

ПАЗИТОЛОГИЯ



Научная статья

УДК 636: 619: 616.34-008: 616-022.9

<https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-55-62>

Эпизоотические аспекты гельминтозов лошадей в Тюменской области

Е. Г. Калугина^{ID}, О. А. Столбова^{ID} ✉

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень,
Российская Федерация

✉ stolbovaoa@gausz.ru

Аннотация

Введение. Одной из главных проблем коневодства являются паразитарные болезни, в частности, гельминтозные инвазии. Гельминты способны оказывать механическое, токсическое, инокуляторное воздействие. Кроме того, они поглощают необходимые для организма лошади питательные вещества. В результате этого гельминты причиняют значимый ущерб конепоголовью, который складывается не только из-за падежа животных, но и за счёт снижения защитных функций организма, работоспособности, а также спортивных и племенных качеств лошадей. Цель — изучение эпизоотологических аспектов гельминтозов лошадей на территории Тюменской области.

Материалы и методы. Исследования проводились с учётом систем содержания лошадей на территории двадцати двух административных районов области, расположенных в подзонах северной и южной лесостепи и подтайги. Для определения экстенсивности инвазии использовали паразитологические методы исследований по Котельникову-Хренову, Фюллеборну, модификации Дарлинга и исследования соскобов с перианальных складок лошади.

Результаты исследования. Исследованиями установлено, что экстенсивность инвазии у заражённых лошадей в Тюменской области гельминтами составляет в среднем $27,9 \pm 1,43$ %. При этом максимально гельминтозная инвазия установлена у лошадей в подзоне северной лесостепи ЭИ $38,7 \pm 1,97$ % и минимально в подзоне южной лесостепи ЭИ $22,5 \pm 1,16$ %. Выяснено, что при круглогодичном содержании в конюшне и систематическом выгуле у лошадей паразитируют кишечные гельминты с экстенсивностью инвазии (ЭИ): *Parascaris equorum* — $70,1 \pm 2,53$ %, подотряд Strongylata — $48,3 \pm 1,97$ %, *Oxyuris equi* — $36,1 \pm 1,63$ %, представителем *Strongyloides westeri* — $20,9 \pm 1,19$ %. При культурно-табунной системе у лошадей максимальная экстенсивность инвазии наблюдалась гельминтами подотряда Strongylata при ЭИ $74,0 \pm 2,31$ %, а также были обнаружены паразиты *Parascaris equorum* с ЭИ $41,2 \pm 1,67$ %, *Oxyuris equi* — ЭИ $13,2 \pm 0,87$ % случаев и минимальная экстенсивность инвазии была зафиксирована паразитами *Strongyloides westeri* с ЭИ $6,5 \pm 0,21$ %. У лошадей при улучшено-табунной системе содержания установлена максимальная экстенсивность инвазии гельминтами подотряда Strongylata при ЭИ $79,4 \pm 2,52$ % и минимальная — *Strongyloides westeri* с ЭИ $0,8 \pm 0,01$ %. При изучении влияния распространения инвазии среди систем содержания получены данные подтверждающие, что при конюшенной системе доминируют гельминты *Parascaris equorum* с ЭИ $70,1 \pm 2,53$ %, а при культурно-табунной и улучшено-табунной системах содержания гельминты подотряда Strongylata с ЭИ $74,0 \pm 2,31$ % и ЭИ $79,4 \pm 2,52$ % соответственно.

Обсуждение и заключения. Таким образом, в результате изучения эпизоотических аспектов гельминтозов лошадей, выяснено, что гельминтозная инвазия регистрируется повсеместно в различных климатических зонах на территории Тюменской области.

Ключевые слова: животные, лошадь, конюшня, табун, жеребята, левада, кобылы, паразиты, гельминты, инвазия, подзоны, Тюменская область.

Благодарности. Авторы выражают признательность коллегам за помощь в проведении исследования и благодарность за финансовую поддержку исследования.

Для цитирования. Калугина, Е. Г. Эпизоотические аспекты гельминтозов лошадей Тюменской области / Е. Г. Калугина, О. А. Столбова // Ветеринарная патология. — 2023. — Т. 22, № 1. — С. 55–62 <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-55-62>

Original article

Epizootic Aspects of Helminthiasis in Horses of Tyumen Region

Elena G. Kalugina^{ID}, Olga A. Stolbova^{ID}

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russian Federation

✉ stolbovaoa@gauszu.ru

Abstract

Introduction. Parasitic diseases are one of the main problems of horse breeding, in particular, helminthic infestations. The helminths are able to induce mechanical, toxic, inoculation effect. Moreover they absorb the nutrients necessary for the horse body. Thereby the helminths inflict significant harm on the horse population, not only due to animals deaths, but also due to weakening the protective functions of the body as well as working capability, sports and breeding qualities of horses. The aim of the present work is to study the epizootological aspects of helminthiasis in horses at the territory of Tyumen region.

Materials and methods. The study was carried out taking into account the horses keeping and care practices in twenty-two administrative districts of the region, located in the subzones of the northern and southern forest-and-steppe and subtaiga areas. To determine the infestation extensity (IE), the parasitological research methods of Kotelnikov-Khrenov, Fülleborn's, Darling's modification method and the method of studying the scrapings of the perianal folds of the horse were applied.

Results. During the research it has been found that the infestation extensity in horses infested with helminths in the Tyumen region averages to 27.9 ± 1.43 %. Whereas, the maximum helminthic infestation was found in horses in the subzone of the northern forest-and-steppe area IE 38.7 ± 1.97 % and the minimum - in the subzone of the southern forest-and-steppe area IE 22.5 ± 1.16 %. It was found that in the conditions of year-round keeping in the stables with regular walking, the intestinal helminths parasitised in horses with the following infestation extensity (IE): *Parascaris equorum* - 70.1 ± 2.53 %, suborder Strongylata - 48.3 ± 1.97 %, *Oxyuris equi* - 36.1 ± 1.63 %, the representative of *Strongyloides westeri* - 20.9 ± 1.19 %. In the conditions of herd farming, the maximum infestation extensity in horses was observed for the helminths of suborder Strongylata with IE - 74.0 ± 2.31 %, also spotted were parasites *Parascaris equorum* with IE of 41.2 ± 1.67 %, *Oxyuris equi* with IE — of 13.2 ± 0.87 % and the minimum infestation extensity was recorded for the parasites *Strongyloides westeri* with IE of 6.5 ± 0.21 %. In horses in the conditions of improved herd farming, the maximum infestation extensity was observed for the helminths of suborder Strongylata with IE of 79.4 ± 2.52 % and the minimum was for *Strongyloides westeri* with IE of $0.8 \pm$

0.01 %. When studying the distribution of infestation in relation to the keeping and care practices, the data was obtained confirming that under practices of keeping in stables the helminths *Parascaris equorum* prevail with IE of 70.1 ± 2.53 % and under practices of herd and improved-herd farming - the helminths of the suborder Strongylata with IE of 74.0 ± 2.31 % and IE 79.4 ± 2.52 %, respectively.

Discussion and conclusions. Thus, in the result of studying the epizootic aspects of helminthiasis in horses, it was found that helminthic infestation is recorded in various climatic zones throughout the whole territory of Tyumen region.

Keywords: animals, horse, stables, herd, foals, paddock, mares, parasites, helminths, infestation, subzones, Tyumen region.

Acknowledgements. The authors are grateful to colleagues for their help in conducting the research and thankful for financial support of the study.

For citation. E. G. Kalugina, O. A. Stolbova. Epizootic Aspects of Helminthiasis in Horses of Tyumen Region. Veterinary Pathology, 2023, vol. 22, no. 1, pp. 55–62. <https://doi.org/10.23947/1682-5616-2023-22-55-62>

Введение. В настоящее время на территории Тюменской области поголовье лошадей значительно увеличивается, насчитывается свыше 14-ти тысяч условных голов, представленных разнообразными породами от миниатюрных пони до тяжеловозных пород, от чистопородных до беспородных, от спортивных до рабочего класса. Все они находятся в разных природно-климатических условиях из-за уникальности области, располагающейся в центральной части России от Северного Ледовитого океана до Архангельской области, охватывающей при этом все природные зоны и зоогеографические районы, обуславливая богатство разнообразной фауны, в том числе и паразитарной [1–5]. Эпизоотологические данные коневодческих хозяйств свидетельствуют о широком распространении гельминтозной инвазии среди конепоголовья, и это является одной из проблем стоящей перед ветеринарными специалистами [6–9]. Гельминты являются виновниками разнообразных заболеваний животных и причиняют огромный ущерб коневодству, в связи с этим необходимо более детально изучать эпизоотологическую картину гельминтозных инвазий лошадей, для усовершенствования

и разработки мер борьбы, используемых в практике в целях недопущения гельминтозных инвазий в коневодстве [10–13].

Целью наших исследований являлось изучение эпизоотологических аспектов гельминтозов лошадей на территории Тюменской области.

Материалы и методы. Научно-исследовательскую работу проводили в период 2017–2021 гг. на кафедре незаразных болезней сельскохозяйственных животных, инфекционных и инвазионных болезней Института биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», а также в хозяйствах 22 административных районов Тюменской области, различных по системам содержания, расположенных в подзоне подтайги (Аромашевский, Вагайский, Викуловский, Нижнетавдинский, Сорокинский, Тобольский, Уватский, Юргинский, Ярковский районы), подзоне северной лесостепи (Голышмановский, Зоводоуковский, Исетский, Ишимский, Омутинский, Тюменский, Упоровский, Ялуторовский районы) и подзоне южной лесостепи (Абатский, Армизонский, Бердюжский, Казанский, Сладковский районы), климат которых от умеренно тёплого хорошо влажного

до тёплого с недостаточной влажностью. Для постановки диагноза на гельминтозные инвазии у лошадей использовали специальные лабораторные паразитологические исследования, применяли методы гельминтоскопии по Котельникову-Хренову, Фюллеборну, модификации Дарлинга, метод исследования соскобов с перианальных складок. По результатам исследований подсчитывали экстенсивность гельминтозной инвазии у лошадей [14–20].

Результаты исследования. Тюменская область располагается практически в центральной части России, охватывает все природно-климатические зоны и зоогеографические районы, делится на физико-географические подзоны – подтайги, северной лесостепи и южной лесостепи. Обладает богатым разнообразием животного мира и не обходится без паразитофауны.

Изучение распространенности гельминтозных инвазий лошадей мы проводили в развитых по коневодству районах области

трёх подзон, а также учитывали данные отчетности Управления ветеринарии по Тюменской области.

По данным эпизоотологических исследований и анализа полученных результатов установлено, что гельминты у лошадей Тюменской области имеют разную экстенсивность, составляющую (ЭИ) $27,9 \pm 1,43 \%$.

В результате наблюдения, нами установлено, что максимальная экстенсивность гельминтозной инвазии зафиксирована в подзоне северной лесостепи на уровне ЭИ $38,7 \pm 1,97 \%$ (рис. 1). В данную подзону входит группа районов, это Голышмановский район — ЭИ $38,5 \pm 2,27 \%$, Заводоуковский — ЭИ $49,8 \pm 3,13 \%$, Исетский — ЭИ $21,3 \pm 1,24 \%$, Ишимский — ЭИ $33,4 \pm 2,18 \%$, Омутинский — ЭИ $71,0 \pm 2,17 \%$, Тюменский — ЭИ $34,8 \pm 2,19 \%$, Упоровский — ЭИ $22,3 \pm 1,19 \%$ и Ялуторовский — ЭИ $38,4 \pm 2,24 \%$.

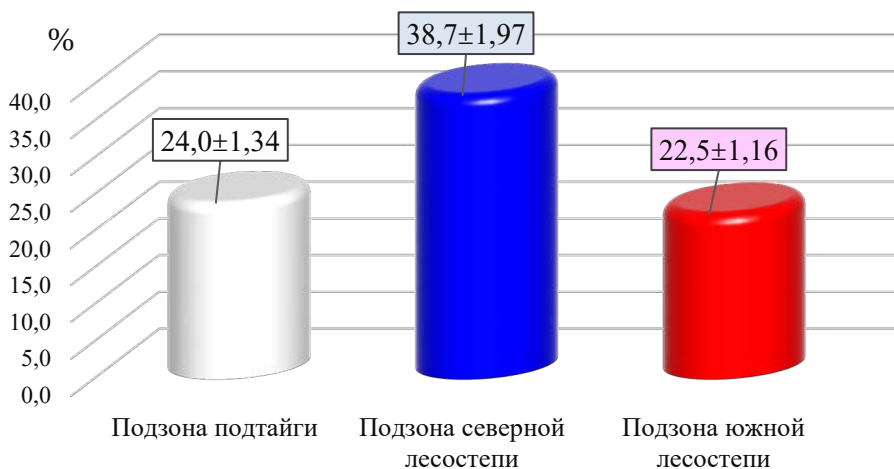


Рис. 1. Распространённость гельминтозов лошадей в подзонах Тюменской области в 2017–2021 гг.

Минимальная экстенсивность инвазии отмечена в небольшой по величине подзоне южной лесостепи — ЭИ $22,5 \pm 1,16 \%$, в её состав входят пять районов, это Абатский район — ЭИ $31,9 \pm 2,13 \%$, Армизонский — ЭИ $25,2 \pm 1,36 \%$, Бердюжский — ЭИ $30,4 \pm$

$2,03 \%$, Казанский — ЭИ $13,4 \pm 0,36 \%$ и Сладковский — ЭИ $9,6 \pm 0,18 \%$.

При анализе распространения гельминтозной инвазии выяснено, что на территории подзоны подтайги экстенсивизирован-

ность (ЭИ) — $24,0 \pm 1,34$ %. В данную подзону входят такие районы, как Аромашевский — ЭИ $22,7 \pm 1,23$ %, Вагайский — ЭИ $16,5 \pm 0,47$ %, Викуловский — ЭИ $23,3 \pm 1,29$ %, Нижнетавдинский — ЭИ $50,3 \pm 2,16$ %, Сорокинский — ЭИ $19,0 \pm 0,75$ %, Тобольский — ЭИ $10,3 \pm 0,29$ %, Уватский — ЭИ $24,0 \pm 1,32$ %, Юргинский — ЭИ $33,0 \pm 2,16$ % и Ярковский — ЭИ $17,7 \pm 0,53$ %.

Следующим этапом нашей работы являлось изучение распространения гельминтозных инвазий в коневодческих хозяйствах Тюменской области при различных системах содержания. Как известно, коневодческие хозяйства используют разные системы содержания лошадей, большая часть предприятий склоняется к конюшенной системе, но и имеются табунные системы содержания, подразделяющиеся на культурно-табунную и улучшено-табунную. Конюшенная система содержания предусматривает круглогодичное содержание лошадей в конюшнях, где имеются денники, стойла, секции, а также обустроенные места

для прогулок — поддоки, левады и в летнее время — пастбища с постройками летнего типа. Табунная система содержания лошадей заключается в круглогодичном содержании на пастбище в табунах, основана она на развитии и поддержании инстинкта стадности, свойственного данным животным, и подразделяется на *культурно-табунную* (большая часть года содержатся на пастбищах, но при этом имеются конюшни упрощённого типа, используемые в непогоду и холодное время года) и *улучшено-табунную* (круглогодичное содержание на пастбищах в табунах, для укрытия используют постройки летнего типа, такие как затиши, либо базы-навесы).

При круглогодичном содержании в конюшнях и систематическом выгуле, нами установлено, что у лошадей паразитируют кишечные гельминты со следующей экстенсивностью инвазии: *Parascaris equorum* — ЭИ $70,1 \pm 2,53$ %, подотряд Strongylata — ЭИ $48,3 \pm 1,97$ %, *Oxyuris equi* — ЭИ $36,1 \pm 1,63$ %, представителем *Strongyloides westeri* — ЭИ $20,9 \pm 1,19$ % (рис. 2).

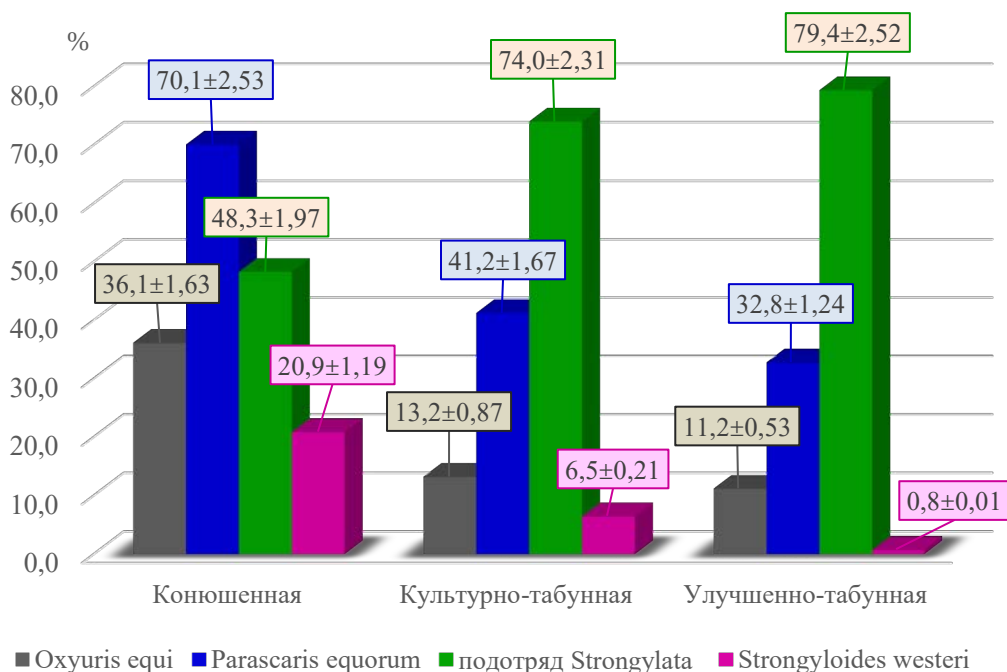


Рис. 2. Гельминтозные инвазии лошадей в зависимости от системы содержания, %

При культурно-табунной системе у лошадей максимальная экстенсивность инвазии наблюдалась гельминтами подотряда Strongylata при ЭИ $74,0 \pm 2,31$ %, а также были обнаружены паразиты *Parascaris equorum* с ЭИ $41,2 \pm 1,67$ %, *Oxyuris equi* — ЭИ $13,2 \pm 0,87$ % случаев и минимальная экстенсивность инвазии была зафиксирована паразитами *Strongyloides westeri* с ЭИ $6,5 \pm 0,21$ %.

У лошадей при улучшено-табунной системе содержания установлена максимальная экстенсивность инвазии гельминтами подотряда Strongylata при ЭИ $79,4 \pm 2,52$ % и минимальная — *Strongyloides westeri* с ЭИ $0,8 \pm 0,01$ %, а также при этой системе содержания у лошадей обнаруживались гельминты *Parascaris equorum* с ЭИ $32,8 \pm 1,24$ % и *Oxyuris equi* с ЭИ $11,2 \pm 0,53$ %.

Оценивая ситуацию гельминтозной инвазии лошадей в Тюменской области, нами отмечена зависимость от климатических особенностей региона, биологических особенностей возбудителя и разнообразия

гельминтов у однокопытных. Кроме этого, установлено, что на экстенсивность инвазии оказывают влияние технологические решения в системе содержания.

Обсуждение и заключения. Гельминтозные инвазии у лошадей широко распространены на территории Тюменской области и составляют $27,9 \pm 1,43$ %. По данным эпизоотологических исследований максимальная экстенсивность гельминтозной инвазии регистрировалась в подзоне северной лесостепи с ЭИ $38,7 \pm 1,97$ % и минимальная экстенсивность отмечена в небольшой по величине подзоне южной лесостепи с ЭИ $22,5 \pm 1,16$ %. Установлено влияние систем содержания на распространение гельминтов у лошадей. При конюшенной системе содержания у животных доминирующим является *Parascaris equorum* — ЭИ $70,1 \pm 2,53$ %, при культурно-табунной и улучшено-табунной системах содержания лошадей — представители подотряда Strongylata при ЭИ $74,0 \pm 2,31$ % и ЭИ $79,4 \pm 2,52$ % соответственно.

Список литературы

1. Бондаренко, Г. А. Эпизоотологическая ситуация по гельминтофауне в животноводческих хозяйствах Амурской области / Г. А. Бондаренко, Т. И. Трухина, И. А. Соловьева // БИО. — 2019. — № 8 (227). — С. 20–22. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-75-80>
2. Эпизоотическая ситуация по гельминтозам лошадей в частных хозяйствах Ленинградской области / Н. А. Гаврилова, Л. М. Белова, О. А. Логинова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 2. — С. 37–41. [0.17238/issn2072-2419.2020.2.31](https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2020.2.31)
3. Домацкий, В. Н. Распространение, терапия и профилактика гельминтозов лошадей в Российской Федерации / В. Н. Домацкий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2021. — № 3 (89). — С. 196–199. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-196-199>
4. Абарыкова, О. Л. Эпизоотологические особенности гельминтозов лошадей в г. Иваново / О. Л. Абарыкова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями : материалы междунар. науч. конф. — Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук, 2019. — № 20. — С. 36–39.
5. Ефремова, Е. А. Эпизоотические аспекты гельминтозов лошадей в Республике Алтай / Е. А. Ефремова, В. А. Марченко // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий : мат-лы VI-й междунар. науч. конф. — Горно-Алтайск, 2017. — С. 216–218.
6. Петров, Ю. Ф. Паразиты лошадей в Центральном районе Нечерноземья России / Ю. Ф. Петров, Д. А. Смирнов // Труды Всероссийского НИИ гельминтологии им. К. И. Скрябина. — Москва, 2004. — Т. 40. — С. 285.

7. Шабдарбаева, Г. С. Эпизоотолого-эпидемиологический мониторинг зоонозных гельминтозов на Юге Казахстана / Г. С. Шабдарбаева, Л. О. Жانتелиева // Евразийский союз учёных : биологические науки. — Санкт-Петербург, 2017. — № 1 (34). — С. 5–10.

8. Ваганова, Е. Д. Эпизоотическая ситуация по гельминтозам лошадей в ОАО «Племконзавод им. В. И. Чапаева» / Е. Д. Ваганова // Молодёжные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвящённой памяти академиков М. П. Тушнова и А. З. Равилова. — Казань : Казанская ГАВМ имени Н. Э. Баумана, 2022. — Т. 1. — С. 289–291.

9. Гаврилова, Н. А. Эпизоотическая ситуация по гельминтозам лошадей в хозяйствах Ленинградской области / Н. А. Гаврилова, Л. М. Белова, Е. В. Ермакова // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. — 2019. — № 1 (41). — С. 17–21. <https://doi.org/10.24411/2074-5036-2019-10008>

10. Ефремова, Е. А. Параскариоз лошадей в условиях Центрального Алтая / Е. А. Ефремова, В. А. Марченко, М. А. Смертина // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями : материалы междунар. науч. конф. — Москва : ВНИИП, 2021. — № 22. — С. 187–192.

11. Пузанова, Е. В. Современная эпизоотическая ситуация по стронгилятозам лошадей в Российской Федерации / Е. В. Пузанова, А. Н. Постевой // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями : мат-лы междунар. науч. конф. — Москва, 2019. — № 20. — С. 492–498.

12. Zharkikh, T. L. Dynamics of intestinal parasite infection in przewalski's horses reintroduced to Pre-Urals steppe / T. L. Zharkikh, P. I. Khristianovsky, R. T. Bakirova, V. Y. Petrov, E. A. Bulgakov, D. E. Khuzhakhmetova, V. V. Belimenko, S. A. Platonov // Orenburg state nature reserve (Russia) Nature Conservation Research. — 2019. — Vol. 4, No. S2. — P. 23–30.

13. Домацкий, В. Н. Паразитологическая ситуация по стронгилятозам лошадей в конно-спортивном комплексе ГАУ Северного Зауралья и эффективность антгельминтиков / В. Н. Домацкий, Е. Г. Калугина // Основные проблемы сельскохозяйственных наук : мат-лы междунар. науч. конф. — Волгоград, 2017. — № 4. — С. 23–25.

14. Калугина, Е. Г. Паразитозы у лошадей в условиях Тюменской области / Е. Г. Калугина, О. А. Столбова // Вестник КрасГАУ. — 2021. — № 2 (167). — С. 112–117. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-2-112-117>

15. Калугина, Е. Г. Гельминтофауна лошадей в Тюменской области / Е. Г. Калугина, О. А. Столбова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями : мат-лы междунар. науч. конф. — Москва, 2021. — № 22. — С. 223–228.

16. Калугина, Е. Г. Популяция *Parascaris equorum* в организме лошадей в разные сезоны года в условиях Тюменской области / Е. Г. Калугина, О. А. Столбова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями : материалы междунар. науч. конф. — Москва, 2020. — № 21. — С. 112–116.

17. Понамарев, Н. М. Эпизоотологические особенности распространения новых видов гельминтов лошадей на юге Западной Сибири / Н. М. Понамарев, Н. В. Тихая // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2018. — № 11 (169). — С. 82–85.

18. Усламина, Т. С. Гельминтофауна лошадей на территории Тюменского областного ипподрома / Т. С. Усламина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : сборник мат-лов LIV студ. научн. конф. — Тюмень, 2020. — С. 242–245.

19. Шакирова, Ч. Р. Эпизоотическая ситуация по кишечным нематодозам лошадей в хозяйствах Алексеевского района РТ / Ч. Р. Шакирова // Молодёжные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : мат-лы междунар. науч. конф. — Казань, 2019. — С. 196–198.

20. Шарипова, М. Х. Гельминтозы лошадей в крестьянско-фермерском хозяйстве «Аланлык» Высокогорского района Республики Татарстан / М. Х. Шарипова, Р. Р. Тимербаева, Г. С. Фролов // Современные научные исследования: теория, методология, практика : сб. тр. VIII междунар. науч. конф. — Уфа, 2022. — С. 30–33.

21. Studzinska, M. B. A survey of ivermectin resistance in *Parascaris* species foals in south-eastern Poland / M. B. Studzinska, G. Salle, M. Roczen-Karczmarz, K. Szczepaniak, M. Demkowska-Kutrzepa, K. Tomczuk // Acta. Vet. Scand. — 2020. — Vol. 61, No. 1. — P. 28.

Об авторах:

Калугина Елена Геннадьевна, преподаватель кафедры «Незаразные болезни сельскохозяйственных животных» Государственного аграрного университета Северного Зауралья (625003, РФ, г. Тюмень, ул. Республики, 7), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1111), kalugina.ea@asp.gausz.ru

Столбова Ольга Александровна, заведующая кафедрой «Незаразные болезни сельскохозяйственных животных» Государственного аграрного университета Северного Зауралья (625003, РФ, г. Тюмень, ул. Республики, 7), доктор ветеринарных наук, [ResearcherID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1111), [ORCID](mailto:stolbovaoa@gausz.ru), stolbovaoa@gausz.ru

Заявленный вклад соавторов:

Е. Г. Калугина — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, проведение лабораторных и производственных исследований, подготовка текста, формирование выводов. О. А. Столбова — научное руководство, анализ результатов, формирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.