

СТАТЬЯ

УДК 57.02:636.084.2

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЯ И ПИТАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА И СИМБИОЦЕНОЗЫ *BOS TAURUS TAURUS***Хацаева Р.М.***ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН,
Москва, e-mail: admin@sevin.ru*

Впервые с помощью методов сканирующей электронной микроскопии были выявлены морфологические особенности эпителиальной поверхности слизистой оболочки уголков рта и симбиоценозов слизистой оболочки полости рта взрослых особей бычков *Bos taurus taurus*, связанные со спецификой их содержания и питания. Исследовались морфофункциональные структуры и симбиоценозы слизистых оболочек уголков рта двух групп взрослых особей бычков *Bos taurus taurus* с разными условиями содержания и питания – пастбищным при естественной пастбе и домашним с кормлением горячей бардой. Выявлены значительные деструктивные изменения морфологии функциональных структур слизистой оболочки ротовой полости и ультраструктуры поверхности слизистой оболочки, а также угнетенное состояние симбиоценозов в слизистой оболочке уголков рта у группы бычков при кормлении горячей бардой, позволяющие утверждать, что такой способ кормления нерационален и может привести к серьезным последствиям для здоровья животных. Обнаруженные ультраструктурные особенности слизистой оболочки уголков рта и их симбионтов в связи со спецификой содержания и питания сравниваемых животных показывают ограниченность адаптивных возможностей органов пищеварительной системы к экстремальным изменениям рациона. Полученные данные могут быть использованы в практике разведения и кормления домашних видов жвачных животных при стойловом содержании и особенно при кормлении диких видов при содержании в зоопарках, питомниках и охраняемых территориях с целью сохранения биоразнообразия.

Ключевые слова: жвачные, слизистая оболочка полости рта, сосочки слизистой оболочки ротовой полости жвачных, микрофлора, симбионты

INFLUENCE SPECIAL AND POWER ON MORPHOLOGY FUNCTIONAL STRUCTURES MULYSE SMYSIT AND SYMBIOCENOSSES *BOS TAURUS TAURUS***Khatsaeva R.M.***A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: admin@sevin.ru*

For the first time, using scanning electron microscopy techniques, morphological features of the epithelial surface of the mucous membrane of the corners of the mouth were revealed, and symbiocenoses of the oral mucosa of adult bull slugs *Bos taurus taurus* related to the specifics of content and nutrition. The morphofunctional structures and symbiocenoses of the mucous membranes of the corners of the mouth of two groups of adult *Bos taurus taurus* bulls with different conditions of maintenance and nutrition were studied – grazing with natural mouth and home-feeding hot bard. Significant destructive changes in the morphology of the functional structures of the oral mucosa and ultrastructure of the surface of the mucous membrane, as well as the depressed state of symbiocenoses in the mucous membrane of the corners of the mouth in the group hot-gloved feeding, allowing us to argue that this method of feeding is irrational and can lead to serious consequences for animal health. Discovered ultrastructural features of the mucous membrane of the corners of the mouth and their symbionts in connection with the specifics of the content and nutrition of the compared animals show the limited adaptive capabilities of the digestive system to extreme changes in the diet. The findings can be used in the practice of breeding and feeding domestic ruminants at stable maintenance and especially in feeding wild species in zoos, nurseries and protected areas for conservation purposes Biodiversity.

Keywords: ruminants, oral mucosa, lumps of the mouth mucosa rum, microflora, symbionts

Одомашненные виды жвачных копытных давно приобрели широкое распространение, большое разнообразие и имеют для человека огромное экономическое значение. Сведения о морфологии системы органов пищеварения жвачных копытных и их адаптивных возможностях имеют большое теоретическое значение, а также могут и должны быть учтены на практике при кормлении одомашненных видов жвачных животных при стойловом содержании и диких видов при искусственном разведении

и содержания в неволе при охранных мероприятиях. Органы пищеварительной системы осуществляют тесный контакт внешней и внутренней сред организма и благодаря мультифункциональности и компенсаторным функциям регулируют гомеостаз и адаптационные механизмы, обеспечивая приспособление животных к смене условий существования и питания.

При изучении органов пищеварения млекопитающих необходимо знать и учитывать все разнообразие их морфологии

и функционирования. Исходя из целей и задач исследований органов пищеварения может применяться широкий спектр методов. Этими задачами могут быть экологические, возрастные, половые, видовые, породные аспекты, а также необходимость выявления механизмов приспособления к определенным условиям существования и питания и их изменениям.

Научные исследования в области пищевых адаптаций и сравнительной морфологии органов пищеварительного тракта жвачных животных позволяют судить об их связи с характером питания, экологией и жизнедеятельностью симбионтов. Имеющиеся в мировой литературе данные по этому направлению касаются в основном качественной [1, 2] и количественной характеристик питания [3, 4]. В последнее время много исследований посвящено рекомендациям по питанию [5–7], в том числе *in situ* [8, 9], а также общему метаболизму в желудочно-кишечном тракте [10–12] и белковому обмену [13].

В отечественной и иностранной литературе в настоящее время есть лишь единичные исследования, изучающие морфофункциональные механизмы адаптации органов пищеварения жвачных копытных к специфике корма, определяющие роль пищевой специализации жвачных в эволюции пищеварительной системы [14].

Неизученными среди органов пищеварительной системы оказались морфофункциональные структуры слизистой оболочки ротовой полости, в частности щечные сосочки, которые выполняют важную роль в процессе удерживания, пережевывания и транспортировки пищи. Нет исследований по симбиозам ротовой полости и их роли в пищеварении.

Состояние морфофункциональных структур слизистой оболочки полости рта, а также ее симбиозов, их качественная и количественная характеристика напрямую зависят от качества корма. Учитывая, что полость рта является первым звеном в пищеварительной системе, непосредственно контактирующим с кормом, а также участвующим в процессе жвачки у жвачных животных (эту особенность они приобрели в процессе эволюции как важнейшую функцию для переваривания растительной пищи), становится очевидной необходимость исследования ее органов.

Кроме того, требуются комплексные исследования всех органов пищеварительной системы жвачных копытных на всех уровнях структурной организации для выявления их взаимосвязи, компенсаторных отношений как внутри системы в целом, так и органов, определения механизмов и пределов адаптаций на разных структурных уровнях при

изменении условий содержания и кормления. Не проводятся исследования системы органов пищеварения у жвачных как самой сложной системы среди всех животных в сравнительном плане у *Bovinae*, *Caprinae*, которые бы позволили определить общие закономерности и особенности их морфологии, функционирования и механизмов адаптации к меняющимся условиям среды и питания, что для многих диких видов копытных жвачных представляется особенно актуальным ввиду катастрофического сокращения их численности.

Цель исследования: исследовать особенности морфологии функционирующих структур внутренней выстилки полости рта и выявить симбиозы взрослых особей *Bos taurus taurus* при разных условиях содержания и питания.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследований использовали уголки рта (морфофункциональные структуры их слизистых оболочек) двух групп (по пять животных в каждой) взрослых особей бычков *Bos taurus taurus* с разными условиями содержания и питания: первая группа с пастбищным содержанием при естественной пастьбе на травянистой растительности и вторая – с домашним содержанием с питанием горячей бардой (отходом производства этилового спирта – густой жидкостью светло-коричневого цвета с кисловатым запахом с содержанием сухих веществ около 6%), часто используемой в качестве корма для скота в местах производства спирта. Материал был получен в Кабардино-Балкарской Республике на протяжении 2015–2018 гг.

В исследованиях были применены методы сканирующей электронной микроскопии. Для проведения электронно-микроскопических исследований объекты фиксировались в 10%-ном формалине. После фиксации образцы промывались в воде, затем проводились через серии этилового спирта (от 30% до 100%) и ацетон. После этого этапа образцы высушивались в критической точке на установке Hitachi Critical Point Dryer HCP-1. Для обеспечения проводимости исследуемых образцов проводилось их напыление золотом на оборудовании S150A Sputter Coater. Изучение и фотографирование исследуемых образцов осуществлялись на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega [15].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные нами исследования достоверно выявили, что у обеих групп жи-

вотных имелась характерная для жвачных копытных морфология слизистой оболочки (и ее функциональных структур – сосочков) полости рта. Слизистая оболочка имела общий план строения. Щечные сосочки были выстланы многослойным плоским ороговевающим эпителием и направлены назад в сторону плотки. Наиболее высокие и густо расположенные сосочки размещались на участке от угла рта до начала коренных зубов. Строение сосочков неодинаково – встречались короткие, длинные, с широким или узким основанием, с гладкой поверхностью или с продольными бороздами, с острым кончиком или с тупым, с расщеплениями на верхушке или сбоку.

Вместе с тем были выявлены значительные особенности ультратонкого строения морфофункциональных структур, архитектоники поверхности эпителия сосочков и микрофлоры, а также ее локализации. Обнаружилась значительная разница в строении поверхности сосочков, особенно их кончиков (рис. 1, А, Б).

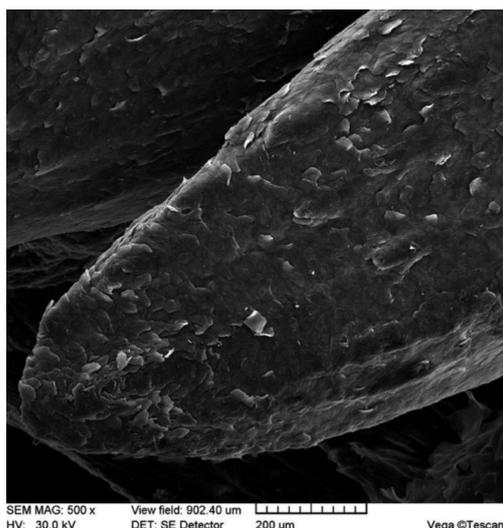
У бычков первой группы, питавшихся пастбищной растительностью, сосочки были целые, имели относительно ровную поверхность с равномерно отшелушивающимися клетками, что является нормой (рис. 1, А). Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков первой группы имела четко выраженное сетчатое строение с одинаковыми ячейками (рис. 2, А). На наш взгляд, сетчатое строение способствует увеличению площади

функциональной поверхности и создает соответствующие ниши для симбиозов. Клетки в основном были одинакового размера и многогранной формы. На поверхности эпителия расположено много разных симбионтов (рис. 2, А).

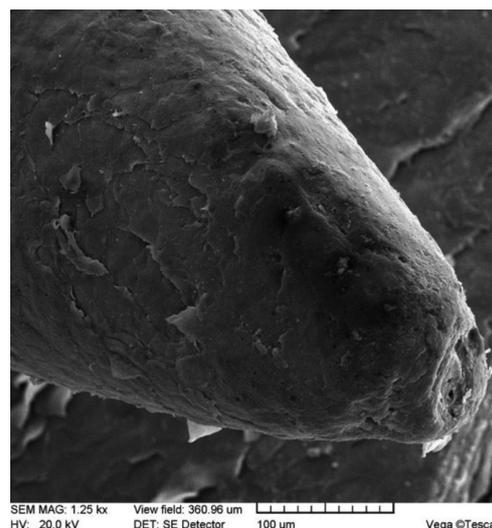
У бычков второй группы, питавшихся бардой, сосочки были деформированы, с поврежденными кончиками, поверхность сосочков стерта, с большими и неравными площадями отшелушивания с изъязвлениями и дырочками (рис. 1, Б).

Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков второй группы имела нечеткую структуру с резко очерченными неровными границами клеток (рис. 2, Б). Структура поверхности сетчатая, с неодинаковыми ячейками со слипшимися, как будто сожженными, краями. На поверхности клеток много слизи (по-видимому, выполняющей защитную функцию), встречались единичные микробы (рис. 2, Б).

Морфологические особенности тонкого строения поверхности сосочков, представляющих собой экологическую нишу для симбиозов, детерминируют особенности их локализации, величины, количества, способов прикрепления (рис. 3, А, В). Соответственно рельефу поверхности на ней располагались разрозненно лежащие одиночные бактерии кокковидной формы на более гладкой поверхности или длинные цепочные кокковидные бактерии в углублениях с расположенными вокруг мелкими кокками и палочковидными формами (рис. 2, А).

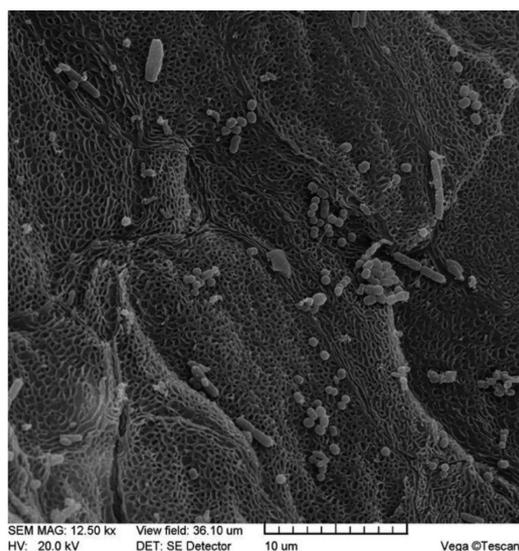


А

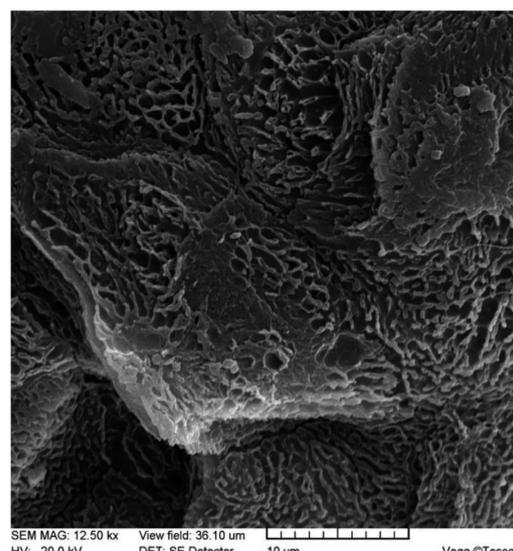


Б

Рис. 1. Морфология сосочков и поверхности ротовой полости *Bos taurus taurus*:
А – питавшихся пастбищной растительностью; Б – питавшихся горячей бардой



А



Б

Рис. 2. Тонкое строение эпителиальной поверхности сосочков ротовой полости *Bos taurus taurus*: А – питавшихся пастбищной растительностью; Б – питавшихся горячей бардой

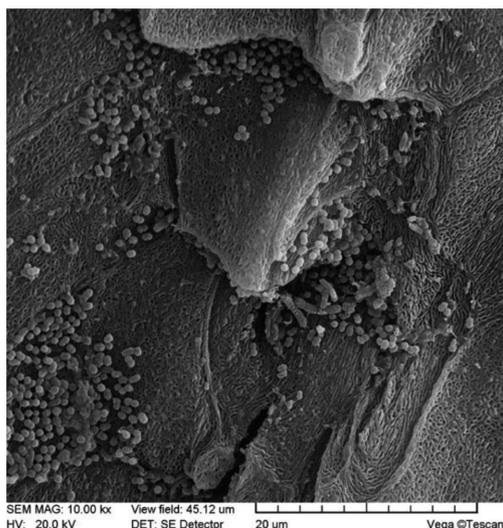
У первой группы животных на сосочках с более рельефной эпителиальной поверхностью встречались места, полностью покрытые большими скоплениями бактерий, преимущественно одного вида – или кокковидные, или палочковидные (рис 3, А). При этом некоторые бактерии лежали свободно, не имея связей друг с другом и без слизи вокруг (рис. 3, А, В), а другие были связаны друг с другом с помощью тонких нитей и имели небольшое количество слизи. У некоторых животных одновременно встречались скопления бактерий разных видов: кокковидных – одиночных, двояных или цепочечных, палочковидных – одиночных и двояных, коротких и длинных (рис. 3, А, В).

В некоторых случаях наблюдалась очень рельефная архитектура поверхности эпителия слизистой оболочки сосочков с большими щелевидными углублениями, которые были заполнены значительными скоплениями симбионтов разных популяций (рис. 3, А, В). Встречались совместные популяции кокковидных и палочковидных бактерий. В одних случаях кокки были представлены одиночными и двояными формами с шероховатой поверхностью совместно с палочковидными формами, в других – отмечались одиночные и двояные кокки с гладкой поверхностью и соединительными нитями в соседстве

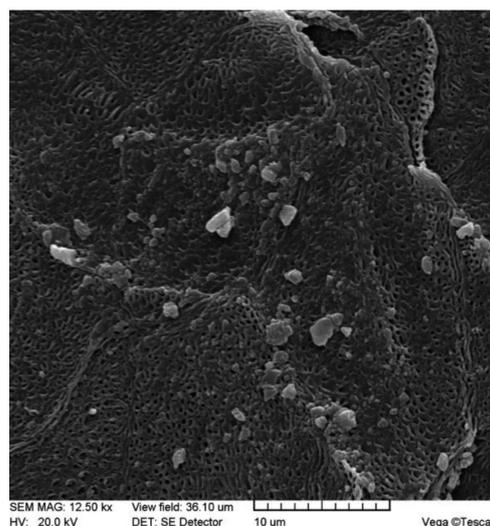
с палочковидными бактериями (рис. 2, А, рис. 3, А, В).

Все это разнообразие симбионтов, а также их локализация соответствуют норме для жвачных растительноядных животных.

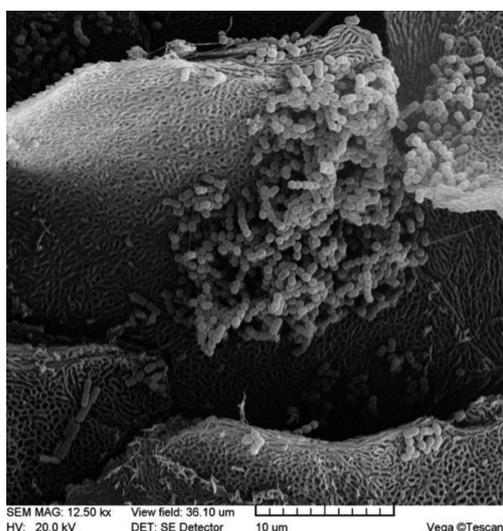
У второй группы животных на поверхности эпителия сосочков практически не наблюдалось симбионтов, за исключением единичных мелких форм (рис. 2, Б). На участках с более гладким рельефом поверхности отмечались очень мелкие, заключенные в ячейках поверхностной сетчатой структуры, а также многочисленные, разной формы и величины кристаллы (рис. 3, Б, Г). В некоторых случаях у второй исследуемой группы животных на сосочках были видны сколовшиеся неповрежденные участки поверхностного эпителия, на котором также имелись кристаллы и единичные мелкие симбионты (рис. 3, Г). Возможно, отсутствие симбиозов также связано с употреблением горячей барды, в которой они погибли, остались только самые мелкие формы – внутри ячеек сетчатой структуры поверхности слизистой оболочки. Можно предположить, что большое количество различных кристаллов на поверхности слизистой оболочки связано с какой-то защитной реакцией на горячий корм, что требует дополнительных исследований.



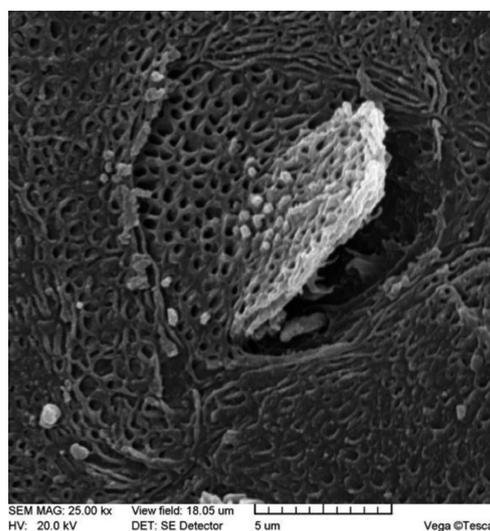
A



Б



B



Г

Рис. 3. Разнообразие и локализация симбионтов и кристаллы на поверхности эпителия слизистой оболочки сосочков уголков рта у *Bos taurus taurus*;
A, B – питавшихся пастбищной растительностью; Б, Г – питавшихся горячей бардой

Заключение

Таким образом, результаты проведенных нами сравнительных исследований морфологии сосочков слизистой оболочки полости рта у бычков (*Bos taurus taurus*) при разных условиях содержания и питания на электронно-микроскопическом уровне выявили общий план их строения, а также особенности, свойственные каждой группе.

У первой группы животных, питавшихся пастбищной растительностью, морфоло-

гия слизистой оболочки уголков рта была без нарушений, сосочки были целые с относительно ровной поверхностью с равномерно отшелушивающимися клетками, что является нормой. Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков первой группы имела четко выраженное сетчатое строение с одинаковыми ячейками. Клетки в основном одинакового размера и многогранной формы. На поверхности слизистой оболочки имелось большое количество разнообразной микрофлоры, лока-

лизированной соответственно архитектонике поверхности эпителия.

Очевидно, что в первой группе исследованных животных с пастбищным содержанием и питанием морфология функциональных структур и состояние симбиоценозов соответствуют норме, что отражает у них экологическую приспособленность к усвоению грубого травянистого корма, свойственного жвачным животным.

Особенностями, выявленными у второй группы животных, содержащихся в домашних условиях и питавшихся горячей бардой, можно считать нарушения ультраструктуры слизистой оболочки полости рта и почти полное отсутствие симбиоценозов, за исключением очень мелких форм, оказавшихся внутри ячеек сеточной структуры. В этой группе наблюдались негативные явления в виде деформации формы сосочков слизистой оболочки уголков рта, искривления, глубокие наплывы на основаниях и сколы, дырки на их кончиках. Поверхность эпителия – с потертостями, большими и неравномерными площадями отшелушивания с изъязвлениями и дырочками, с большим количеством слизи в наиболее поврежденных местах. Сетчатая архитектоника поверхности эпителия сосочков невыраженная, границы клеток утолщены и имеют сколы. Симбионтов на поверхности эпителия крайне мало, они очень мелкие, зато часто встречались многочисленные кристаллы разной формы и размеров.

Все выявленные особенности морфологии и симбиоценозов ротовой полости у двух сравниваемых групп животных наглядно показывают негативные последствия кормления животных горячей бардой, приводящей к деформации морфофункциональных структур слизистой оболочки ротовой полости и полному угнетению ее симбиоценозов. Это является демонстрацией ограниченности адаптивных возможностей морфологических структур полости рта при экстремальных изменениях рациона.

Результаты исследований наглядно показали корреляцию особенностей морфологии функциональных структур ротовой полости и их симбиоценозов у жвачных копытных и их обусловленность спецификой содержания и питания животных. Полученные данные можно использовать как критерии для прогнозирования благополучия популяций на основании характеристики их питания и при научной разработке нормативов правильного кормления домашних и диких видов жвачных копытных в различных условиях их содержания.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ИПЭЭ им. А.Н. Север-

цова РАН: Некрасову Алексею Николаевичу и Неретиной Анне Николаевне – за содействие в проведении исследований.

Работа выполнена с помощью оборудования Центра коллективного пользования «Инструментальные методы в экологии» при ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН.

Список литературы

1. Абатуров Б.Д., Казьмин В.Д., Колесников М.П. Питание бизонов (*Bison bison*), верблюдов (*Camelus bactrianus*) и лошадей (*Equus caballus*) при совместной пастьбе на изолированном степном пастбище // Зоологический журнал. 2015. № 12 С. 1470–1478.
2. Магомедов М-Р.Д., Яровенко Ю. А., Насрулаев Н.И. Качественная и количественная характеристика питания безоарового козла (*Capra aegagrus*) на восточном Кавказе // Зоологический журнал. 2015. № 3. С. 345–351.
3. Позднякова М.К., Жарких Т.Л., Ясинецкая Н.И., Колесников М.П. Количественная оценка питания полувольной группировки лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*) в степном местообитании (заповедник «Асkania Нова») // Зоологический журнал. 2011. № 3. С. 368–376.
4. Clauss M. Digestive physiology and feeding behaviour of equids – a comparative approach. Horse Health Nutrition – European Equine Health & Nutrition Congress. Gent, Belgium, 2013. P. 25–33.
5. Odadi W.O., Jain M., Van Wieren S.E., Prins H.T., Rubenstein D.I. Facilitation between bovids and equids on an African savanna. *Evolutionary Ecology Research*. 2011. V. 13. P. 237–252.
6. Silva L.F., Paulino M.F., Marcondes M.I., Lobo A.A., Villadiego F.A. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. *J. Anim. Sci.* 2014. V. 92. P. 2996–3006.
7. Huhtanen P., Ahvenjärvi S., Broderick G.A., Reynal S.M., Shingfield K.J. Quantifying ruminal digestion of organic matter and neutral detergent fiber using the omasal sampling technique in cattle – A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 2010. V. 93. P. 3203–3215.
8. Krizsan S.J., Rinne M., Nyholm L., Huhtanen P. New recommendations for the ruminal in situ determination of indigestible neutral detergent fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015. V. 205. P. 31–41.
9. Chiavegato M.B., Powers W., Palumbo N. Ammonia and greenhouse gas emissions from housed Holstein steers fed different levels of diet crude protein. *J. Anim. Sci.* 2015. V. 93 P. 395–404.
10. Nichols K., Dijkstra J., Laar H., Pacheco S., Valenberg H.J., Bannink A. Energy and nitrogen partitioning in dairy cows at low or high metabolizable protein levels is affected differently by post-rumen glucogenic and lipogenic substrates. *J. Dairy Sci.* 2019. V. 102. P. 395–412.
11. Denton B.L., Diese L.E., Firkins J.L., Hackmann T.J. Accumulation of reserve carbohydrate by rumen protozoa and bacteria in competition for glucose. *Appl. Environ. Microbiol.* 2015. V. 81. P. 1832–1838.
12. Ahvenjärvi S., Vaga M., Vanhatalo A., Huhtanen P. Ruminal metabolism of grass silage soluble N fractions. *J. Dairy Sci.* 2018. V. 101. P. 279–294.
13. Brown A.N., Weiss W.P. Effects of oscillating the crude protein content in dairy cow rations. *J. Dairy Sci.* 2014. V. 97. P. 169.
14. Хацаева Р.М. Морфофункциональные адаптации органов пищеварения полорогих (Bovidae). М.: ТНИ КМК, 2018. 334 с.
15. Хацаева Р.М. Морфофункциональное изучение органов пищеварения полорогих (Bovidae). Методические рекомендации. М.: ТНИ КМК, 2017. 96 с.