных калицивирусов схожи в том, что все возбудители взаи-

модействуют со множеством факторов прикрепления к клеточной поверхности (гликанами) и корецепторами (белками) для адсорбции и проникновения, используют клеточные мембраны для образования репликативных комплексов [48].

Норовирусы размножаются в эпителии ворсинок тонкого отдела кишечника, а также в клетках иммунной системы (макрофагах, дендритных клетках, Т- и В-лимфоцитах) [18, 38, 49, 50, 51]. При этом происходит расширение и притупление ворсинок кишечника, отслаивание эпителиальных клеток, гиперплазия эпителия крипт, вакуолизация цитоплазмы, инфильтрация пораженных клеток в *lamina propria*. Наиболее выражены изменения в тонком отделе кишечника (двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишке), где регистрируются воспалительные процессы в слизистой оболочке, сопровождающиеся атрофией кишечных ворсинок и гипертрофией кишечных желез. Отмечается снижение ферментативной активности клеток и развитие вторичной дисахаридной недостаточности. При такой патологии нарушается моторика желудка. При норовирусной инфекции отмечается повышенный апоптоз эпителия кишечника, дисфункция эпителиального барьера, развитие диареи за счет потерь ионов и воды из субэпителиальных капилляров в просвет кишечника [16, 18]. Наряду с указанными поражениями регистрируется некроз эпителия ворсинок и атрофия ворсинок [38, 45, 50, 51]. Норовирус был выявлен в эпителии двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишки, пейеровых бляшек и мезентериальных лимфоузлах толстого кишечника [38].

Патоморфологические изменения и клинические признаки при норовирусной инфекции сходны с таковыми, возникающими при ротавирусной и коронавирусной инфекциях, что затрудняет клиническую и патолого-анатомическую диагностику [1, 3, 4, 8, 19, 52]. Норовирусы обнаруживаются в пробах фекалий КРС разного возраста. Наибольший экономический ущерб регистрируется при норовирусной инфекции телят, у которых болезнь проявляется диареей, угнетением, лихорадкой, нарушением функции пищеварения. Диарея регистрируется через 3–7 дней после инфицирования и может продолжаться в течение месяца. У 3-недельных телят диарея протекает в более тяжелой форме, чем у новорожденных [24]. Во многих случаях в пробах фекалий, отобранных от больных диареей телят, наряду с норовирусом выявлялись рота-, корона-, небовирусы и вирус диареи [53], а также другие микроорганизмы [10, 11]. При выяснении причин патологии желудочно-кишечного тракта новорожденных телят в Англии, Бельгии, Венгрии, Германии, Италии, Нидерландах, Франции, Словении, Норвегии, Швеции, Китае, Южной Корее, Индии, Иране, Турции, Египте, Тунисе, США, Австралии и Новой Зеландии в пробах фекалий были выявлены норовирусы. Результаты многочисленных исследований явились основанием считать, что норовирусная инфекция – это высококонтагиозное зоонозное заболевание с фекально-оральным механизмом передачи возбудителя [11, 20, 28, 29, 36, 38, 39, 40, 41, 44, 49, 53, 54, 55, 56].

В таблице приведены сведения о выявлении у разных хозяев норовируса различных геногрупп. Каждая геногруппа норовируса включает несколько генетических кластеров (генотипов) в зависимости от сходства генетических характеристик [45, 57].

**Таблица**  
**Генетическая характеристика норовирусов, выявленных в пробах фекалий**

**Table**  
**Genetic characteristics of noroviruses detected from fecal samples**

| Хозяева норовирусов          | Геногруппы              |
|------------------------------|-------------------------|
| Человек                      | GI, GII, GIV, GVI, GVII |
| Жвачные животные (КРС, овцы) | GIII, GV                |
| Свиньи                       | GII                     |
| Мыши                         | GV                      |
| Собаки                       | GIV, GVII               |
| Кошки                        | GIV                     |

Результаты проведенных филогенетических анализов VP1 свидетельствуют о высокой частоте рекомбинаций норовирусов. Большим уровнем изменчивости характеризуются норовирусы, входящие во вторую геногруппу (GII), выделенные из проб фекалий больных людей и свиней [16, 12, 28, 58]. При изучении РНК норовирусов геногруппы GII, выделенных из проб фекалий свиней в Японии, США и ряде стран Европы, было установлено, что у субклинически инфицированных взрослых животных могут возникать рекомбинанты норовирусов человека и свиней, а свиньи могут быть резервуаром новых норовирусов человека [42, 52, 59].

Установлено, что норовирус КРС также может подвергаться обширной генетической рекомбинации. Совместное заражение телят норовирусом КРС и норовирусом человека может привести к получению рекомбинантного возбудителя с измененной вирулентностью [46, 60]. В пробах фекалий больных диареей телят в Канаде были одновременно обнаружены норовирусы, относящиеся к геногруппам GI.2 (КРС) и GI.4 (человек) [12].

Высокая вероятность возникновения рекомбинантных штаммов норовируса позволяет предположить возможную роль норовирусов животных в возникновении патологии у человека.

Результаты экспериментального заражения гнотобиотов (телят и поросят) норовирусом человека свидетельствуют, что у инфицированных животных происходит репликация вируса и сероконверсия [45, 47]. Установлены факты спонтанного заражения норовирусом поросят. В этом случае диарея появлялась через 2–6 дней после экспериментального заражения. Данные этих исследований послужили основанием для предположения, что КРС и свиньи могут быть резервуаром норовируса человека, в результате чего в организме животных происходят мутации вируса и появляются возбудители с новыми свойствами. В результате длительного контакта с организмом человека вирусы, которые раньше поражали только животных, могут также мутировать и реплицироваться в эпителии кишечника человека [9, 11, 12, 38, 42, 46, 47, 52, 58, 59, 61]. Считается, что заражение человека норовирусами КРС и свиней может происходить с инфицированным мясом и молоком животных [46]. Обнаружение норовирусов человека у животных, а также одновременное присутствие норовирусов человека и животных у двусторчатых моллюсков предполагает риск передачи возбудителя норовирусной инфекции человека [62].

Как показали результаты серологических исследований, антитела к норовирусу человека содержались в сыворотках крови свиней в 36–71% случаев [27]. В Нидерландах при тестировании сыворотки крови, отобранной у 210 ветеринарных специалистов и 630 владельцев животных, антитела (IgG) к норовирусу КРС были обнаружены в 28 и 20% проб соответственно [49]. В Швеции у 26,7% граждан – доноров крови также выявляли антитела к норовирусу КРС (GI.2) [61]. Установлено, что у норовируса человека выражен тропизм к эпителию кишечника собаки [18].

Эти данные являются основанием для предположения, что при норовирусной инфекции имеет место зоонозный путь передачи возбудителя [20, 45, 46, 59, 61, 63].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные данные свидетельствуют о широком распространении в мире высококонтагиозной норовирусной инфекции, которая представляет социальную и экономическую значимость. По всему миру около половины всех вспышек гастроэнтеритов среди людей вызваны норовирусом, что свидетельствует о серьезной эпидемиологической проблеме. В Российской Федерации также были зарегистрированы вспышки норовирусной инфекции среди детей. Распространению заболевания способствует низкая инфицирующая доза (10–1000 вирусных частиц) возбудителя. Многими исследователями установлено, что норовирус передается фекально-оральным путем, не исключается и зоонозная передача. Норовирусы были обнаружены в пробах фекалий человека, крупного рогатого скота, свиней, овец, собак, кошек, а также в свинине и молоке. Эпизоотологическими особенностями норовирусной инфекции является длительное выделение возбудителя в высоких концентрациях из организма больных и вирусоносителей с фекалиями. Норовирусы распространяются типичными для острых кишечных инфекций путями: водным, пищевым и контактно-бытовым. Из неблагополучных по норовирусной инфекции государств в начале XXI века в Россию было завезено большое количество крупного рогатого скота. Все это свидетельствует о необходимости проведения мониторинговых исследований, разработки средств и методов диагностики, а также мер борьбы с норовирусной инфекцией животных и другими вновь выявленными патологиями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Актуальные инфекционные болезни крупного рогатого скота: руководство. Под ред. проф. Т. И. Алипера. М.: Сельскохозяйственные технологии; 2021. 832 с.  
Current Infectious Diseases of Cattle: A Manual. Ed. by T. I. Aliper. Moscow: Sel'skokhozyaistvennye tekhnologii; 2021. 832 p. (in Russ.)
2. Шевченко А. А., Черных О. Ю., Мищенко В. А., Мищенко А. В., Шевкопляс В. Н. Астровирусная инфекция крупного рогатого скота. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015; 57: 156–160. <https://www.elibrary.ru/whwydv>
3. Шевченко А. А., Черных О. Ю., Мищенко В. А., Мищенко А. В., Шевкопляс В. Н. Астровирусная инфекция крупного рогатого скота. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015; 57: 156–160. <https://www.elibrary.ru/whwydv> (in Russ.)
4. Сергеев В. А., Непоклонов Е. А., Алипер Т. И. Вирусы и вирусные вакцины. М.: Библионика; 2007. 524 с.  
Sergeev V. A., Nepoklonov E. A., Aliper T. I. Viruses and viral vaccines. Moscow: Biblionika; 2007. 524 p. (in Russ.)
5. 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.  
Gaffarov H. 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.)
6. Инфекционная патология животных: в 2 т. Т. 1. Под ред. А. Я. Самуйленко, Б. В. Соловьева, Е. А. Непоклонова, Е. С. Ворониной. М.: Академкнига; 2006. 910 с.  
Animal infectious pathology: in 2 vols. Vol. 1. Ed. by A. Ya. Samuylenko, B. V. Soloviev, E. A. Nepoklonov, E. S. Voronin. Moscow: Akademkniga; 2006. 910 p. (in Russ.)
7. Горелов А. В., Плоскирева А. А., Дорошина Е. А., Подколзин А. Т., Тхакушинова Н. Х. Норовирусная инфекция на современном этапе: клинические проявления и терапевтические подходы. *Инфекционные болезни*. 2011; 9 (2): 100–105. <https://www.elibrary.ru/obfxht>
8. Gorelov A. V., Ploskireva A. A., Doroshina E. A., Podkolzin A. T., Tkachukshinova N. Kh. Norovirus infection at the modern stage: clinical manifestations and therapeutic approaches. *Infectious Diseases*. 2011; 9 (2): 100–105. <https://www.elibrary.ru/obfxht> (in Russ.)
9. Мищенко В. А., Мищенко А. В., Яшин Р. В., Черных О. Ю., Лысенко А. А., Кривонос Р. А. Особенности кобувиральной инфекции сельскохозяйственных животных. *Ветеринария Кубани*. 2021; 5: 3–6. <https://doi.org/10.33861/2071-8020-2021-5-3-6>

- Mishchenko V. A., Mishchenko A. V., Yashin R. V., Chernykh O. Yu., Ly-senko A. A., Krivonos R. A. 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.)
8. Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных. Под ред. Д. К. Львова. М.: Медицинское информационное агентство; 2013. 1200 с.
- Guidance on virology. Human and animal viruses and viral infections. Ed. by D. K. Lvov. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2013. 1200 p. (in Russ.)
9. Bridger J. C., Hall G. A., Brown J. F. Characterization of a calici-like virus (Newbury agent) found in association with astrovirus in bovine diarrhoea. *Infection and Immunity*. 1984; 43 (1): 133–138. <https://doi.org/10.1128/iai.43.1.133-138.1984>
10. 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>
11. Di Martino B., Di Profio F., Di Felice E., Melegari I., Ceci C., Mauroy A., et al. Genetic heterogeneity of bovine noroviruses in Italy. *Archives of Virology*. 2014; 159 (10): 2717–2722. <https://doi.org/10.1007/s00705-014-2109-0>
12. Mattison K., Shukla A., Cook A., Pollari F., Friendship R., Kelton D., et al. Human noroviruses in swine and cattle. *Emerging Infectious Diseases*. 2007; 13 (8): 1184–1188. <https://doi.org/10.3201/eid1308.070005>
13. 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>
14. László Z., Pankovics P., Reuter G., Cságola A., Bálint Á., Albert M., Boros Á. Multiple types of novel enteric bopiviruses (*Picornaviridae*) with the possibility of interspecies transmission identified from cloven-hoofed domestic livestock (ovine, caprine and bovine) in Hungary. *Viruses*. 2021; 13 (1):66. <https://doi.org/10.3390/v13010066>
15. Green K. Y., Ando T., Balayan M. S., Berke T., Clarke I. N., Estes M. K., et al. Taxonomy of the caliciviruses. *The Journal of Infectious Diseases*. 2000; 181 (Suppl. 2): S322–S330. <https://doi.org/10.1086/315591>
16. Норовирусная инфекция: этиология, эпидемиология, диагностика: аналитический обзор. Нижний Новгород: ФГУН ННИИЭМ им. академика И. Н. Блохиной Роспотребнадзора; 2009. 64 с.
- Noroviral infection: etiology, epidemiology, diagnosis: analytical review. Nizhny Novgorod: Academician I. N. Blokhina Nizhny Novgorod Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; 2009. 64 p. (in Russ.)
17. Ando T., Noel J. S., Fankhauser R. L. Genetic classification of "Norwalk-like viruses". *The Journal of Infectious Diseases*. 2000; 181 (Suppl. 2): S336–S348. <https://doi.org/10.1086/315589>
18. Хохлова Н. И., Капустин Д. В., Краснова Е. И., Извекова И. Я. Норовирусная инфекция (обзор литературы). *Журнал инфектологии*. 2018; 10 (1): 5–14. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-1-5-14>
- Khokhlova N. I., Kapustin D. V., Krasnova E. I., Izvekova I. Ya. Norovirus infection (systematic review). *Journal Infectology*. 2018; 10 (1): 5–14. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-1-5-14> (in Russ.)
19. МУ 3.1.1.2969-11 Эпидемиологический надзор, лабораторная диагностика и профилактика норовирусной инфекции: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2012. 36 с.
- MU 3.1.1.2969-11 Epidemiological surveillance, laboratory diagnosis and prevention of norovirus infection: guidelines. Moscow: Federal Hygienic and Epidemiological Center of Rosпотребнадzor; 2012. 36 p. (in Russ.)
20. Oliver S. L., Dastjerdi A. M., Wong S., El-Attar L. M. R., Gallimore C., Brown D. W. G., et al. Molecular characterization of bovine enteric caliciviruses: A distinct third genogroup of noroviruses (Norwalk-like viruses) unlikely to be of risk to humans. *Journal of Virology*. 2003; 77 (4): 2789–2798. <https://doi.org/10.1128/jvi.77.4.2789-2798.2003>
21. 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>
22. Vinje J., Estes M. K., Esteves P., Green K. Y., Katayama K., Knowles N. J., et al. ICTV virus taxonomy profile: *Caliciviridae*. *Journal of General Virology*. 2019; 100 (11): 1469–1470. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001332>
23. Kapikian A. Z. The discovery of the 27-nm Norwalk virus: an historic perspective. *The Journal of Infectious Diseases*. 2000; 181 (Suppl. 2): S295–S302. <https://doi.org/10.1086/315584>
24. Di Felice E., Mauroy A., Pozzo F. D., Thiry D., Ceci C., Di Martino B., et al. Bovine noroviruses: A missing component of calf diarrhoea diagnosis. *The Veterinary Journal*. 2016; 207: 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.026>
25. Cui Y., Chen X., Yue H., Tang C. First detection and genomic characterization of bovine norovirus from yak. *Pathogens*. 2022; 11 (2):192. <https://doi.org/10.3390/pathogens11020192>
26. Van der Poel W. H. M., van der Heide R., Verschoor F., Gelderblom H., Vinje J., Koopmans M. P. G. Epidemiology of Norwalk-like virus infections in cattle in the Netherlands. *Veterinary Microbiology*. 2003; 92 (4): 297–309. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00421-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00421-2)
27. Farkas T., Nakajima S., Sugieda M., Deng X., Zhong W., Jiang X. Sero-prevalence of noroviruses in swine. *Journal of Clinical Microbiology*. 2005; 43 (2): 657–661. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.2.657-661.2005>
28. Mijovski J. Z., Poljšak-Prijatelj M., Steyer A., Barlič-Maganja D., Koren S. Detection and molecular characterisation of noroviruses and sapoviruses in asymptomatic swine and cattle in Slovenian farms. *Infection, Genetics and Evolution*. 2010; 10 (3): 413–420. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2009.11.010>
29. Wolf S., Williamson W., Hewitt J., Lin S., Rivera-Aban M., Ball A., et al. Molecular detection of norovirus in sheep and pigs in New Zealand farms. *Veterinary Microbiology*. 2009; 133 (1–2): 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.06.019>
30. Takano T., Kusuhara H., Kuroishi A., Takashina M., Doki T., Nishinaka T., Hohdatsu T. Molecular characterization and pathogenicity of a genogroup GVI feline norovirus. *Veterinary Microbiology*. 2015; 178 (3–4): 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.05.018>
31. Di Martino B., Di Profio F., Melegari I., Sarchese V., Cafiero M. A., Robetto S., et al. A novel feline norovirus in diarrheic cats. *Infection, Genetics and Evolution*. 2016; 38: 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2015.12.019>
32. Ma H., Yue H., Luo Y., Li S., Tang C. First detection of canine norovirus in dogs and a complete GVI.2 genome in mainland China. *Infection, Genetics and Evolution*. 2021; 92:104879. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104879>
33. Lyoo K. S., Jung M. C., Yoon S. W., Kim H. K., Jeong D. G. Identification of canine norovirus in dogs in South Korea. *BMC Veterinary Research*. 2018; 14:413. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1723-6>
34. Kennedy E. A., Aggarwal S., Dhar A., Karst S. M., Wilen C. B., Baldridge M. T. Age-associated features of norovirus infection analysed in mice. *Nature Microbiology*. 2023; 8 (6): 1095–1107. <https://doi.org/10.1038/s41564-023-01383-1>
35. Scipioni A., Mauroy A., Vinje J., Thiry E. Animal noroviruses. *The Veterinary Journal*. 2008; 178 (1): 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.11.012>
36. Deng Y., Batten C. A., Liu B. L., Lambden P. R., Elschner M., Günther H., et al. Studies of epidemiology and seroprevalence of bovine noroviruses in Germany. *Journal of Clinical Microbiology*. 2003; 41 (6): 2300–2305. <https://doi.org/10.1128/JCM.41.6.2300-2305.2003>
37. Ike A. C., Roth B. N., Böhm R., Pfitzner A. J., Marschang R. E. Identification of bovine enteric Caliciviruses (BEC) from cattle in Baden-Württemberg. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*. 2007; 114 (1): 12–15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17252930>
38. Otto P. H., Clarke I. N., Lambden P. R., Salim O., Reetz J., Liebler-Tenorio E. M. Infection of calves with bovine norovirus GIII.1 strain Jena virus: an experimental model to study the pathogenesis of norovirus infection. *Journal of Virology*. 2011; 85 (22): 12013–12021. <https://doi.org/10.1128/JVI.05342-11>
39. Parra G. I. Emergence of norovirus strains: a tale of two genes. *Virus Evolution*. 2019; 5 (2):ves048. <https://doi.org/10.1093/ve/vez048>
40. Pourasgari F., Kaplon J., Sanchooli A., Fremy C., Karimi-Naghiani S., Otarod V., et al. Molecular prevalence of bovine noroviruses and neboviruses in newborn calves in Iran. *Archives of Virology*. 2018; 163 (5): 1271–1277. <https://doi.org/10.1007/s00705-018-3716-y>
41. Reuter G., Pankovics P., Egyed D. Detection of genotype 1 and 2 bovine noroviruses in Hungary. *Veterinary Record*. 2009; 165 (18): 537–538. <https://doi.org/10.1136/vr.165.18.537>
42. Vinje J. Advances in laboratory methods for detection and typing of norovirus. *Journal of Clinical Microbiology*. 2015; 53 (2): 373–381. <https://doi.org/10.1128/JCM.01535-14>
43. Zheng D. P., Ando T., Fankhauser R. L., Beard R. S., Glass R. I., Monroe S. S. Norovirus classification and proposed strain nomenclature. *Virology*. 2006; 346 (2): 312–323. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2005.11.015>
44. Bank-Wolf B. R., König M., Thiel H. J. Zoonotic aspects of infections with noroviruses and sapoviruses. *Veterinary Microbiology*. 2010; 140 (3–4): 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.08.021>
45. Cheetham S., Souza M., Meulia T., Grimes S., Han M. G., Saif L. J. Pathogenesis of a genogroup II human norovirus in gnotobiotic pigs. *Journal of Virology*. 2006; 80 (21): 10372–10381. <https://doi.org/10.1128/JVI.00809-06>
46. Oliver S. L., Batten C. A., Deng Y., Elschner M., Otto P., Charpilienne A., et al. Genotype 1 and genotype 2 bovine noroviruses are antigenically distinct but share a cross-reactive epitope with human noroviruses. *Journal of Clinical Microbiology*. 2006; 44 (3): 992–998. <https://doi.org/10.1128/JCM.44.3.992-998.2006>
47. Souza M., Azevedo M. S. P., Jung K., Cheetham S., Saif L. J. Pathogenesis and immune responses in gnotobiotic calves after infection with the

- genogroup II.4-HS66 strain of human norovirus. *Journal of Virology*. 2008; 82 (4): 1777–1786. <https://journals.asm.org/doi/abs/10.1128/jvi.01347-07>
48. Desselberger U. *Caliciviridae* other than noroviruses. *Viruses*. 2019; 11 (3):286. <https://doi.org/10.3390/v11030286>
49. Widdowson M. A., Rockx B., Schepp R., van der Poel W. H., Vinje J., van Duynhoven Y. T., Koopmans M. P. Detection of serum antibodies to bovine norovirus in veterinarians and the general population in the Netherlands. *Journal of Medical Virology*. 2005; 76 (1): 119–128. <https://doi.org/10.1002/jmv.20333>
50. Wobus C. E., Karst S. M., Thackray L. B., Chang K. O., Sosnovtsev S. V., Belliot G., et al. Replication of norovirus in cell culture reveals a tropism for dendritic cells and macrophages. *PLoS Biology*. 2004; 2 (12):e432. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020432>
51. Wobus C. E. The dual tropism of noroviruses. *Journal of Virology*. 2018; 92 (16):e01010-17. <https://doi.org/10.1128/JVI.01010-17>
52. Villabruna N., Koopmans M. P. G., de Graaf M. Animals as reservoir for human norovirus. *Viruses*. 2019; 11 (5):478. <https://doi.org/10.3390/v11050478>
53. Tråvén M., Axén C., Svensson A., Björkman C., Emanuelson U. Prevalence of bovine norovirus and nebovirus and risk factors of infection in Swedish dairy herds. *Dairy*. 2022; 3 (1): 137–147. <https://doi.org/10.3390/dairy3010011>
54. Guo Z., He Q., Yue H., Zhang B., Tang C. First detection of Nebovirus and Norovirus from cattle in China. *Archives of Virology*. 2018; 163 (2): 475–478. <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3616-6>
55. Symes S. J., Allen J. L., Mansell P. D., Woodward K. L., Bailey K. E., Gilkerson J. R., Browning G. F. First detection of bovine noroviruses and detection of bovine coronavirus in Australian dairy cattle. *Australian Veterinary Journal*. 2018; 96 (6): 203–208. <https://doi.org/10.1111/avj.12695>
56. Yilmaz H., Turan N., Altan E., Bostan K., Yilmaz A., Helps C. R., Cho K. O. First report on the phylogeny of bovine norovirus in Turkey. *Archives of Virology*. 2011; 156 (1): 143–147. <https://doi.org/10.1007/s00705-010-0833-7>
57. Turan T., Işıdan H., Atasoy M. O., İrehan B. Detection and molecular analysis of bovine enteric norovirus and nebovirus in Turkey. *Journal of Veterinary Research*. 2018; 62 (2): 129–135. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2018-0021>
58. Nguyen G. T., Phan K., Teng I., Pu J., Watanabe T. A systematic review and meta-analysis of the prevalence of norovirus in cases of gastroenteritis in developing countries. *Medicine*. 2017; 96 (40):e8139. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000008139>
59. Wang Q. H., Han M. G., Cheetham S., Souza M., Funk J. A., Saif L. J. Porcine noroviruses related to human noroviruses. *Emerging Infectious Diseases*. 2005; 11 (12): 1874–1881. <https://doi.org/10.3201/eid1112.050485>
60. Mauroy A., Scipioni A., Mathijs E., Ziant D., Daube G., Thiry E. Genetic and evolutionary perspectives on genogroup III, genotype 2 bovine noroviruses. *Archives of Virology*. 2014; 159 (1): 39–49. <https://doi.org/10.1007/s00705-013-1791-7>
61. Vildevall M., Grahm A., Oliver S. L., Bridger J. C., Charpilienne A., Poncet D., et al. Human antibody responses to bovine (Newbury-2) norovirus (GII.2) and association to histo-blood group antigens. *Journal of Medical Virology*. 2010; 82 (7): 1241–1246. <https://doi.org/10.1002/jmv.21776>
62. Savini F., Giacometti F., Tomasello F., Pollesel M., Piva S., Serraino A., De Cesare A. Assessment of the impact on human health of the presence of norovirus in bivalve molluscs: what data do we miss? *Foods*. 2021; 10 (10):2444. <https://doi.org/10.3390/foods10102444>
63. Mauroy A., Scipioni A., Mathijs E., Saegerman C., Mast J., Bridger J. C., et al. Epidemiological study of bovine norovirus infection by RT-PCR and a VLP-based antibody ELISA. *Veterinary Microbiology*. 2009; 137 (3–4): 243–251. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.01.031>

Поступила в редакцию / Received 21.11.2023

Поступила после рецензирования / Revised 25.12.2023

Принята к публикации / Accepted 16.01.2024

## 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>, e-mail: [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>, e-mail: [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>, e-mail: [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>, e-mail: [petrova@arriah.ru](mailto:petrova@arriah.ru)

**Бровко Юлия Владимировна**, аспирант, ветеринарный врач Тульской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Тула, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-5314-3918>, e-mail: [brovko@arriah.ru](mailto:brovko@arriah.ru)

**Кушлубаева Альфия Ибрафилловна**, аспирант, руководитель Татарской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0009-0002-2021-7656>, e-mail: [kulushbaeva@arriah.ru](mailto:kulushbaeva@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>, e-mail: [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>, e-mail: [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>, e-mail: [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>, e-mail: [petrova@arriah.ru](mailto:petrova@arriah.ru)

**Yuliya V. Brovko**, Postgraduate Student, Veterinarian, Tula Testing Laboratory, Federal Centre for Animal Health, Tula, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-5314-3918>, e-mail: [brovko@arriah.ru](mailto:brovko@arriah.ru)

**Alfiya I. Kushlubaeva**, Postgraduate Student, Head of Tatarian Testing Laboratory, Federal Centre for Animal Health, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0009-0002-2021-7656>, e-mail: [kulushbaeva@arriah.ru](mailto:kulushbaeva@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.