

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-37-42
УДК 68.39.01:68.39.29:39.19.25:34.35.15:34.25.39

МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАРАЗНОГО УЗЕЛКОВОГО ДЕРМАТИТА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ

****Подшибякин Д.В. ORCID ID 0000-0002-2656-888X, *Падило Л.П. ORCID ID 0000-0002-8402-6798, *Агольцов В.А. ORCID ID 0000-0001-6991-7253, ***,****Черных О.Ю. ORCID ID 0000-0001-8584-8251, *Попова О.М. ORCID ID 0000-0002-3534-5370**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Российская Федерация

**ООО «Научно-исследовательский институт технологий органической, неорганической химии и биотехнологий» (ООО «НИИТОНХ и БТ»), г. Саратов, Российская Федерация

***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация

****Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт-филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», г. Новочеркасск, Российская Федерация

*В данной работе был проведен анализ влияния ряда факторов природного и антропогенного происхождения на риск распространения заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота с использованием информации об эпизоотии ЗУД КРС в 2011-2020 гг. Показано, что наибольшим влиянием среди факторов обладают плотность сети водоемов на данной местности, плотность поголовья восприимчивых животных и средняя температура самого влажного квартала года. Экстраполяция построенной модели на территорию Саратовской области выявила, что наибольшему риску возникновения эпизоотии ЗУД КРС подвергаются ее юго-восточные районы. **Ключевые слова:** заразный узелковый дерматит крупного рогатого скота, пространственное распределение, факторы окружающей среды, обобщенная линейная регрессия, максимальная энтропия.*

MODELING THE RISK OF SPREADING FOR BOVINE LUMPY SKIN DISEASE IN THE SOUTH-EASTERN EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION

****Podshibyakin D.V., *Padilo L.P., *Agoltsov V.A., ***,****Chernykh O.Yu., *Popova O.M.**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov", Saratov, Russian Federation

**LLC Scientific Research Institute of Technologies for Organic, Inorganic Chemistry and Biotechnologies (LLC NIITONH and BT), Saratov, Russian Federation

***Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

****The North Caucasus Zonal Scientific Research Veterinary Institute is a branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Rostov Agrarian Scientific Center", Novochechassk, Russian Federation

*In this paper, the analysis of the effect of a number of factors of natural and anthropogenic origin on the risk of spreading of bovine contagious nodular dermatitis (Lumpy skin disease, LSD) was carried out using information on bovine LSD epizootic in 2011-2020. It is shown that the factors of the greatest influence are the density of the network of waterbodies in a given area, density of susceptible animal population, and the average temperature in the wettest quarter of the year. Extrapolation of the constructed model for the territory of the Saratov region revealed that the south-eastern regions are at the greatest risk of the occurrence of bovine Lumpy skin disease epizootic. **Keywords:** lumpy skin disease, cattle, spatial distribution, environmental factors, generalized linear regression, maximum entropy.*

Введение. Заразный узелковый дерматит крупного рогатого скота (нодулярный дерматит, узелковая экзантема, ЗУД КРС) – трансграничная вирусная болезнь крупного рогатого скота (КРС), характеризующаяся лихорадкой, поражением конъюнктивы, половых органов, слизистых оболочек дыхательного и пищеварительного трактов, образованием кожных узелков с их последующим некрозом. Возбудителем ЗУД КРС является ДНК-содержащий вирус, относящийся к роду *Capripoxvirus* семейства *Poxviridae*. Несмотря на относительно невысокую летальность, данная болезнь наносит серьезный экономический ущерб, обусловленный значительным снижением мясной и молочной продуктивности КРС, качества кожевенного сырья, развитием стерильности быков-производителей и абортами коров, затратами на вакцинацию, а также гибелью больных животных, вызванной секундарной инфекцией [1].

В последние десятилетия отмечается неуклонное и стремительное расширение нозоареала возбудителя. Если изначально ЗУД КРС был эндемичен для Африки, то впоследствии большое число вспышек было зарегистрировано на территории многих государств Европы и Азии. К настоящему времени установлено, что распространение данной болезни в значительной мере связано с транспортировкой зараженных животных и активностью кровососущих членистоногих (отряд *Arthropoda*), ассоциированных с животноводческими агрокомплексами. Эти обстоятельства обуславливают способность возбудителя ЗУД КРС к длительному сохранению в пределах нозоареала и его

интродукции на новые территории, а также определяет наличие крайне большого количества факторов окружающей среды, оказывающих влияние на данные процессы, что создает риски укоренения болезни и стационарного неблагополучия в дальнейшем [2, 3].

Цель данной работы – оценка риска распространения возбудителя ЗУД КРС в Саратовской области (Российская Федерация), находящейся под угрозой заражения, при помощи математического моделирования на основе ретроспективных данных об эпизоотии 2011-2020 гг.

Материалы и методы исследований. Математическое моделирование осуществлялось путем предварительного отбора статистически значимых для распространения ЗУД КРС факторов окружающей среды методом обобщенной линейной регрессии в среде R (<https://www.r-project.org>, дата обращения: 05.05.2023) по общепринятой методике и финальной оценки индекса пространственного распределения возбудителя, рассчитанного методом максимальной энтропии на основе отобранных факторов в ПО MaxEnt 3.4.4 (<https://github.com/mrmaxent/Maxent>, дата обращения: 05.05.2023) согласно инструкции разработчиков. Значение индекса, равное 0,5, интерпретировали как средний риск присутствия возбудителя, т.е. возникновения вспышки. Значения выше и ниже этой величины расценивали как повышенный и пониженный риск соответственно. Качество построенной модели оценивали по показателю площади под кривой ошибок (area under curve, AUC). Величина площади, стремящаяся к 1, означает превосходную способность модели выявлять территории повышенного риска среди других, в то время как величина, равная 0,5, демонстрирует различие на уровне случайности [4].

Нами были рассмотрены три категории факторов окружающей среды, потенциально способные определять уровень риска возникновения вспышек ЗУД КРС. В первую категорию были включены природные факторы, такие как климатические показатели, плотность сети водоемов, высота над уровнем моря и др. [5, 6, 7]. Во вторую категорию – антропогенные факторы (плотность поголовья крупного рогатого скота [8] и плотность сети автомобильных дорог [9]). В третью был отнесен только один фактор – тип землепользования, т.е. характер физического покрытия поверхности Земли, который может формироваться под влиянием как природных, так и антропогенных факторов [10]. Информация о вспышках ЗУД КРС получена из общедоступных источников: EMPRES-i, Global animal disease information system (<https://empres-i.apps.fao.org>, дата обращения: 05.05.2023) и сообщений Информационно-аналитического центра Россельхознадзора (<https://fsvps.gov.ru/ru/iac/messages>, дата обращения: 05.05.2023). Для построения модели использовали данные об эпизоотии и факторах окружающей среды на территориях с наибольшим количеством вспышек ЗУД КРС, зарегистрированных в 2011-2020 гг. (Балканский полуостров, Анатолия, западная часть Леванта, а также Южный, Северо-Кавказский федеральные округа России и юго-западная часть Приволжского федерального округа). Обработку и визуализацию геопространственных данных осуществляли при помощи ESRI ArcGIS Desktop (<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>, дата обращения: 05.05.2023). Для построения графиков использовали Microsoft Excel (<https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/excel>, дата обращения: 05.05.2023).

Результаты исследований. За период 2011-2020 гг. в мире, согласно вышеназванным источникам, было зарегистрировано 3177 вспышек ЗУД КРС. Из этого числа на территориях, использованных для построения модели, произошло 2174 вспышки, или 68,4%, что позволяет проводить прогнозирование риска распространения заболевания на благополучные территории с довольно высокой степенью достоверности.

Предварительный анализ факторов окружающей среды на территории тестовых зон показал, что для оценки риска возникновения вспышек ЗУД КРС статистически значимыми ($p < 0,001$) являются семь из них (таблица 1).

Таблица 1 – Факторы окружающей среды, прошедшие проверку на статистическую значимость ($p < 0,001$) при предварительном анализе, и их вклад в модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС

Фактор окружающей среды	Вклад, %
Плотность сети автомобильных дорог (всех типов), м/км ²	6
Плотность сети водоемов (всех типов), м ² /км ²	33,5
Плотность поголовья КРС, голов/10 км ²	15,6
Преобладающий тип землепользования	11,3
Расстояние до ближайших водоемов (всех типов), км	5
Среднее количество дней с осадками, дней/мес.	14
Средняя температура самого влажного квартала года, °С	14,6

Примечание. Вклад вычислен методом эвристического анализа и перестановочного теста в MaxEnt 3.4.4. Полужирным шрифтом выделены показатели факторов, вклад которых превышает среднее значение вкладов всех переменных.

Путем экстраполяции построенной модели был осуществлен прогноз риска распространения ЗУД КРС на территории Саратовской области Российской Федерации. Вспышки ЗУД КРС на территории региона регистрировались в 2017 – 2019 гг., на протяжении этих лет произошла 41 вспышка, из них 29 – в 2017 г., одна – в 2018 г. и 11 – в 2019 г. (рисунок 1).

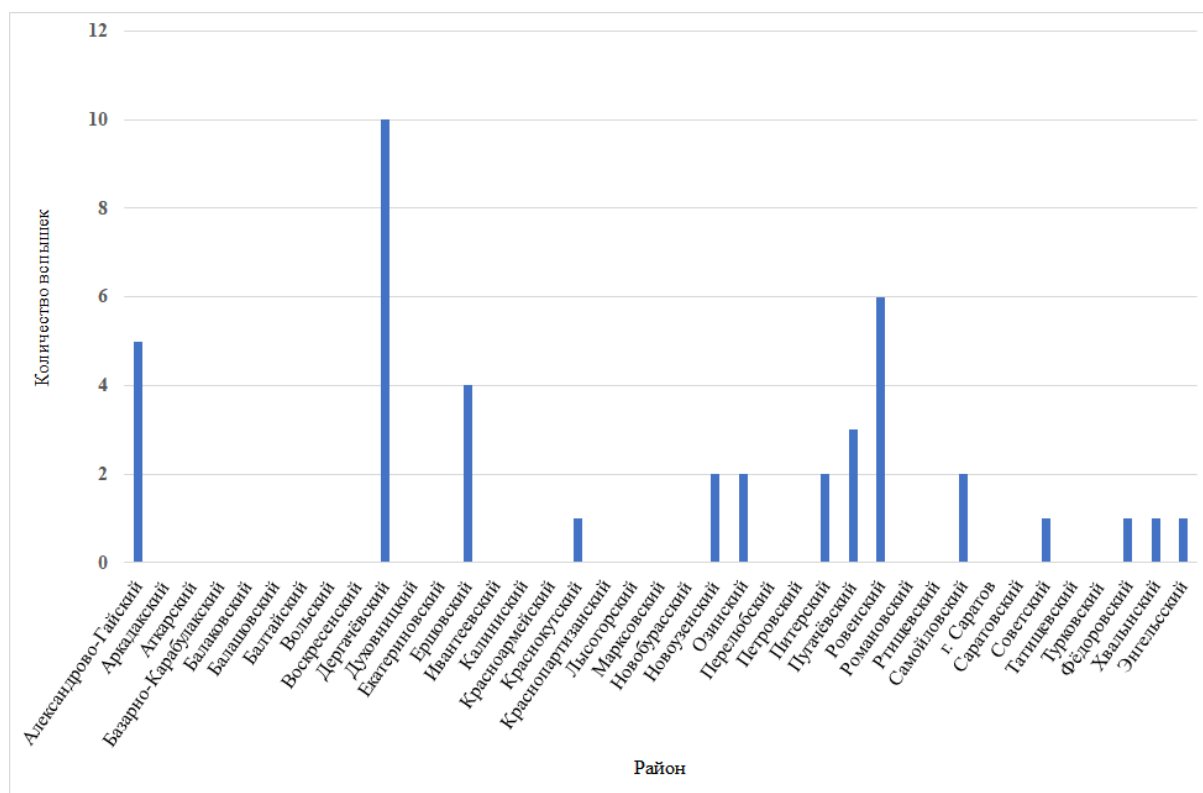


Рисунок 1 – Количество зарегистрированных вспышек ЗУД КРС в районах Саратовской области, 2017 – 2019 гг.

Построенная на основе вышеперечисленных факторов окружающей среды MaxEnt-модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС показала среднее значение площади под кривой ошибок $0,781 \pm 0,014$, что означает ее хорошую предсказательную способность. Результаты оценки относительного вклада различных факторов окружающей среды в модель, вычисленные методом эвристического анализа и перестановочного теста, приведены в таблице 1. Наиболее важное значение (выше среднего значения всех переменных) в построенной модели имеют плотность сети водоемов, плотность поголовья скота и средняя температура самого влажного квартала.

Характер влияния факторов внешней среды отображают кривые отклика соответствующих переменных построенной модели. Каждая кривая демонстрирует, как изменяется индекс пространственного распределения возбудителя при изменении конкретной переменной, с условием, что значения остальных переменных остаются на уровне их среднего выборочного значения. На рисунке 2 представлены кривые отклика переменных, вносящих наибольший вклад в модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС.

Опираясь на рассчитанную значимость отобранных факторов и их характер влияния, можно визуализировать распределение вероятности присутствия возбудителя ЗУД в пространстве и, соответственно, риска возникновения вспышек заболевания (рисунок 3).

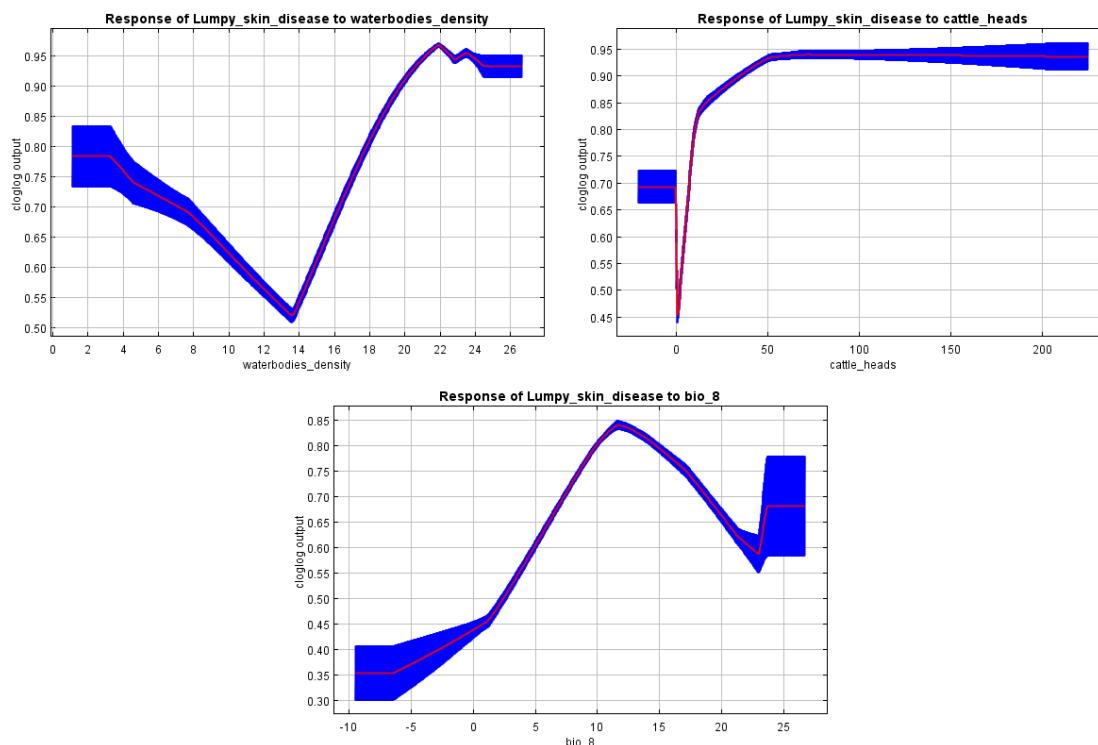


Рисунок 2 – Кривые отклика переменных, вносящих наибольший вклад в модель пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС. Вверху слева: плотность сети водоемов, вверху справа: плотность поголовья КРС, внизу: средняя температура самого влажного квартала года. На вертикальной оси отображен индекс пространственного распределения возбудителя ЗУД КРС, на горизонтальной оси – значения переменных модели. Синим показано стандартное отклонение

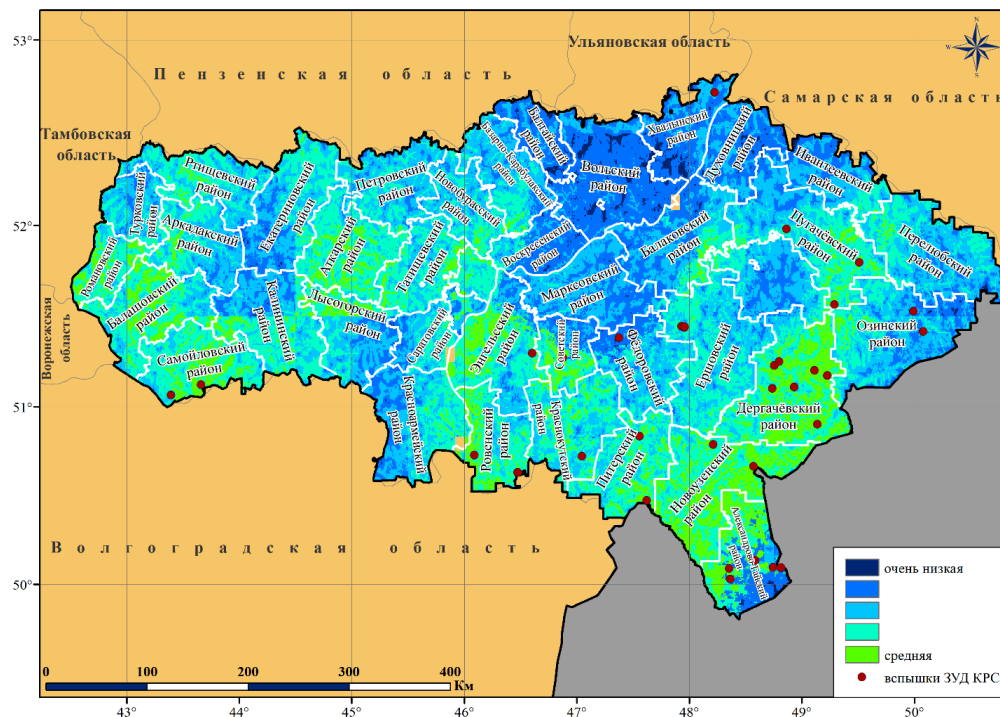


Рисунок 3 – Распределение вероятности присутствия возбудителя ЗУД КРС и соответствующего ей риска возникновения вспышек заболевания на территории Саратовской области. Цветовая шкала откалибрована относительно риска в наиболее неблагоприятных регионах, использованных для построения модели

Экстраполяция построенной модели на территорию Саратовской области показала, что риск распространения ЗУД КРС в данном регионе находится на среднем уровне по сравнению с территориями наивысшего риска, расположенными в Средиземноморье и на Юге России. При этом распределение риска в области не является однородным, что позволяет определить территории с наибольшей опасностью возникновения вспышек ЗУД КРС.

Заключение. Согласно полученным результатам моделирования, риск распространения ЗУД КРС на протяжении года определяется в общей сложности семью факторами окружающей среды, наибольшее значение из которых имеют три: плотность сети водоемов, плотность поголовья восприимчивых животных и средняя температура самого влажного квартала года. Кривая отклика показателя плотности сети водоемов, несмотря на сложную геометрию, демонстрирует наличие повышенного риска распространения ЗУД КРС во всем исследованном диапазоне. Наибольший риск отмечен при плотности гидросети в пределах 21-22 м²/км². Кривая изменения индекса пространственного распределения возбудителя заболевания в зависимости от плотности поголовья КРС демонстрирует повышенный риск уже при показателе ≈ 5 голов/10 км² и достигает наивысшего значения при 50 голов/10 км² и более. Кривая отклика средней температуры самого влажного квартала года показывает повышенный риск при значениях выше 2-3 °С, максимальный – при 12 °С.

Визуализация модели риска для территории Саратовской области демонстрирует расположение наиболее выраженных зон высокого риска в ее юго-восточной части на территории Дергачевского, Новоузенского и Александрово-Гайского районов. Помимо этого, повышенный риск возникновения вспышек ЗУД КРС отмечен в центральной (Ровенский и Энгельсский районы) и западной (Аткарский, Балашовский, Романовский и Самойловский районы) частях области.

Conclusion. According to the obtained modeling results, the risk of the spread of cattle LSD throughout the year is determined by a total of seven environmental factors, of which three are the most important: the density of the network of water bodies, the population density of susceptible animals and the average temperature of the wettest quarter of the year. The response curve of the water bodies density indicator, despite the complex geometry, demonstrates the presence of an increased risk of the spread of cattle LSD throughout the entire range studied. The greatest risk is noted when the density of the hydraulic network is within 21-22 m²/km². The curve of changes in the index of spatial distribution of the disease pathogen depending on the density of the cattle population demonstrates an increased risk already at an indicator of ≈ 5 heads/10 km², and reaches its highest value at 50 heads/10 km² or more. The response curve of the average temperature of the wettest quarter of the year shows an increased risk at values above 2-3 °C, with a maximum at 12 °C.

Visualization of the risk model for the territory of the Saratov region demonstrates the location of the most pronounced high-risk zones in its southeastern part in the Dergachevsky, Novouzensky and Aleksandrovo-Gaisky districts. In addition, an increased risk of outbreaks of bovine LSD was noted in the central (Rivne and Engels districts) and western (Atkarsky, Balashovsky, Romanovsky and Samoilovsky districts) parts of the region.

Список литературы. 1. Namazi, F. Lumpy skin disease, an emerging transboundary viral disease: A review / F. Namazi, A. Kh. Tafti // *Veterinary Medicine and Science*. – 2021. – Vol. 7, № 3. – P. 888–896. 2. Туппурайнен, Э. Заразный узелковый дерматит. Практическое руководство для ветеринаров. Руководство по животноводству и охране здоровья животных №20 ФАО / Э. Туппурайнен, Ц. Александров, Д. Бельтран Алькрудо. – Рим : Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО), 2017. – 56 с. 3. Изучение насекомых отряда Двукрылые (Diptera) на наличие генетического материала вируса заразного узелкового дерматита методом ПЦР / А. Н. Чичкин [и др.] // *Ветеринария*. – 2020. – № 7. – С. 24–31. 4. Fielding, A. H. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models / A. H. Fielding, J. F. Bell // *Environmental Conservation*. – 1997 – Vol. 24, № 1. – P. 38–49. 5. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset / I. Harris [et al.] // *Scientific Data*. – 2020. – Vol. 7, №109. – P. 1–18. 6. Fick, S. E. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas / S. E. Fick, R. J. Hijmans // *International Journal of Climatology*. – 2017. – Vol. 37, № 12. – P. 4302–4315. 7. (2019) A multidisciplinary framework to derive global river reach classifications at high spatial resolution / C. Ouellet Dallaire [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2019. – Vol. 14 (2), № 024003. – P. 1–12. 8. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010 / M. Gilbert [et al.] // *Scientific Data*. – 2018. – Vol. 5, № 180227. – P. 1–11. 9. Global patterns of current and future road infrastructure / J. R. Meijer [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2018. – Vol. 13 (6), № 064006. – P. 1–10. 10. Global Land Cover SHARE (GLC-SHARE) database Beta-Release Version 1.0 / J. Latham [et al.]. – Rome: FAO, 2014. – 38 p.

References. 1. Namazi, F. Lumpy skin disease, an emerging transboundary viral disease: A review / F. Namazi, A. Kh. Tafti // *Veterinary Medicine and Science*. – 2021. – Vol. 7, № 3. – P. 888–896. 2. Tuppurajnen, E. Zаразный узелковый дерматит. Практическое руководство для ветеринаров. Руководство по животноводству и охране здоровья животных №20 ФАО / E. Tuppurajnen, C. Aleksandrov, D. Bel'tran Al'krudo. – Rim : Prodovol'stvennaya i sel'skohozyajstvennaya organizaciya Ob'edinyonnyh Nacij (FAO), 2017. – 56 s. 3. Izuchenie nasekomyh otrjada Dvukrylye (Diptera) na nalichie geneticheskogo materiala virusa zaraznogo uzelkovogo dermatita metodom PCR / A. N. Chichkin [i dr.] // *Veterinariya*. – 2020. – № 7. – S. 24–31. 4. Fielding, A. H. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models / A. H. Fielding, J. F. Bell // *Environmental Conservation*. – 1997 –

Vol. 24, № 1. – P. 38–49. 5. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset / I. Harris [et al.] // *Scientific Data*. – 2020. – Vol. 7, №109. – P. 1–18. 6. Fick, S. E. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas / S. E. Fick, R. J. Hijmans // *International Journal of Climatology*. – 2017. – Vol. 37, № 12. – P. 4302–4315. 7. (2019) A multidisciplinary framework to derive global river reach classifications at high spatial resolution / C. Ouellet Dallaire [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2019. – Vol. 14 (2), № 024003. – P. 1–12. 8. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010 / M. Gilbert [et al.] // *Scientific Data*. – 2018. – Vol. 5, № 180227. – P. 1–11. 9. Global patterns of current and future road infrastructure / J. R. Meijer [et al.] // *Environmental Research Letters*. – 2018. – Vol.13 (6), № 064006. – P. 1–10. 10. Global Land Cover SHARE (GLC-SHARE) database Beta-Release Version 1.0 / J. Latham [et al.]. – Rome: FAO, 2014. – 38 p.

Поступила в редакцию 26.01.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-42-45
УДК 619:616.34

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТАНДАРТНЫХ ПРОГРАММ ФАРМАКОТЕРАПИИ ТЕЛЯТ ПРИ НЕОНАТАЛЬНОЙ ДИАРЕЕ

Скриголовский Н.Н. ORCID ID 0009-0003-2941-845X

ФГБОУ ВО «Вавиловский университет», г. Саратов, Российская Федерация

*В настоящем сообщении представлены материалы оценки эффективности программ лечения новорожденных телят при неонатальной диарее, в условиях бюджетной лимитированности выбора необходимых лекарственных средств для лечения основных клинических форм этого заболевания. Изучение результативности применявшихся вариантов стандартных схем лечения телят, больных неонатальной диареей, показало, что их комбинирование с современными фармацевтическими формами патогенетической терапии повышает эффективность лечения, в сравнении со схемами из лекарственных средств стандартного выбора. Результаты применения полиэнзиматического препарата «Флогэнзим» в комплексе средств основного лечения дают основания рассматривать системную энзимотерапию как средство, повышающее эффективность терапии при этом заболевании. **Ключевые слова:** неонатальная диарея телят, новорожденные телята, патогенетическая терапия, стандартные схемы лечения, системная энзимотерапия, полиэнзиматический препарат «Флогэнзим».*

PRACTICAL ASPECTS OF IMPROVING STANDARD PROGRAMS OF PHARMACOTHERAPY FOR CALVES WITH NEONATAL DIARRHEA

Skrigolovsky N.N.

FGBOU «Vavilov University», Saratov, Russian Federation

*The paper presents materials on evaluation of the efficacy for treatment programs for newborn calves with neonatal diarrhea, in conditions of budgetary limitation of the choice of the necessary drugs for the treatment of the main clinical forms of this disease. The study of the efficacy of the applied variants of standard treatment schemes for calves with neonatal diarrhea showed that their combination with current pharmaceutical forms of pathogenetic therapy increases the efficacy of treatment, compared to the schemes of drugs of a standard choice. The results of application of the polyenzymatic preparation Phlogenzyme in the complex of means of basic treatment give grounds to consider the systemic enzymotherapy as a means increasing the efficacy of therapy against this disease. **Keywords:** neonatal diarrhea in calves, newborn calves, pathogenetic therapy, standard treatment schemes, systemic enzymotherapy, polyenzymatic preparation Phlogenzyme.*

Введение. Неонатальная диарея - одно из самых распространенных заболеваний новорожденных телят, во многих молочно-товарных предприятиях. В период отелов ежегодно поражает значительную часть поголовья молодняка раннего возраста с высокой летальностью [1, 4, 5]. Разнообразие точек зрения, высказываемых по вопросам борьбы с неонатальной диареей телят, показывает, что это сложная проблема, требующая постоянного внимания ветеринарных специалистов и совершенствования лечения этого заболевания [4]. Практика подтверждает, что необходимость использования новых препаратов в этой области в настоящее время усиливается, и все неблагополучные хозяйства несут дополнительные расходы на востребованную фармацевтическую продукцию.

Принципиальной основой общепринятых (стандартных) программ лечения телят, больных неонатальной диареей, является комплекс медикаментозных средств: этиотропного назначения, регидратационной терапии, активации пищеварения и повышения биологического тонуса организма. Для лечения показаны препараты различного назначения – бактериостатические и бактерицидные, регидратационные, иммунонаправленные, антитоксические, противовоспалительные, симптоматические [3]. Практическая необходимость получения положительного терапевтического эффек-