

ИЗУЧЕНИЕ КИШЕЧНОГО МИКРОБИОМА СИБИРСКОЙ КОСУЛИ

Н.П. ТАРАБУКИНА, А.М. МАРКОВА, М.П. НЕУСТРОЕВ,
С.И. ПАРНИКОВА, М.П. СКРЯБИНА

(ФГБУН «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
им. М.Г. Сафронова»)

*Животный мир в Якутии богат и разнообразен, но эпизоотическая ситуация республики по инфекционным болезням диких животных остается слабоизученной. В литературе практически отсутствуют сообщения об изучении микробиоты диких копытных Арктики и Субарктики. Изучение микробиома диких животных является не только актуальным, но и информативным исследованием, так как микробиота – чуткий индикатор, реагирующий на многие факторы внешней и внутренней среды организма. Целью исследований стало изучение микробиома диких животных в арктической и субарктической зонах России. В статье представлены результаты исследования кишечной микробиоты сибирской косули. Исследован биологический материал – тонкий и толстый отделы кишечника (просветная и пристеночная микробиота). Для количественного учета микроорганизмов применяли общепринятый метод разведений. Анализ полученных результатов показал, что у исследованных сибирских косуль (43 гол.) в нормальной микробиоте (пристеночной и просветной) доминируют аэробные бактерии рода *Bacillus* – до 88–100% соответственно. Значительно им уступают основные представители нормофлоры кишечника: бифидобактерии (от 61,3–68,1%), лактобактерии (36,3–63,6%), энтерококки (59–66%) и лактозоположительные эшерихии (54,5–59%). В количественном отношении в кишечном микробиоценозе косуль отмечено также сравнительно высокое число бактерий (до 10^4 КОЕ/г), на порядок меньше – лактобактерий, энтерококков и лактозоположительных эшерихий, значительно в малом количестве (до 10^1 КОЕ/г) зарегистрированы бифидобактерии. При исследовании материала, взятого от трупов навиших косуль, установлено отсутствие представителей нормальной микрофлоры, кроме лактозоположительных эшерихий, которые обнаружены в пристеночном содержимом. При микробиологическом исследовании патматериала (паренхиматозных органов и кишечника) выделены потенциальные энтеропатогены – лактозонегативные эшерихии, которые при дальнейшем исследовании идентифицированы как *Salmonella abortus equi* с высокой вирулентностью к лабораторным животным. Проведенные исследования показали выраженный дисбактериоз у навиших косуль кишечника, который характеризуется отсутствием основных представителей нормальной микрофлоры наряду с преобладанием в большом количестве потенциальных энтеропатогенов до 10^4 КОЕ/г. Наличие в кишечной микробиоте косуль высоковирулентного возбудителя сальмонеллеза указывает на их этиологическую роль в причине падежа животных. Таким образом, обобщая результаты проведенных исследований, можно заключить, что в кишечной микробиоте сибирской косули доминируют аэробные бактерии рода *Bacillus*, и именно они выполняют основную защитную функцию от патогенных микроорганизмов.*

Ключевые слова: дикие копытные животные, кишечник, нормальная микрофлора, патогенная микрофлора, микробиология.

Введение

В природе насчитывается около 1,5 млн видов представителей дикой фауны. По разным оценкам исследователей, 41000 видам растений и животных грозит вымирание. Такие экологические факторы, как загрязнение окружающей среды, выброс

химических пестицидов в местах обитания животных и многое другое, негативно влияют на организм и популяции дикой фауны. Кроме того, считается, что дикие животные являются резервуаром около 75% инфекционных болезней. Следовательно, они могут быть источниками и переносчиками многих инфекционных болезней животных и человека, что приводит к необходимости изучения, разработки реалистичных и эффективных стратегий по их оздоровлению и сохранению. Разработка таких стратегий требует в первую очередь понимания факторов, влияющих на здоровье.

В последние годы, по мнению специалистов по микробиологической экологии, у диких животных, как и у людей, микробные сообщества, то есть микробиомы, играют ведущую роль в благополучии своих хозяев. Микробные консорциумы, населяющие все: от кишечника животных до их кожи, – способствуют адаптации, приспособляемости к изменяющимся внешним условиям обитания, регулируют пищеварение и устойчивость к инфекциям. Предполагается, что именно с помощью знаний микробиомов определенных видов можно повысить успешность программ реинтродукции, разведения животных в неволе, а также сохранить здоровье живущих в дикой природе [1, 3, 14, 17].

В Якутии животный мир богат и разнообразен, но эпизоотическая ситуация республики по инфекционным болезням диких животных остается слабоизученной несмотря на существование особо опасных природно-очаговых инфекций – таких, как бешенство, бруцеллез, лептоспироз, сибирская язва и т.п. [4, 6]. В доступной литературе практически отсутствуют сообщения об изучении микробиоты диких копытных животных Арктики и Субарктики.

Изучение микробиома диких животных является не только актуальным, но и информативным исследованием, так как микробиота, как известно, является чутким индикатором, реагирующим на многие факторы внешней и внутренней среды организма [10, 15]. При этом исследователи придают особое физиологическое значение для жизнедеятельности организма состоянию микробиоценоза кишечника. Представители нормофлоры, прикрепляясь к рецепторам энтероцитов, уменьшают потенциал патогенного воздействия на стенку кишечника со стороны болезнетворных микробов. Одновременно с этим нормофлора, вызывая антигенное раздражение слизистой оболочки кишечника, потенцирует включение механизмов неспецифической резистентности, системного и местного иммунитета (увеличение синтеза иммуноглобулинов, лизоцима). Ассоциативные связи между энтероцитами и микробными колониями нормофлоры приводят к формированию на поверхности интестинальных слизистых оболочек защитного биослоя, «уплотняющего» стенку кишечника и препятствующего проникновению в кровоток токсинов болезнетворных возбудителей [9].

В связи с вышеизложенным знание кишечной микробиоты имеет важное значение при оценке состояния здоровья животного.

Дикие копытные животные Севера: косули, лоси, изюбры – питаются растениями, которые насчитывают более 300 видов, и получают из них микроэлементы, минеральные соли, белки, витамины, антиоксиданты, ферменты, в том числе полезные бактерии. Известна способность диких копытных к перевариванию грубых растительных кормов. В связи с этим можно предположить наличие в их желудочно-кишечном тракте микроорганизмов – продуцентов различных биологически активных веществ, что также представляет интерес для современной сельскохозяйственной биотехнологии [7, 8].

Цель исследований: изучение микробиома диких животных, обитающих в арктической и субарктической зонах России.

В статье представлены результаты исследования кишечной микробиоты сибирской косулы (*Capreolus pugargus*).

Материал и методы исследований

Биологический материал для исследований – тонкий и толстый отделы кишечника косуль. Биоматериал – отрезки кишечника с содержимым, с двух концов завязанные веревками или подобным подручным материалом, поступали в лабораторию в замороженном виде. Размораживание проводили при комнатной температуре в течение 4–5 ч. С соблюдением правил асептики брали пробы просветного и пристеночного содержимого кишечника. Для исследования просветной микрофлоры срезали скальпелем лигатуру с одного конца отрезка кишечника и выжимали содержимое в стерильную тару. Для взятия пристеночной слизи отрезок кишечника выворачивали, промывали под струей стерильной дистиллированной воды, затем брали соскоб слизистой оболочки в отдельную стерильную тару. Отбирали по 2 г, добавляли стерильный физиологический раствор из расчета 1:10. Для количественного учета микроорганизмов применяли общепринятый метод разведений.

При исследовании микрофлоры использовали следующие среды: ГМФ – агар (ТУ 9385–058–39484474–2009) – для аэробных бактерий после прогрева до 80°C в течение 15 мин; Азидную (ТУ 9385–019–14237183–07) – для выделения и учета энтерококков; Эндо (ТУ 9398–027–78095326–2007) – для учета эшерихий; Бифидум-среду (ТУ 9398–041–78095326–2008) – для учета бифидобактерий; Лактобакагар (ТУ 9398–104–78095326–2010) – для молочно-кислых бактерий; Байерд-Паркера (ТУ 20.59.52. –263–78095326–2017) – для выделения стафилококков; Чапека (ТУ 9229–014–00419789–95) – для выделения грибов; (ТУ 9398–029–78095326–2007) – среду для выделения иерсиний.

Подсчет выросших колоний производили в счетчике колоний, окраску мазков готовили по Граму. Учет результатов посевов проводили через 24, 48 ч для бактерий, 5 дней – для грибов. Количество микроорганизмов определяли в колониеобразующих единицах (КОЕ) в 1 г. Родовую и видовую идентификацию выделенных микроорганизмов производили согласно «Определителю бактерий Берджи» (1997), а также по «Определителю зоопатогенных микроорганизмов» (1995).

Математическую обработку полученных данных осуществляли с использованием прикладной программы Snedecor, Microsoft Excel. Результаты опытов подвергли также статистической обработке по методу Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Научно-исследовательская работа проведена в 2015–2022 гг. в лаборатории по разработке микробных препаратов Якутского НИИ сельского хозяйства. Исследован биоматериал от 43 гол. косуль, полученных в результате охотничьего промысла, лицензированного Департаментом охотничьего хозяйства и особо охраняемых природных территорий Республики Саха (Якутия). Следует отметить, что предоставленный биоматериал состоял из 28 образцов толстого отдела, 5 образцов тонкого отдела, и только 10 проб были взяты из обоих отделов кишечника, поэтому представлены обобщенные результаты кишечной микрофлоры сибирской косули. Также исследован патологический материал, взятый от трех трупов косуль. Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунках 1, 2.

Анализ полученных результатов показал (табл. 1, рис. 1), что у всех исследованных сибирских косуль (43 гол.) в нормальной микрофлоре (пристеночной и просветной) доминируют аэробные бактерии рода *Vacillus* (до 88–100% соответственно). Значительно им уступают основные представители нормофлоры кишечника: бифидобактерии (от 61,3–68,1%), лактобактерии (36,3–63,6%), энтерококки (59–66%) и лактозоположительные эшерихии (54,5–59). В количественном отношении в кишечном

микробиоценозе косуль отмечено также сравнительное высокое число бацилл (до 10^4 КОЕ/г, на порядок меньше – лактобактерий, энтерококков и Л+ эшерихий, значительно в малом количестве – до 10^1 КОЕ/г – зарегистрированы бифидобактерии.

Как следует из данных таблицы и рисунка 1, в просветном содержимом и пристеночном микробиоме кишечника здоровых косуль также присутствуют условно-патогенные микроорганизмы в небольшом количестве (10^2 КОЕ/г до 10^1 КОЕ/г): стафилококки, лактозонегативные эшерихии, иерсинии и плесневые грибы рода *Mucor*, которые отмечены только в просветном содержимом.

Таблица 1

Количественный состав кишечной микробиоты сибирской косули, КОЕ/г

Группы бактерий	Количество микроорганизмов, КОЕ/г, в кишечнике косуль	
	43 гол. (охотпромысел)	3 гол. (патматериал)
Лактобактерии	10^3	-
Бифидобактерии	10^1	-
Энтерококки	10^3	-
Аэробные бациллы рода <i>Bacillus</i>	10^4	-
Эшерихии Л+	10^3	10^2
Эшерихии Л-	10^2	10^4
Стафилококки	10^2	10^4
Иерсинии	10^2	-
Микроскопические грибы	10^1	-

Примечание. – – нет роста; Л+ – лактозоположительные эшерихии; Л- – лактозонегативные эшерихии.

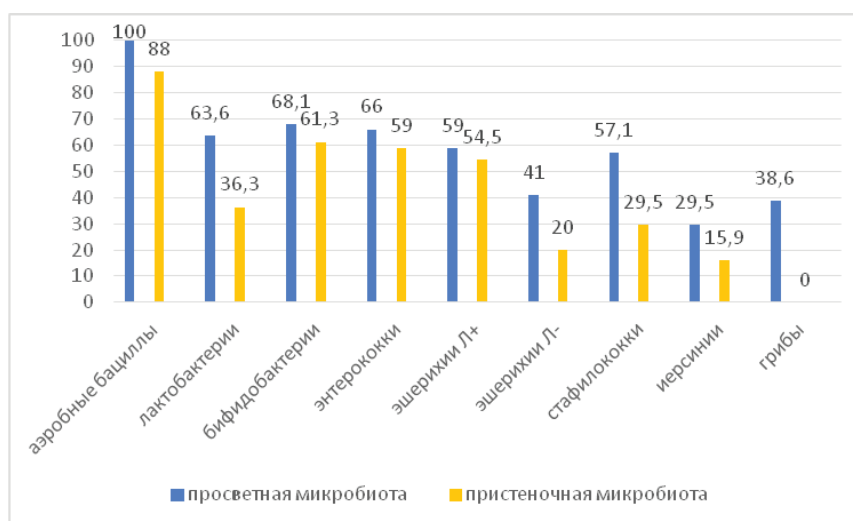


Рис. 1. Содержание групп микроорганизмов в микробиоме косуль, %

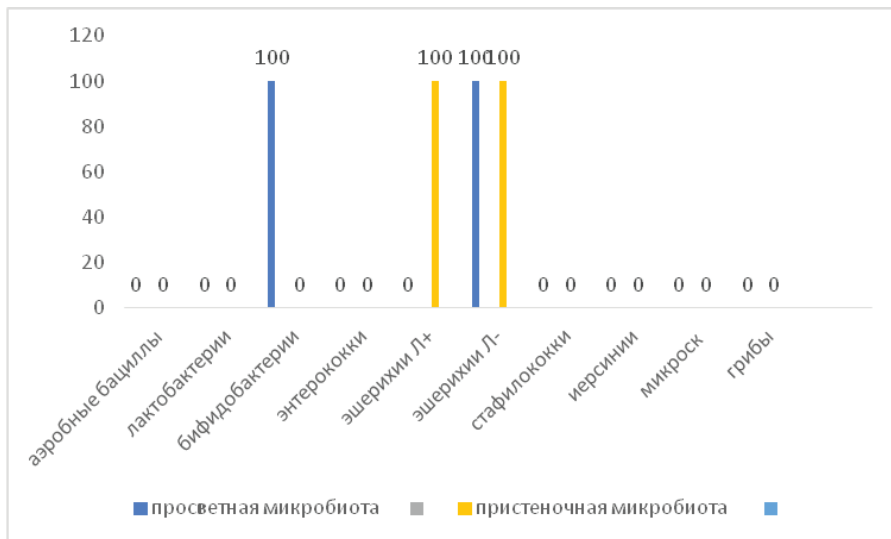


Рис. 2. Содержание групп микроорганизмов в микробиоме павших косуль, %

Пристеночная микробиота кишечника сибирских косуль представлена также в большой мере аэробными бациллами (88%), процент обнаружения основных представителей нормальной флоры (лакто- и бифидобактерий) составляет 36 и 61% соответственно. В слизистой пристеночной микробиоте встречаются условно-патогенные микроорганизмы – такие, как стафилококки (в 30%), лактозонегативные эшерихии (в 20%), а также в 16% случаях исследований – патогены (возбудители иерсиниозов).

Полученные данные согласуются с мнением Е.Л. Никоновой, Е.М. Поповой (2019) в том, что немаловажную роль в функционировании нормобиоза играют микроорганизмы, обитающие в пристеночной микробиоте кишечника, где в основном усваиваются питательные вещества и куда проникают вредные бактерии [9].

Результаты исследований микробиоты кишечника, взятой от трупов павших косуль, представлены в рисунке 2.

При исследовании патологического материала, взятого от трупов косуль (рис. 2), установлено полное отсутствие представителей нормальной микрофлоры кишечника, кроме L+ эшерихий, которые обнаружены только в пристеночном содержимом. Следует отметить совершенное отсутствие аэробных бацилл, которые в 100% регистрируются в микробиоте кишечника здоровых косуль.

При микробиологическом исследовании патматериала (паренхиматозных органов и кишечника) выделены потенциальные энтеропатогены – лактозонегативные эшерихии, которые при дальнейшем исследовании идентифицированы как *Salmonella abortus equi* с высокой вирулентностью к лабораторным животным. Белые мыши при внутрибрюшинном заражении выделенными культурами пали через 18 ч. Проведенные исследования показали у павших косуль выраженный дисбактериоз кишечника, который характеризуется отсутствием основных представителей нормальной микрофлоры наряду с преобладанием в большом количестве потенциальных энтеропатогенов – до 10^4 КОЕ/г. Также наличие в кишечной микробиоте косуль высоковирулентного возбудителя сальмонеллеза указывает на их этиологическую роль в причине гибели животных.

Косуля в Сибири является промысловым охотничьим животным. В динамике численности сибирской косули в Центральной Якутии выделяются периоды подъема и спада численности популяции с интервалами 20–25 лет [2, 5]. Зимовка 2018 г., когда обнаружены трупы косуль, оказалась тяжелой для многих копытных – как диких,

так и домашних. Отмечен падеж среди косуль и табунных лошадей. Косули часто в поисках корма пасутся в местах дополнительного кормления лошадей. Группы косуль обнаружены коневодами на местах тебеневки, где ослабленных лошадей подкармливали сеном и овсом. В этих косяках отмечен падеж лошадей от сальмонеллеза, вызванный высокопатогенным изолятом *Salmonella abortus equi*, относящимся к виду *Salmonella enterica*. Полученные факты предполагают падеж табунных лошадей и диких копытных от одной инфекции.

Исследования микробиома диких животных, несмотря на высокую значимость, имеют определенные трудности как в сборе, взятии материалов, недоступности особей, обитающих в дикой природе, так и в обсуждении полученных результатов ввиду малой информации об этой проблеме [17]. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих исследований, заключающимися в том, что в микробиоценозе мерзлотных почв, микробиоте домашних, диких, а также ископаемых животных, сохранившихся в многолетних мерзлых грунтах, доминируют спорообразующие аэробные бактерии рода *Bacillus* [4, 14]. Постоянное присутствие и доминирование аэробных бацилл как в просветной, так и в пристеночной микробиоте кишечника сибирской косули, подтверждают наше мнение о том, что их следует считать полноправными представителями нормальной микрофлоры животных, обитающих в условиях Арктики и Субарктики.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования микробиома сибирской косули показали, что в нормальной микробиоте кишечника (пристеночной и просветной) доминируют аэробные бациллы рода *Bacillus* (до 88–100% соответственно). Значительно уступают им основные представители нормофлоры: бифидобактерии (от 61,3–68,1%) и лактобактерии (36,3–63,6%), энтерококки (59–66%) и лактозоположительные эшерихии (54,5–59%). В количественном соотношении также отмечено сравнительно высокое число бацилл – до 10^4 КОЕ/г, на порядок меньше – лактобактерий, энтерококков и лактозоположительных эшерихий, значительно в малом количестве (до 10^1 КОЕ/г) зарегистрированы бифидобактерии.

Обобщая результаты проведенных исследований, можно заключить, что в кишечной микробиоте сибирской косули доминируют аэробные бациллы рода *Bacillus*, и именно они выполняют основную защитную функцию от патогенных микроорганизмов.

Библиографический список

1. Андреенков О.Н., Бундина Л.М., Хрусталева А.В. Современное состояние изученности природно-очаговых зоонозов центральных регионов России // Российский журнал мелкие домашние и дикие животные. – 2014. – № 5. – С. 18–20.
2. Аргунов А.В., Степанова В.В. Структура рациона сибирской косули в Якутии // Экология. – 2011. – № 2. – С. 144–147.
3. Бедоева З.М., Божьева Ю.В. Эпизоотологический мониторинг инфекционных болезней у диких плотоядных животных // Ветеринарная медицина. – 2011. – № 3 (4). – С. 120–122.
4. Владимиров Л.Н., Неустроев М.П., Тарабукина Н.П. Арктические штаммы *Bacillus subtilis* в современной микробиотехнологии // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 2. – С. 17–20. DOI: [org/10.30917/ATT-VK-1814](https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814).
5. Кривошапкин А.А., Аргунов А.В. Численность сибирской косули (*Capreolus pygargus pall.*) в Центральной Якутии // Амурский зоологический журнал. – 2013. – № 1. – С. 97–104.

6. Леляк А.А., Штерншис М.В. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 42–55.
7. Маноро Н.С., Земленская Н.И. Экология видового состава бактерий, изолированных от диких млекопитающих и птиц // Вестник КрасГу. – 2013. – № 1. – С. 91–94.
8. Неустроев М.П. и др. Микробиоценоз кишечника молодняка лошадей табунного содержания в условиях Якутии // Коневодство и конный спорт. – 2015. – № 2. – С. 24–27.
9. Никонова Е.Л., Попова Е.Н. Микробиота: Монография. – М.: Изд-во «Медиа-Сфера», 2019. – 255 с.
10. Романова Э.В., Ревазова З.И. Биохимические свойства микроорганизмов, выделенных из пищеварительного тракта медведя и косули // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50, № 3. – С. 267–269.
11. Определитель бактерий Берджи: Справочник / Под ред. Дж. Хоулта и др.: Пер. с англ.; Под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. – 9-е изд. – М.: Мир, 1997. – 26 с.
12. Определитель зоопатогенных микроорганизмов: Справочник / Под ред. М.А. Сидорова, Д.И. Скородумова, В.Б. Федорова. – М.: Колос, 1995. – 319 с.
13. Саттон Д. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов / Под ред.: Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. – М.: Мир, 2001. – 486 с.
14. Tarabukina N.P. et al. Yakutia zoolite microflora // International journal of the French Guaternary association. – 2010. – № 3. – Pp. 59–60.
15. Chen B. et al. Gut microbiota and meat quality // J. Frontiers in Microbiology. – 2022. – № 8, Vol. 23. – Pp. 1–14. DOI: 10.3389/fmcb.2022.951726.
16. Huber I. et al. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia // International Journal of Circumpolar Health. – 2020. – № 79:1. – P. 1715698. DOI: 10.1080/22423982.2020.1715.
17. Barron M. Into the Wild: Animal Microbiomes in Conservation // American Society for Microbiology. – 2022. – Vol. 16. – Pp. 1–5.

STUDYING THE INTESTINAL MICROBIOME OF SIBERIAN ROE DEER

N.P. TARABUKINA, A.M. MARKOVA, M.P. NEUSTROEV,
S.I. PARNIKOVA, M.P. SCRYABINA

(Yakut Scientific Research Institute of Agriculture)

*The fauna of Yakutia is rich and diverse, but the epizootic situation of the republic with regard to infectious diseases of wild animals remains poorly studied. There are practically no reports in the literature on the study of the microbiota of wild ungulates of the Arctic and Subarctic. The study of the microbiome of wild animals is not only relevant but also informative research, as the microbiota is a sensitive indicator that responds to many factors of the external and internal environment of the body. The aim is to study the microbiome of wild animals in the Arctic and Subarctic zones of Russia. The article presents the results of the study of the intestinal microbiota of Siberian roe deer. The biological material (thin and thick sections of the intestine (lumen and wall microbiota)) was studied. The generally accepted dilution method was used for quantitative counting of microorganisms. Analysis of the results showed that in the studied Siberian roe deer (43 heads), aerobic bacilli of the genus *Bacillus* dominate in the normal microbiota (wall and lumen) up to 88–100% (respectively), the main representatives of the intestinal normoflora are significantly inferior to them are: bifidobacteria (61.3–68.1%), lactobacilli (36.3–63.6%), enterococci (59–66%), and lactose-positive *Escherichia* (54.5–59%). Quantitatively, the intestinal microbiocenosis of roe deer showed*

a comparatively high number of bacilli – up to 10^4 CFU/g, the number of lactobacilli, enterococci and lactose-positive escherichia was much less, and bifidobacteria were registered in a significantly low amount – up to 10^1 CFU/g. Examination of material taken from the carcasses of dead roe deer revealed the absence of representatives of normal microflora, except for lactose-positive escherichia, which were found in the wall contents. Microbiological examination of the post-mortem material (parenchymal organs and intestines) revealed potential enteropathogens – lactose-negative escherichia, which, were further identified as *Salmonella abortus equi*, with high virulence to laboratory animals. The conducted studies showed pronounced intestinal dysbiosis in fallen roe deer, which is characterised by the absence of the main representatives of normal microflora along with the predominance of a large number of potential enteropathogens up to 10^4 CFU/g. The presence of a highly virulent causative agent of salmonellosis in the intestinal microbiota of roe deer indicates their etiological role in the cause of animal deaths. Thus, summarizing the results of the conducted studies, it can be concluded that aerobic bacilli of the genus *Bacillus* dominate in the intestinal microbiota of the Siberian roe deer and they have the main protective function against pathogenic microorganisms.

Key words: wild ungulates, intestine, normal microflora, pathogenic microflora, microbiology.

References

1. Andreenkov O.N., Bundina L.M., Khurstalev A.V. et al. Current State of Knowledge of Natural Focal Zoonoses in the Central Regions of Russia. *Rossiyskiy zhurnal melkie domashnie i dikiye zhivotnye*. 2014; 5: 18–20. (In Rus.)
2. Argunov A.V., Stepanova V.V. Structure of the Diet of Siberian Roe Deer in Yakutia. *Ekologiya*. 2011; 2: 144–147. (In Rus.)
3. Bedoeva Z.M., Bozh'eva Y.V. Epizootological Monitoring of Infectious Diseases in Wild Carnivores. *Veterinarnaya meditsina*. 2011; 3(4): 120–122. (In Rus.)
4. Vladimirov L.N., Neustroev M.P., Tarabukina N.P. Arctic Strains of *Bacillus Subtilis* in Modern Microbiotechnology. *Veterinariya i kormleniye*. 2020; 2: 17–20. DOI: doi.org/10.30917/ATT-VK-1814 (In Rus.)
5. Krivoshapkin A.A., Argunov A.V. Number of Siberian Roe Deer (*Capreolus pygargus* pall.) in Central Yakutia. *Amurskiy zoologicheskiy zhurnal*. 2013; 1: 97–104. (In Rus.)
6. Lelyak A.A., Shternshis M.V. Antagonistic Potential of Siberian Strains of *Bacillus* spp. in Relation to Pathogens of Animals and Plants. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2014; 1: 42–55. (In Rus.)
7. Mandro N.S., Zemlenskaya N.I. Ecology of the Species Composition of Bacteria Isolated from Wild Mammals and Birds. *Vestnik KrasGau*. 2013; 1: 91–94. (In Rus.)
8. Neustroev M.P. et al. Microbiocenosis of the Intestines of Young Herd Horses in the Conditions of Yakutia. *Konevodstvo i konnyy sport*. 2015; 2: 24–27. (In Rus.)
9. Nikonova E.L., Popova E.N. Microbiota. Monograph. M.: Izd-vo “Media-Sfera”, 2019: 255. (In Rus.)
10. Romanova E.V., Revazova Z.I. Biochemical Properties of Microorganisms Isolated from the Digestive Tract of the Bear and Roe Deer. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013; 3: 267–269. (In Rus.)
11. Holt J. et al. Bergey's Bacteria Determinant: Handbook. 9th ed. M.: Mir, 1997: 26. (In Rus.)
12. Sidorov M.A., Skorodumov D.I., Fedorov V.B. Key to Zoopathogenic Microorganisms: Handbook. M.: Kolos, 1995: 319. (In Rus.)
13. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M. Key to Pathogenic and Opportunistic Fungi. M.: Mir, 2001: 486. (In Rus.)
14. Tarabukina N.P. et al. Yakutia Zoolite Microflora. *International journal of the French Guaternary association*. 2010; 3: 59–60.

15. *Chen B. et al.* Gut microbiota and meat quality. *J. Frontiers in Microbiology*. 2022; 08; 23: 01–14. DOI: 10.3389/fmcb.2022.951726
16. *Huber I. et al.* Symposium Report: Emerging Threats for Human Health – Impact of Socioeconomic and Climate Change on Zoonotic Diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia. *International Journal of Circumpolar Health*. 2020; 79: 2242–3982. DOI: 10.1080/22423982.2020.1715
17. *Barron M.* Into the Wild: Animal Microbiomes in Conservation. *American Society for Microbiology*. 2022; 16: 1–5.

Тарабукина Надежда Петровна, заведующий лабораторией по разработке микробных препаратов, д-р ветеринар. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова»; 677000, Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: hotubact@mail.ru; тел.: 8–924871–45–78

Неустров Михаил Петрович, заведующий лабораторией ветеринарной биотехнологии, д-р ветеринар. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова»; 677000, Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: mneuc@mail.ru; тел.: (924) 461–65–95

Маркова Анна Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории по разработке микробных препаратов, канд. ветеринар. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова»; 677000, Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: stepanova anna1985@mail.ru; тел.: (984) 116–76–14

Парникова Светлана Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории по разработке микробных препаратов, канд. ветеринар. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова»; 677000, Российская Федерация, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: hotubact@mail.ru; тел.: (984) 107–06–34

Nadezhda P. Tarabukina, DSc (Vet), Professor, Head of the Laboratory for the Development of Microbial Preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677000, Russian Federation; phone: (924) 871–45–78; E-mail: hotubact@mail.ru)

Mikhail P. Neustroev, DSc (Vet), Professor, Head of the Laboratory for the Veterinary Biotechnology, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677000, Russian Federation; phone: (924) 461–65–95; E-mail: mneyc@mail.ru)

Anna M. Markova, CSc (Vet), Senior Research Associate, Laboratory for the Development of Microbial Preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677000, Russian Federation; phone: (984) 116–76–14; E-mail: stepanova anna1985@mail.ru)

Parnikova Svetlana Ivanovna, CSc (Vet), Senior Research Associate, Laboratory for the Development of Microbial Preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture (23/1, Bestuzheva-Marlinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677000, Russian Federation; phone: (984) 107–06–34; E-mail: hotubact@mail.ru)