

## ОБЗОРЫ/REVIEWS

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

УДК 619:578.8:616-036.22



## Болезнь Шмалленберг: обзор литературы и эпизоотическая ситуация в мире и России

© 2022. О. А. Бурова✉, О. И. Захарова, Н. Н. Торопова, Е. А. Лискова, И. В. Яшин, А. А. Блохин

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

*Болезнь Шмалленберг – это относительно новая вирусная болезнь жвачных животных, которая передается кровососущими членистоногими. Возбудитель болезни Шмалленберг представляет собой РНК-вирус с тремя геномными сегментами, который устойчив к частым мутациям. К вирусу болезни Шмалленберг восприимчивы жвачные животные, особенно овцы, а также коровы и козы. Впервые болезнь Шмалленберг зарегистрирована в Германии в августе 2011 года. В 2012-2013 годах инфекция распространилась на большую часть Северо-Западной Европы. Основным путем распространения болезни были насекомые-переносчики. Распространение болезни на большие расстояния было обусловлено перемещением племенного инфицированного скота. Именно таким путем болезнь была завезена в Россию в 2012 году. Следовательно, болезнь имеет выраженный трансграничный потенциал при несоблюдении ветеринарных правил ввоза импортного скота. Болезнь может иметь высокую заболеваемость, но при этом характеризуется низкой летальностью. Основные экономические потери складываются из снижения продуктивности, аборт, нарушения процесса воспроизводства стада. Контроль болезни эффективно реализуется с помощью вакцинации и общих карантинных и профилактических мер.*

**Ключевые слова:** новый вирус, этиология, векторы-переносчики, жвачные животные, распространение, профилактика

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-0451-2021-0004).

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

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Бурова О. А., Захарова О. И., Торопова Н. Н., Лискова Е. А., Яшин И. В., Блохин А. А. Болезнь Шмалленберг: обзор литературы и эпизоотическая ситуация в мире и России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):7-15. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

Поступила: 22.09.2021

Принята к публикации: 22.12.2021

Опубликована онлайн: 25.02.2022

## Schmallenberg disease: literature review and epizootic situation in the world and in Russia

© 2022. Olga A. Burova✉, Olga I. Zakharova, Nadezhda N. Toropova, Elena A. Liskova, Ivan V. Yashin, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod Research Veterinary Institute-Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod, Russian Federation

*Schmallenberg disease is a relatively new viral disease of ruminants that is transmitted by bloodsucking arthropods. The causative agent of Schmallenberg disease is an RNA virus with three genomic segments. The virus is resistant to frequent mutations. Ruminants, especially sheep, cows and goats are susceptible to the disease. First, Schmallenberg disease was reported in Germany in August 2011. In 2012-2013, the infection spread to the most part of Northwestern Europe. Insect vectors were the main mechanism for the spread of the disease. The spread of the disease over long distances was due to the movement of infected breeding cattle. It was in this way that the disease was introduced to Russia in 2012. Consequently, the disease has a high cross-border potential, especially if veterinary rules for the import of imported livestock are not followed. The disease can have a high incidence, but it is characterized by low mortality. The main economic losses include a decrease in productivity, abortions, and disturbances in the process of animal reproduction. Disease control is effectively implemented through vaccination and general quarantine and preventive measures.*

**Keywords:** new virus, etiology, vectors, ruminants, spread, prevention

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment (theme No. FGNM-0451-2021-0004).

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

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

**For citations:** Burova O. A., Zakharova O. I., Toropova N. N., Liskova E.A., Yashin I. V., Blokhin A. A. Schmallenberg disease: literature review and epizootic situation in the world and in Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):7-15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

Received: 22.09.2021

Accepted for publication: 22.12.2021

Published online: 25.02.2022

Болезнь Шмалленберг – это недавно открытая вирусная болезнь жвачных животных, которая передается кровососущими членистоногими и характеризуется лихорадкой, поражением желудочно-кишечного тракта, снижением продуктивности и нарушением внутриутробного развития плода, ведущим к абортam, мертворождению и уродствам. Название – болезнь Шмалленберг – дано по месту выявления вспышки заболеваемости (Германия, 2011 г.).

Так как болезнь новая, необходимо знать свойства этого вируса, иметь сведения об источниках, путях распространения и способах передачи. Для предотвращения проникновения и распространения болезни Шмалленберг на территорию Российской Федерации и её профилактики необходимо анализировать как можно больше научных данных о диагностике и профилактике этой инфекции.

**Цель работы** – обобщить актуальные научные данные по болезни Шмалленберг и эпизоотической ситуации в мире и Российской Федерации.

**Материал и методы.** Поиск источников проводили путём скрининга международных баз научного цитирования Web of Science, PubMed, Scopus, Google Scholar и базы Российского научного цитирования. Критериями поиска служили ключевые слова: болезнь Шмалленберг (Schmallenberg disease), вирус (virus), этиология (etiology), распространение (spread), профилактика (prevention). Изначально было выбрано 105 источников, наиболее соответствующих критериям поиска. Путём исключения повторяющихся и непроверенных данных, выбора наиболее поздних публикаций было отобрано 46 источников.

#### **Основная часть.**

**Этиология болезни.** Болезнь Шмалленберг вызывается РНК-содержащим вирусом, принадлежащим к семейству буньявирусы (*Bunyaviridae*), роду ортобуньявирусы (*Orthobunyavirus*), серогруппе Симбу (*Simbu serogroup*) [1]. В роду *Orthobunyavirus* насчитывается более 170 представителей, включая вирусы, вызывающие заболевания у людей

(вирус лихорадки Оропуша, вирус энцефалита Ла Кросса) и жвачных животных (вирус болезни Акабане, вирус болезни Айно, вирус лихорадки долины Кэши) [2]. Вирусы серогруппы *Simbu* распространены в Африке, Океании и на Ближнем Востоке, включают более 25 видов, которые могут вызывать аналогичные болезни Шмалленберг клинические признаки и патологоанатомические изменения [3].

Строение вируса болезни Шмалленберг (Schmallenberg virus – SBV) в настоящее время изучено достаточно подробно [4, 5]. Это сферический оболочечный одноцепочечный вирус диаметром 100 нм с отрицательной РНК с тремя геномными сегментами: L (большой) – кодирующий РНК-полимеразу; М (средний) – кодирующий поверхностные гликопротеины; S (малый) – кодирующий нуклеокапсидный белок (N); эти сегменты принадлежат к разным генетическим группам. Hoffmann et al. (2015) сообщили, что вирус болезни Шмалленберг имеет относительно низкую частоту мутаций не только *in vivo*, но и *in vitro* [6]. Несколько полевых исследований вариативности вируса также продемонстрировали, что вирус относительно стабилен во времени [7, 8].

**Восприимчивые животные.** Как известно, к вирусу болезни Шмалленберг восприимчивы парнокопытные жвачные животные (крупный рогатый скот, козы и овцы) вне зависимости от пола и возраста [1]. Антитела к вирусу болезни Шмалленберг были обнаружены у широкого круга диких и экзотических жвачных животных, таких как альпаки, лоси, буйволы, европейские бизоны, благородный олень, лань, косуля, пятнистый олень, красный олень, лама, северный олень, муфлон, водный буйвол, серна, а также у верблюдов [3, 9, 10]. Из домашних парнокопытных наиболее чувствительны к вирусу овцы, в меньшей степени коровы и козы [11].

Косвенными методами болезнь Шмалленберг была зарегистрирована у ряда нежвачных животных. Например, SBV-специфические антитела были обнаружены у диких кабанов, свиней, собак, азиатского слона [10, 12].

**Передача вируса.** На сегодняшний день известны два пути передачи инфекции. Первый – горизонтальный, когда вирус попадает в организм животных при укусах кровососущих насекомых [4, 13], второй – вертикальный, когда передача вируса болезни Шмалленберг происходит от инфицированной матери к плоду [14].

Данных о прямой передаче вируса болезни Шмалленберг от инфицированных животных здоровым нет, хотя инфицированные животные выделяют вирус болезни Шмалленберг с фекалиями, оральными и назальными жидкостями [7]. Передача вируса болезни Шмалленберг через сперму от инфицированных быков также не доказана [15].

Вертикальная передача вируса болезни Шмалленберг от инфицированной матери к плоду происходит в течение первого и начале второго триместра беременности и приводит к уродствам плода, абортam и мертворождению [11, 14, 16].

Насекомые-переносчики, такие как мокрецы (*Culicoides spp.*), играют главную роль в передаче вируса болезни Шмалленберг [13]. Известно, что вирус размножается в слюнных железах самок насекомых, а также доказана трансвариальная передача вируса болезни Шмалленберг от самок мокрецов их потомству [17].

**Распространение.** Впервые болезнь Шмалленберг была зарегистрирована в Германии в августе 2011 года. До настоящего времени географическое происхождение вируса болезни Шмалленберг остается неизвестным. Распространение близкородственных ортобуньявирусов серогруппы *Simbu* (вирусы *Aino*, *Akabane*, *Sathuperi* и *Shamonda*) в Африке и Азии, Океании и Австралии [18] позволяет предположить, что вирус болезни Шмалленберг, возможно, был занесен в Европу из отдаленных географических регионов. Можно предположить, что и вирус болезни Шмалленберг, и вирус блютанга серотипа 8 были занесены в Европу схожим, но еще не установленным путем [19].

В 2012 году инфекция распространилась на большую часть Северо-Западной Европы. Были зафиксированы вспышки болезни в таких странах, как Бельгия, Франция, Нидерланды, Великобритания [20, 21]. Распространение возбудителя происходит за счет завоза инфицированного скота, миграции диких животных и насекомых-переносчиков. Вирус болезни Шмалленберг быстро распространился на

остальную часть континента, поскольку инфицированные мошки легко переносятся воздушными потоками [22]. Скорость распространения вируса оценивается в диапазоне от 0,9 до 1,5 км в день [23]. Во время сезона активности переносчиков инфекции болезнь распространилась на Австрию, Финляндию, Польшу, Швейцарию и Швецию [24].

После выявления нового вируса, в Турции [25] был проведен ретроспективный анализ сывороток крови, полученных в период 2006-2013 гг. в западных и юго-восточных районах страны. Антитела к вирусу Шмалленберг были обнаружены у 24,5 % животных, причём 39,8 % среди крупного рогатого скота, 1,6 % – среди овец, 2,8 % – среди коз, 1,5 % – среди буйволов. Это исследование показало, что в Турции вирус Шмалленберг существовал за 5 лет до первой официально подтвержденной вспышки болезни в 2011 г. в Германии [25].

По данным исследователей [26, 27], животные с антителами к вирусу болезни Шмалленберг были выявлены в 21 стране Европейского Союза, в таких как Германия, Бельгия, Великобритания, Франция, Италия, Испания, Дания, Эстония, Швейцария, Норвегия, Швеция, Финляндия, Польша, Австрия. Многие из этих стран являются экспортерами племенных животных в Россию, что формирует определенный эпизоотический риск.

Первые случаи болезни Шмалленберг в Российской Федерации были выявлены в 2012 году у импортного крупного рогатого скота во Владимирской области и Красноярском крае, где было установлено 17 и 54 серопозитивных животных соответственно.

В 2013 году спектр территорий, где были обнаружены серопозитивные животные расширился до 13 регионов. В последующие годы болезнь Шмалленберг выявлялась в других регионах страны. В 2016 году на болезнь Шмалленберг в ветеринарных лабораториях Российской Федерации<sup>1</sup> исследовано всего 33835 материалов методом иммуноферментного анализа (ИФА) и полимеразной цепной реакции (ПЦР), получено 337 положительных результатов по сыворотке крови. Так, антитела были выявлены у 305 животных в Калининградской области, 16 – в Тверской области, 9 – в Кемеровской области, 5 – в Псковской области и 2 – в Ставропольском крае.

<sup>1</sup>О внесении Россельхознадзором изменений в условия ввоза по БШ из стран Европы восприимчивых к этой болезни животных. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fsvps.gov.ru/fsvps/news/6787.html> (дата обращения: 23.07.2021).

На основе статистических данных<sup>2</sup> нами составлена карта распространения болезни

Шмалленберг в странах Европы, Ближнего Востока, Закавказья и России (рис.).

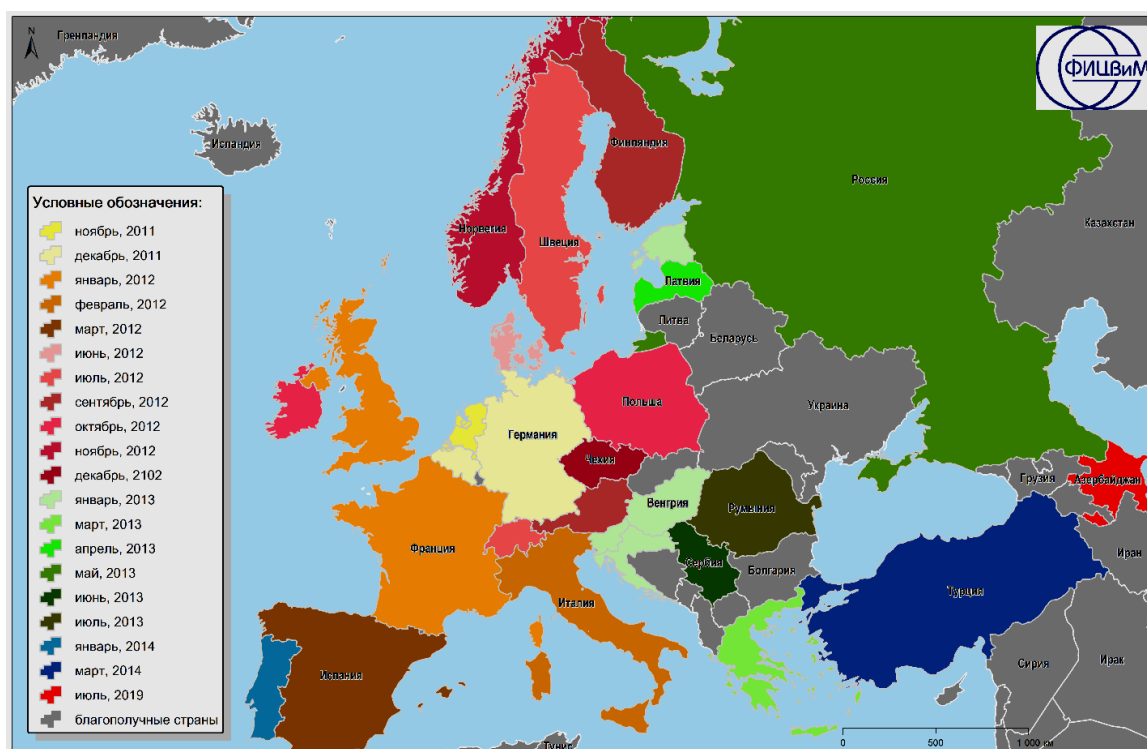


Рис. Первичное выявление болезни Шмалленберг в странах Европы, Закавказья, Турции и России /  
Fig. The first detection of Schmallenberg disease in Europe, Transcaucasia, Turkey and Russia

С 2017 года вспышек болезни Шмалленберг в нашей стране не зарегистрировано<sup>3</sup>. Однако в связи с тем, что из стран Европейского Союза и ближнего зарубежья в Россию регулярно ввозятся высокопродуктивные животные и племенной генетический материал, включая эмбрионы и замороженное семя, риск заноса вируса болезни Шмалленберг остаётся высоким. Поэтому сохранение эпизоотического благополучия нашей страны по данной болезни является актуальной задачей.

**Клинические признаки.** Инкубационный период болезни длится от 1 до 4-5 суток [20]. В зависимости от природно-климатических факторов, степени активности переносчиков, процент инфицирования взрослого поголовья составляет от 2-6 до 90 %, смертность около 3 %, а процент абортировавших животных может колебаться от 1 до 60 % [17, 28].

Клинические признаки у взрослого крупного рогатого скота обычно длятся от 6 до 20 дней и тесно связаны с кратковременной вирусемией [20, 29]. У больных животных в начале болезни отмечается недомогание, быстрая утомляемость, повышение темпера-

туры тела до 41 °С, снижение аппетита, в результате чего развивается истощение. Затем развиваются желудочно-кишечные расстройства (диарея), у коров резко снижается молочная продуктивность [16]. Иногда болезнь может проявляться гибелью взрослых животных и новорожденного молодняка, абортацией, рождением молодняка с пороками развития и мертворождениями в результате заражения матерей до или в период беременности [20].

У овец и коз заболевание протекает тяжелее, наблюдается ярко выраженное истощение, у материнского поголовья выявляют поражение репродуктивных органов, процент гибели животных больше, чем среди крупного рогатого скота [30, 31].

Инфицирование вирусом болезни Шмалленберг на ранних сроках беременности у крупного рогатого скота обуславливает эмбриональную смертность (рассасывание плода) и возвращение к стадии эструса в половом цикле [32, 33]. Это приводит к увеличению числа осеменений на одну корову, снижению выхода молодняка и экономическим убыткам.

<sup>2</sup>Там же.

<sup>3</sup>Там же.



Сообщается, что при болезни Шмалленберг 25 % голов крупного рогатого скота, беременность которых ранее была подтверждена, абортуют<sup>4</sup>.

Важным фактором в развитии пери- и постнатальной симптоматики у потомства животных является срок беременности на момент инфицирования [20, 34]. Внутриутробная инфекция при болезни Шмалленберг может вызвать аборт, преждевременные роды, мертворождение, мумификацию плодов или рождение животных с уродствами. Врожденные уродства, как правило, характеризуются артрогрипоз-гидроэнцефалическим синдромом, пороками развития позвоночника и черепа, головного и спинного мозга у ягнят, козлят и телят [1, 35]. В некоторых случаях у новорожденных животных отмечаются слепота, водянка грудной и брюшной полости, параличи, отеки в подкожной клетчатке, патология нижней челюсти [12, 17].

Интересно, что при многоплодной беременности у коров, а также овец и коз возможно рождение одновременно инфицированного и неинфицированного потомства от инфицированных матерей [14, 36].

**Диагностика.** При подозрении на болезнь Шмалленберг из-за сходства клинических признаков инфекции с другими вирусными инфекциями жвачных животных для подтверждения диагноза необходимы лабораторные исследования [29]. Для постановки диагноза применяют вирусовыделение, серологические методы (иммуноферментный анализ (ELISA), реакция иммунофлюоресценции и вируснейтрализации) и метод полимеразной цепной реакции [37]. Разработаны различные системы ПЦР, нацеленные на выявление сегментов S, M или L генома вируса [20, 38]. Анализ на основе S-сегмента считается наиболее подходящим с точки зрения чувствительности и специфичности для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг. Также был разработан анализ pan-Simbu RT-qPCR для обнаружения ряда вирусов серогруппы *Simbu* [38].

У врожденно инфицированных и имеющих уродства плодов и молодняка предпочтительными материалами для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг с помощью RT-qPCR являются ствол мозга, плацента и меконий. Преколотральная сыворотка и фетальные жидкости также могут быть использованы для

обнаружения SBV-специфических нейтрализующих антител независимо или в качестве дополнения к образцам тканей [39]. Замороженные разбавленные или неразбавленные образцы спермы быков также могут служить материалом для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг [40].

Исследованию подвергаются и кровососущие членистоногие насекомые, участвующие в распространении вируса, в первую очередь *Culicoides* [17, 20, 41].

Обнаружение SBV-специфических антител является более надежным диагностическим тестом при обследовании взрослых животных по сравнению с обнаружением вируса или его генома. Это связано с тем, что в патогенезе болезни Шмалленберг у взрослого скота крайне короткая продолжительность виремии (приблизительно 4-6 дней), а клинические признаки у взрослых животных очень неспецифические [20, 29, 41].

Антитела против вируса болезни Шмалленберг в сыворотке крови подозрительных животных можно обнаружить с помощью непрямого иммунофлуоресцентного анализа [41]. Обнаружение антител к вирусу болезни Шмалленберг в сыворотке крови с помощью ELISA представляет собой косвенный метод диагностики болезни, но преимущество этого теста в том, что его можно использовать для обнаружения вирусоспецифических антител в молоке [42].

Однако положительные результаты на наличие антител к вирусу болезни Шмалленберг, в том числе в молоке, не подтвержденные с помощью тестов на нейтрализацию вируса и выявление его генома, следует интерпретировать с осторожностью. Связано это с тем, что нельзя исключать возможность перекрестной реакции с другими родственными вирусами серогруппы *Simbu*, такими как, например, болезнь Шамонда, Айне, Акабане, Сатупери, которые могут циркулировать в стаде.

В 2016 году в России антитела к вирусу болезни Шмалленберг выявлены у 7,92 % от обследованных животных [43]. Из 100 сообщений о подозрении на болезнь Шмалленберг лабораторными методами подтверждены 63,19 %. Таким образом, эффективность первичной эпизоотической диагностики практикующими ветеринарами составила 63,19 %.

<sup>4</sup>Department of Agriculture Food and Marine (DAFM). Regional Veterinary Lab Reports. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agriculture.gov.ie/animalhealthwelfare/laboratoryservices/regionalveterinarylaboratoryreports/> (дата обращения: 12.08.2019).

*Иммунитет и вакцинация.* Известно, что переболевание ведёт к устойчивому иммунитету, сохраняющемуся в течение 4-5 лет [44]. Однако следует иметь в виду, что регулярное возобновление циркуляции вируса среди серонегативного молодняка может снова стать причиной большого количества случаев порока развития плода, вызванного инфицированием неиммунных самок во время одной из их первых беременностей. Для предотвращения новых вспышек и снижения риска возникновения новых очагов инфекции может применяться вакцинация всего восприимчивого поголовья. Более рентабельной стратегией может быть вакцинация самок животных всех восприимчивых видов до наступления репродуктивного возраста [45].

Исследования по разработке вакцин начались в 2012 году, сразу после обнаружения нового вируса. Вскоре были разработаны инактивированные вакцины против болезни Шмалленберг, которые эффективно предотвращают вирусемию и клиническое проявление болезни, пороки развития плода и преждевременные роды или мертворождение. В Европе для защиты овец и крупного рогатого скота от болезни Шмалленберг используются три коммерческие вакцины: Zulvac SBV (Zoetis), Bovilis SBV (MSD Animal Health) и SBVvax (Merial) [46].

*Контроль и профилактика болезни Шмалленберг.* Стратегия профилактики болезни Шмалленберг основана преимущественно на вакцинации восприимчивого домашнего скота, ограничении торговли и перемещения животных, а также борьбе с популяциями насекомых на территориях животноводческих предприятий с помощью инсектицидов и репеллентов<sup>5</sup>.

Всемирной организацией здравоохранения животных (МЭБ) были предложены меры, чтобы помочь странам, свободным от вируса болезни Шмалленберг, избежать заноса инфекции без введения торговых барьеров [1].

К общим профилактическим мерам относятся [17]:

- сбалансированное кормление животных, регулярное проведение противопаразитарных обработок;

- мониторинг за состоянием здоровья стада (общее состояние, изменение в поведении, появление клинических признаков, характерных для болезни Шмалленберг);

- сбор информации об отклонениях при рождении, количестве аборт, мертворождений, пороков развития у новорожденных животных;

- соблюдение карантинных мероприятий для всех купленных животных.

В письме Россельхознадзора от 12.01.2018 №ФС-НВ-2/280 «О направлении рекомендаций по условиям ввоза, карантинирования и транзита восприимчивых к болезни Шмалленберг животных и их генетического материала из стран Европы на территорию Российской Федерации» определены условия карантинирования и проведения исследований в стране-экспортере крупного и мелкого рогатого скота, импортируемого в Российскую Федерацию<sup>6</sup>.

**Заключение.** Вирус болезни Шмалленберг представляет собой РНК-вирус с тремя геномными сегментами, обладающий высокой устойчивостью к мутациям. Это позволяет ожидать, что в исторически обозримом будущем новых штаммов не появится и расширения круга восприимчивых животных не произойдет. На сегодняшний день к вирусу восприимчивы жвачные парнокопытные животные независимо от пола и возраста. Наиболее чувствительны овцы, в меньшей степени коровы и козы, что предопределяет значимость болезни для сельского хозяйства, особенно стран и регионов, где население традиционно занимается овцеводством.

Известны два пути передачи инфекции: горизонтальный – при укусах кровососущих насекомых, и вертикальный – от инфицированной матери к плоду. Первый путь формирует выраженные эпизоотические риски, связанные с сезоном лёта насекомых, а также расширением их ареала в связи с глобальным потеплением.

Клинические признаки и патологоанатомические изменения специфичны для всего комплекса болезней, вызываемых вирусами серогруппы *Simbu*. Поэтому для постановки диагноза применяют лабораторные методы. Обнаружение SBV-специфических антител является более надежным диагностическим тестом при диагностическом обследовании взрослых животных по сравнению с обнаружением вируса или его генома. Метод обнаружения антител особенно актуален при плановом обследовании импортируемого скота и мониторинге болезни вне периода активного лёта насекомых-переносчиков.

<sup>5</sup>URL: <https://www.fsvps.gov.ru/fsvps/news/6787.html>

<sup>6</sup>Там же.

Профилактика болезни Шмалленберг основана на вакцинации восприимчивого домашнего скота, ограничении торговли и перемещения животных, а также борьбе

с популяциями насекомых на территориях животноводческих предприятий с помощью инсектицидов и репеллентов.

### References

1. Conraths F. J., Peters M., Beer M. Schmallenberg virus, a novel orthobunyavirus infection in ruminants in Europe: potential global impact and preventive measures. *New Zealand Veterinary Journal*. 2013;61(2):63-67. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2012.738403>
2. Saeed M. F., Li L., Wang H., Weaver S. C., Barrett A. D. Phylogeny of the Simbu serogroup of the genus Bunyavirus. *Journal of General Virology*. 2001;82(9):2173-2181. DOI: <https://doi.org/10.1099/0022-1317-82-9-2173>
3. European Food Safety Authority (EFSA). Schmallenberg virus: State of art. *EFSA Journal*. 2014;12(5):3681. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3681>
4. Спрыгин А. В., Кононов А. В., Бабин Ю. Ю., Мищенко В. А. Болезнь Шмалленберга: молекулярно-биологические особенности вируса и клиническая картина (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2012;47(6):24-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18197989>
5. Sprygin A. V., Kononov A. V., Babin Yu. Yu., Mishchenko V. A. *Bolezn' Shmallenberga: molekulyarno-biologicheskie osobennosti virusa i klinicheskaya kartina (obzor)*. [Schmallenberg virus disease: molecular biology and clinical presentation (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2012;47(6):24-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18197989>
5. Сальников Н. И., Никитина Е. Г., Жабон Е. О., Колбасов Д. В. Выявление генома вируса Шмалленберг методом ПЦР в реальном времени. *Ветеринария*. 2012;(8):57-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17866940>
6. Sal'nikov N. I., Nikitina E. G., Zhabon E. O., Kolbasov D. V. *Vyyavlenie genoma virusa Shmallenberg metodom PTsR v real'nom vremeni*. [Detection of Schmallenberg virus genome by RT-PCR in real time]. *Veterinariya = Veterinary*. 2012;(8):57-58. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17866940>
7. Hofmann M. A., Mader M., Flückiger F., Renzullo S. Genetic stability of Schmallenberg virus in vivo during an epidemic, and in vitro, when passaged in the highly susceptible porcine SK-6 cell line. *Vet. Microbiol.* 2015;176(1-2):97-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.01.010>
7. Coupeau D., Claine F., Wiggers L., Kirschvink N., Muylkens B. S-segment variability during the two first years of the spread of Schmallenberg virus. *Archives of Virology*. 2016;161(5):1353-1358. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2787-x>
8. Izzo F., Cosseddu G. M., Polci A., Iapaolo F., Pinoni C., Dondona A. C., Valleriani F., Monaco F. Genetic characterization of Italian field strains of Schmallenberg virus based on N and NSs genes. *Virus Genes*. 2016;52 (4):582-585. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11262-016-1335-9>
9. Vengust G., Vengust D. Z., Toplak I., Rihtaric D., Kuhar U. Post-epidemic investigation of Schmallenberg virus in wild ruminants in Slovenia. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2020;67(4):1708-1715. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13495>
10. Caballero-Gómez J., García-Bocanegra I., Navarro N., Guerra R., Martínez-Nevado E., Soriano P., Cano-Terriza D. Zoo animals as sentinels for Schmallenberg virus monitoring in Spain. *Vet. Microbiol.* 2021;252:108927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108927>
11. Мищенко В. А. Новый враг. *Ветеринария и жизнь*. 2012;(4):3.
11. Mishchenko V. A. *Novyy vrag*. [A new enemy]. *Veterinariya i zhizn' = Veterinary Medicine and Life*. 2012;(4):3. (In Russ.).
12. Mouchantat S., Wernike K., Lutz W., Hoffmann B., Ulrich R. G., Börner K., Wittstatt U., Beer M. A broad spectrum screening of Schmallenberg virus antibodies in wildlife animals in Germany. *Veterinary Research*. 2015;46(1):99. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0232-x>
13. Rasmussen L. D., Kristensen B., Kirkeby C., Rasmussen T. B., Belsham G. J., Bødker R., Bøtner A. Culicoids as vectors of Schmallenberg virus. *Emerging Infectious Diseases*. 2012;18(7):1204-1206. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1807.120385>
14. Wernike K., Holsteg M., Schirrmeier H., Hoffmann B., Beer M. Natural Infection of Pregnant Cows with Schmallenberg Virus—A Follow-Up Study. *PLoS ONE*. 2014;9(5):e98223. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098223>
15. Schulz C., Wernike K., Beer M., Hoffmann B. Infectious Schmallenberg Virus from Bovine Semen, Germany. *Emerging Infectious Diseases*. 2014;20(2):338-339. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2002.131436>
16. Phythian C. J., Glover M. J. Highs and Lows of Lambing Time: Sheep Farmers' Perceptions of the First Outbreak of Schmallenberg Disease in South West England on Their Well-Being. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019;16(24):5057. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16245057>
17. Кухаркина О. В., Борисова О. А. Болезнь Шмалленберга: обзор литературы. *Владимир*, 2014. 69 с.
17. Kukharkina O. V., Borisova O. A. *Bolezn' Shmallenberga: obzor literatury*. [Schmallenberg disease: literature review]. *Vladimir*, 2014. 69 p.
18. Yanase T., Maeda K., Kato T., Nyuta S., Kamata H., Yamakawa M., Tsuda T. The resurgence of Shamonda virus, an African Simbu group virus of the genus Orthobunyavirus, in Japan. *Archives of Virology*. 2005;150(2):361-369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-004-0419-3>

19. Zientara S., Beck C., Lecollinet S. Emerging vectorial diseases: West Nile fever, Bluetongue and Schmallenberg. *Bull. Acad. Natl. Med.* 2020;204(9):992-999. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.banm.2020.09.041>
20. Hoffmann B., Scheuch M., Hoper D., Jungblut R., Holsteg M., Schirrmeier H., Eschbaumer M., Goller K. V., Wernike K., Fischer M., Breithaupt A., Mettenleiter T. C., Beer M. Novel orthobunyavirus in Cattle, Europe, 2011. *Emerging Infectious Diseases*. 2012;18(3):469-472. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1803.111905>
21. Мищенко В. А., Сухарев О. И., Макаров В. В. «Болезнь Шмалленберга» – новая вирусная инфекция жвачных. *Ветеринарная практика*. 2012;1(56):5-7.
22. Mishchenko V. A., Sukharev O. I., Makarov V. V. «Bolezn' Shmallenberga» – novaya virusnaya infektsiya zhvachnykh. [Schmallenberg disease is a new viral infection of ruminants]. *Veterinarnaya praktika*. 2012;1(56):5-7. (In Russ.).
22. Sedda L., Rogers D. J. The influence of the wind in the Schmallenberg virus outbreak in Europe. *Scientific Reports*. 2013;3:3361. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep03361>
23. Balmer S., Vögtlin A., Thür B., Büchi M., Abril C., Houmard M., Danuser J., Schwermer H. Serosurveillance of Schmallenberg virus in Switzerland using bulk tank milk samples. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014;116(4):370-379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.026>
24. Schmallenberg virus: Analysis of the epidemiological data and assessment of impact (Scientific report of EFSA). *EFSA Journal*. 2012;10(6):2768. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2768>
25. Azkur A. K., Albayrak H., Risvanli A., Pestil Z., Ozan E., Yilmaz O., Tonbak S., Cavunt A., Kadi H., Macun H. C., Acar D., Özenç E., Alparslan S., Bulut H. Antibodies to Schmallenberg virus in domestic livestock in Turkey. *Tropical Animal Health and Production*. 2013;45:1825-1828. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0415-2>
26. Beer M., Conraths F. J., van der Poel W. H. Schmallenberg virus - a novel Orthobunyavirus emerging in Europe. *Epidemiol. Infect.* 2013;141(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268812002245>
27. Simmons A. Schmallenberg virus in 2012/13. *VetRecord*. 2012;171(25):651-652. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e8629>
28. Hahn K., Habierski A., Herder V., Wohlsein P., Peters M., Hansmann F., Baumgärtner W. Schmallenberg virus in central nervous system of ruminants. *Emerging Infectious Diseases*. 2013;19(1):154-155. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1901.120764>
29. Wernike K., Eschbaumer M., Schirrmeier H., Blohm U., Breithaupt A., Hoffmann B., Beer M. Oral exposure, reinfection and cellular immunity to Schmallenberg virus in cattle. *Vet. Microbiol.* 2013;165(1-2):155-159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.040>
30. Wernike K., Eschbaumer M., Breithaupt A., Hoffmann B., Beer M. Schmallenberg virus challenge models in cattle: Infectious serum or culture-grown virus? *Veterinary Research*. 2012;43:84. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-84>
31. Roberts H., Middlemiss C., Gibbens N. Schmallenberg virus: Responding to the challenge. *The Veterinary Journal*. 2012;194(1):1-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.08.028>
32. Dominguez M., Gache K., Touratier A., Perrin J-B., Fediaevsky A., Collin E., Bréard E., Sailleau C., Viarouge C., Zanella G., Zientara S., Hendrikx P., Calavas D. Spread and impact of the Schmallenberg virus epidemic in France in 2012-2013. *BMC Veterinary Research*. 2014;10(1):248. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0248-x>
33. Steinrigl A., Schiefer P., Schleicher C., Peinhopf W., Wodak E., Bagó Z., Schmoll F. Rapid spread and association of Schmallenberg virus with ruminant abortions and foetal death in Austria in 2012/2013. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014;116(4):350-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.006>
34. Fetal deformities detected during surveillance for Schmallenberg virus. *VetRecord*. 2012;171(5):117-120. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e4828>
35. Varela M., Schnettler E., Caporale M., Murgia C., Barry G., McFarlane M., McGregor E., Piras I. M., Shaw A., Lamm C., Janowicz A., Beer M., Glass M., Herder V., Hahn K., Baumgärtner W., Rohl A., Palmarini M. Schmallenberg virus pathogenesis, tropism and interaction with the innate immune system of the host. *PLoS Pathogens*. 2013;9(1):e1003133. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003133>
36. Van den Brom R., Luttikholt S., Lievaart-Peterson K., Peperkamp N., Mars M., Van Der Poel W., Vellema P. Epizootic of ovine congenital malformations associated with Schmallenberg virus infection. *Tijdschr Diergeneeskd.* 2012;137(2):106-111.
37. Van der Heijden H. M. J. F., Bouwstra R. J., Mars M. H., Van der Poel W. H. M., Wellenberg G. J., Van Maanen C. Development and validation of an indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of antibodies against Schmallenberg virus in blood samples from ruminants. *Research in Veterinary Science*. 2013;95(2):731-735. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.04.022>
38. Fischer M., Schirrmeier H., Wernike K., Wegelt A., Beer M., Hoffmann B. Development of a pan-Simbu real-time reverse transcriptase PCR for the detection of Simbu serogroup viruses and comparison with SBV diagnostic PCR systems. *Virology Journal*. 2013;10(1):327. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-422X-10-327>
39. De Regge N., Van den Berg T., Georges L., Cay B. Diagnosis of Schmallenberg virus infection in malformed lambs and calves and first indications for virus clearance in the fetus. *Veterinary Microbiology*. 2013;162(2-4):595-600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.11.029>
40. Hoffmann B., Schulz C., Beer M. First detection of Schmallenberg virus RNA in bovine semen, Germany, 2012. *Veterinary Microbiology*. 2013;167(3-4):289-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.09.002>
41. Tarlinton R., Daly J., Dunham S., Kydd J. The challenge of Schmallenberg virus emergence in Europe. *The Veterinary Journal*. 2012;194(1):10-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.08.017>
42. Humphries D., Burr P. Schmallenberg virus milk antibody ELISA. *VetRecord*. 2012;171(20):511-512. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e7739>



43. Bouchemla F., Agoltsov V. A., Larionov S. V., Popova O. M., Shvenk E. V. Epizootiological study on spatio-temporal clusters of Schmallenberg virus and Lumpy skin diseases: The case of Russia. *Veterinary World*. 2018;11(9):1229-1236. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1229-1236>
44. Claine F., Coupeau D., Wiggers L., Muylkens B., Kirschvink N. Modelling the evolution of Schmallenberg virus seroprevalence in a sheep flock after natural infection. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018;154:132-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.03.024>
45. Wernike K., Beer M. Schmallenberg Virus: To Vaccinate, or Not to Vaccinate? *Vaccines*. 2020;8(2):287. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines8020287>
46. Endalew A. D., Faburay B., Wilson W. C., Richt J. A. Schmallenberg Disease-A Newly Emerged Culicoides-Borne Viral Disease of Ruminants. *Viruses*. 2019;11(11):1065. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11111065>

**Сведения об авторах**

✉ **Бурова Ольга Александровна**, зам. руководителя группы, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: [burovaolga@list.ru](mailto:burovaolga@list.ru)

**Захарова Ольга Игоревна**, научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

**Торопова Надежда Николаевна**, микробиолог, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

**Лискова Елена Афанасьевна**, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4324-725X>

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

**Блохин Андрей Александрович**, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

**Information about the authors**

✉ **Olga A. Burova**, Deputy Group Leader, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: [burovaolga@list.ru](mailto:burovaolga@list.ru)

**Olga I. Zakharova**, researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

**Nadezhda N. Toropova**, microbiologist, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

**Elena A. Liskova**, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4324-725X>

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

**Andrey A. Blokhin**, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: [nnovgorod@ficvim.ru](mailto:nnovgorod@ficvim.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author