

Научная статья  
 УДК 636.085.25  
 doi:10.35694/YARCX.2024.67.3.006

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБРАЗЦАХ РУБЦОВОГО СОДЕРЖИМОГО ЖВАЧНЫХ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНВЕРСИИ КОРМА

Ю. А. Воеводина<sup>1</sup>, Т. В. Новикова<sup>2</sup>, Т. П. Рыжакина<sup>3</sup>, М. В. Механикова<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
 имени Н. В. Верещагина, Вологда, Россия

Автор ответственный за переписку: Татьяна Валентиновна Новикова,  
 parazitology@yandex.ru, ORCID0000-0001-7894-3656

**Реферат.** Одним из путей обеспеченности крупного рогатого скота биологически полноценными рационами является улучшение конверсии корма. Величина кормовой конверсии зависит от двух факторов: степени усваивания животными питательных веществ из корма и активности переваривания корма. Целью работы явилось определение штаммов целлюлозолитических микроорганизмов от домашних и диких жвачных, в частности выделение из рубца жвачных животных микроорганизмов, обладающих целлюлозолитическими свойствами (ЦЛМО). В результате проведённых исследований было выделено 40 культур микроорганизмов, обладающих целлюлозолитической активностью. При тестировании штаммов установлено, что обильный рост культуры на питательных средах отмечен у 20% исследованных штаммов, выделенных от крупного рогатого скота, и только 12,5% – от зубров. При лабораторном тестировании установлено, что штаммы, выделенные от зубров, обладают большей целлюлазной активностью, но в лабораторных условиях культивируются сложнее и в пересевах сохраняются хуже, чем выделенные от домашних жвачных животных. Возможно, это связано с особенностями кормового рациона данных животных. В результате проведённого опыта было выявлено 12 изолятов, проявляющих повышенную целлюлозолитическую активность, что указывает на перспективу применения ЦЛМО для увеличения конверсии основных кормов. Это позволит в перспективе уменьшить затраты корма на производство единицы животноводческой продукции.

*Ключевые слова:* рубцовое пищеварение, микрофлора рубца, целлюлозолитические микроорганизмы, степень усваивания питательных веществ, активность переваривания корма, конверсия корма

## DETECTING OF CELLULOSOLYTIC MICROORGANISMS IN THE SAMPLES OF RUMINAL DIGESTA OF RUMINANTS TO IMPROVE THE FEED CONVERSION

Yu. A. Voevodina<sup>1</sup>, T. V. Novikova<sup>2</sup>, T. P. Ryzhakina<sup>3</sup>, M. V. Mekhanikova<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Author responsible for the correspondence: Tatyana V. Novikova,  
 parazitology@yandex.ru, ORCID0000-0001-7894-3656

**Abstract.** One way to provide cattle with biologically complete diets is to improve feed conversion. The amount of feed conversion depends on two factors: the degree of absorption of nutrients from the feed by animals and the activity of feed digestion. The aim of the work was to determine strains of cellulolytic microorganisms from domestic and wild ruminants, in particular, isolation from the rumen of ruminant animals of microorganisms with cellulolytic properties (CLMO). As a result of the studies, 40 cultures of microorganisms with cellulolytic activity were identified. When testing the strains, it was found that abundant growth of the culture on nutrient medium was observed in 20% of the studied strains isolated from cattle, and only 12.5% from bison. In laboratory testing, it was found that strains isolated from bison have greater cellulasic activity, but in laboratory conditions they are more difficult to cultivate and are preserved worse in subcultures than

those isolated from domestic ruminants. Perhaps this is due to the peculiarities of the feed diet of these animals. As a result of the experiment 12 isolates with increased cellulolytic activity were identified, which indicates the prospect of using CLMO to increase the conversion of basic feeds. This will make it possible in the future to reduce feed costs for the production of a unit of livestock products.

**Keywords:** *scar digestion, rumen microflora, cellulolytic microorganisms, degree of nutrient absorption, feed digestion activity, feed conversion*

**Введение.** Увеличение производства продуктов животноводства решается главным образом за счёт интенсификации отрасли, укрепления кормовой базы, организации полноценного кормления сельскохозяйственных животных, в том числе и за счёт введения новых технологий получения кормов. В связи с этим разработка новых рецептов кормовых добавок и премиксов является важной задачей науки и производителей кормов, актуальность которой подтверждается их востребованностью.

Задача молочного хозяйства – получить высокую и стабильную молочную продуктивность на различных стадиях лактации без снижения основных параметров здоровья животных. При решении вопросов обеспеченности крупного рогатого скота биологически полноценными рационами изыскивается много путей и возможностей. Одним из них является улучшение конверсии корма. Величина кормовой конверсии зависит от двух факторов: степени усваивания животными питательных веществ из корма и активности переваривания корма.

Как известно, в пищеварении жвачных главную роль играет многокамерный желудок, особенно рубец. Одной из важнейших функций микроорганизмов рубца является переваривание углеводов. С растительными кормами животные получают большое количество клетчатки, в состав которой входят: целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, пектин, крахмал и другие полисахариды, а также олигосахариды, глюкозиды и глюкорониды. Слизистая оболочка преджелудков не образует ферментов, и брожение в рубце обеспечивается микрофлорой [1]. Научно доказано, что за счёт ферментов микрофлоры рубца удовлетворяется до 80% потребности жвачных в энергии, 30–50% – в белке, в значительной мере в макро- и микроэлементах и витаминах, переваривается от 50 до 70% сырой клетчатки рациона.

В преджелудках жвачных развиваются в основном анаэробные микроорганизмы: простейшие (инфузории) и бактерии.

Состав микрофлоры рубца жвачных животных варьирует в широких пределах в зависимости от вида корма: инфузории – от 200 тыс. до 2 млн в 1 мл, бактерии – от 100 млн до 10 млрд. в 1 мл. Видовой состав микроорганизмов также широк: бактерий – более 200 рас, простейших – более 20 видов.

Из бактерий в преджелудках содержатся кокки, стрептококки, молочнокислые, целлюлозолитические и другие, которые попадают в рубец с кормом и водой и благодаря оптимальным условиям активно размножаются. Самые важные микроорганизмы рубца – целлюлозолитические [1; 2; 3; 4].

Для коров важнейшим источником энергии являются углеводы, которые классифицируют на волокнистые и неволокнистые. Неволокнистые углеводы (крахмал и простые сахара) ферментируются в рубце быстро и почти полностью. Наличие в рационе неволокнистых углеводов увеличивает его энергетическую насыщенность и определяет количество бактериального протеина, выработанного в рубце. Однако неволокнистые углеводы не стимулируют жевание жвачки и производство слюны. Более того, в чрезмерных количествах они могут оказать негативное влияние на ферментацию клетчатки, которая относится к волокнистым углеводам.

Микроорганизмы, живущие в рубце, позволяют корове получать энергию из волокнистых углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза), которые связаны с лигнином в клетках стенок растений (клетчатке). Клетчатка весьма объёмна и находится в рубце коровы длительное время, где постепенно ферментируется целлюлоза и гемицеллюлоза. Клетчатка в виде длинных частиц существенно необходима для стимуляции жевания жвачки, в процессе которого измельчаются крупные частицы корма, что улучшает ферментацию клетчатки. Это также стимулирует сокращение стенки рубца и увеличивает количество слюны, попадающей в желудок и помогающей поддерживать нейтральную кислотность (pH) в среде рубца.

Рацион, бедный клетчаткой, приводит к снижению жирности молока и нарушению пищеварения (например, смещение сычуга, ацидоз рубца) [5; 6].

Основное питательное значение среди составляющих клетчатки имеет целлюлоза. При гидролизе целлюлоза расщепляется на ряд более простых соединений. Конечным продуктом распада целлюлозы является глюкоза. Целлобиоза – структурный компонент целлюлозы, её молекула состоит из остатка Р-глюкозы и остатка а-глюкозы, которые связаны между собой 1,4-глюкозидными связями. Ферментный комплекс, гидролизующий 1,4-глюкозидные связи и разрушающий целлюлозу, назы-

вается целлюлазой. Способность к его образованию обнаружена у бактерий родов *Ruminococcus*, *Bacteroides*, *Butyrivibrio*, *Clostridium*, *Eubacterium* и *Fusobacterium*, а также у анаэробных грибов [1; 7].

В процессе рубцовой ферментации популяция микроорганизмов, главным образом бактерии, ферментирует углеводы и производит энергию, газы (метан  $\text{CH}_4$  и углекислый газ  $\text{CO}_2$ ), тепло и кислоты. Основную часть производимых в рубце кислот (> 95%) составляют уксусная, пропионовая и масляная кислоты. Впитывание летучих жирных кислот, конечного продукта ферментации, происходит через стенки рубца [8; 9; 10].

При целлюлолизе в рубце микроорганизмы не выделяют во внешнюю среду свободных целлюлаз, разрушение клетчатки происходит при непосредственном контакте микроорганизмов с субстратом. Целлюлаза у рубцовых бактерий локализована на поверхности клетки. Оптимальные условия для целлюлолиза создаются при pH, близком к нейтральному [11].

Использование целлюлозолитических бактерий и создание на их основе препарата и кормовых добавок, способных повышать продуктивность сельскохозяйственных животных, актуально, имеются научные исследования разных авторов [12; 13; 14].

Исследования в направлении использования ассоциаций бактерий в основе кормовых добавок являются своевременными [15].

Целью нашей работы явилось определение штаммов целлюлозолитических микроорганизмов от домашних и диких жвачных для культивирования в лабораторных условиях, в частности выделение из рубца жвачных животных микроорганизмов, обладающих целлюлозолитическими свойствами, проведение идентификации ЦЛМО, оценивание целлюлозолитической активности выделенных культур ЦЛМО, их устойчивость (выживаемость, сохранение свойств) при культивировании *in vitro* (в лабораторных условиях).

**Материалы и методы.** Работа проводилась в несколько этапов.

*Выделение из рубца жвачных животных ассоциаций бактерий, обладающих целлюлозолитической активностью.*

Отбор содержимого рубца животных производили во время убоя крупного рогатого скота и мелкого рогатого скота. Посев проводили в день отбора материала. У зубров – от павшего животного из разных частей рубца и свежие фекалии – от здоровых животных. Хранение проб до момента исследования осуществлялось при температуре  $-20^\circ\text{C}$ .

Ассоциации выделяли на средах, содержавших в качестве источника углевода фильтровальную бумагу: высев проб на поверхность агаризирован-

ной синтетической питательной среды Гетчинсона (Гч) pH 7,2 с помещённой на её поверхность стерильной фильтровальной бумагой (подложка), а также вглубь полужидкой среды Гетчинсона (Пж 1% Гч) с фильтровальной бумагой [16].

В колбы со стерильной водой объёмом 250 мл вносили образцы рубцового содержимого с расчётом 10 г на 100 мл воды. Взбалтывали на орбитальной мешалке в течение 1 часа. Отстаивали 10–15 мин для осаждения твёрдых частиц корма и проводили посев на среды. Инкубацию вели при  $37^\circ\text{C}$  в течение трёх недель. Посевы просматривали ежедневно, фиксировали рост колоний, изменения состояния среды и состояние подложки.

Для поддержания культур использовали субкультивирование (пересев каждые 3 недели) на среде Гетчинсона с КМЦ (до 1% КМЦ) (Гч-КМЦ – карбоксиметилцеллюлозой). Посевы инкубировали при  $37^\circ\text{C}$  в течение двух суток, а затем хранили при температуре бытового холодильника ( $4^\circ\text{C}$ ). Использовали как агаризированную, так и жидкую питательную среду.

*Исследование роста выбранных изолятов на агаре.*

Бактериальные изоляты засеивали на поверхность агар-агара, приготовленного на минеральной питательной среде (в пробирках, на «косячок»). Посевы инкубировали при  $37^\circ\text{C}$  в течение двух суток.

Рост культур оценивается по пятибалльной системе:

- 1 балл (+) означал еле заметный рост культуры,
- 2 балла (++) – слабый рост,
- 3 балла (+++) – умеренный рост,
- 4 балла (++++) – хороший рост,
- 5 баллов (+++++) – обильный рост.

*Оценка целлюлозолитических свойств.*

*Луночный метод определения целлюлолитической активности с красителем конго-красным.* Опыт проведён с культуральной жидкостью и с супернатантом (освобождение от бактериальной массы, работа ферментов). Супернатант отделяли центрифугированием на лабораторной центрифуге Eppendorf Centrifuge при 12000 об/мин в течение 10 минут.

В лунки в чашках Петри (среда Гч-КМЦ, агаризация 2%) вносили по 100 мкл 2-суточной культуральной жидкости (или супернатанта), инкубировали при  $37^\circ\text{C}$ , оценку проводили двукратно через 24 и 72 часа (с центрифугатом только 24 часа). После чего окрашивали среду 1% конго-красным, выдерживали 15 минут и смывали 1 М раствором NaCl. Оценкой наличия целлюлозолитической активности служила зона просветления вокруг лунки. Чем больше неокрашенная зона, тем выше активность изолята.

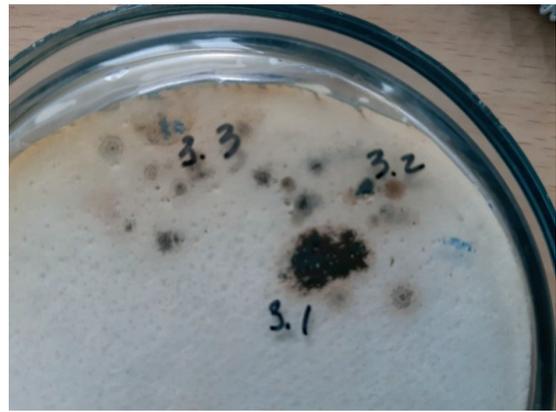
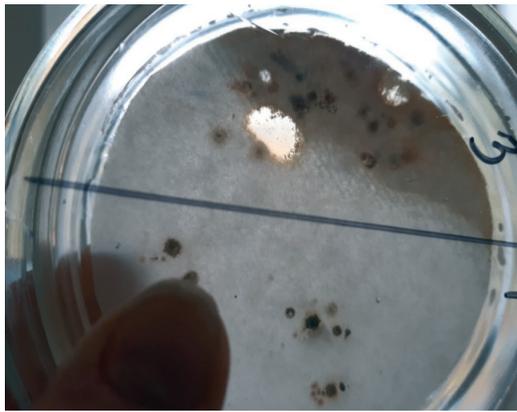


Рисунок 1 – Сформированные участки разрушенной цельной подложки изолятами микроорганизмов от зубра

*Метод диффузии красителя.* В данном методе применяется двухслойная среда: нижний слой представляет собой 1% КМЦ в 2% агаре; второй, верхний слой, – среда ГЧ-КМЦ с 1% красителем конго-красным. Скорость диффузии красителя во второй неокрашенный слой говорит об активности разрушения целлюлозы.

#### **Результаты исследования.**

*Выделение изолятов микроорганизмов.* Первым этапом наших исследований было выделение из рубца жвачных животных ассоциаций бактерий, обладающих целлюлозолитической активностью. Ассоциации выделяли на средах, содержащих в качестве источника углевода фильтровальную бумагу.

Всего было исследовано 16 проб: по 6 образцов рубцового содержимого от крупного рогатого скота (коровы) и зубров, 4 образца – от мелкого рогатого скота. В ходе проведения исследования было выделено 40 изолятов, проявивших искомые свойства.

Культуры отличались по скорости роста, способности к пигментообразованию и воздействию на питательную среду и целлюлазную подложку.

Первичный рост изолятов от крупного рогатого скота наблюдался через 6 дней, от мелкого ро-

гатого скота – через 7 дней, от зубров первичные признаки роста отмечены через 4 дня. Первичный выбор колоний для отсева и дальнейших исследований проводили на основании оценки активности разрушения подложки (отбор культур для исследования проводили до трёх недель от начала культивирования). Изоляты микроорганизмов от зубров разрушали подложку с формированием чёткой границы между участками цельной подложки и подвергнувшейся воздействию микрофлорой – разрушению волокон полное и одновременное (рис. 1).

Изоляты от крупного рогатого скота разрушали подложку с формированием тягучей ослизнённой массы, желтоватого оттенка. Разрушение – от локального разрушения (рис. 2) до полной деградации подложки (рис. 3). Разрушение подложки под действием культур из образцов мелкого рогатого скота характеризовалось формированием множественных мелких разрушенных участков, которые сливались в дальнейшем, в отдельных образцах выявляли ослизнение подложки.

Оценка характера разрушения подложки в месте формирования колоний изолятов проводилась на увеличении от 4 до 40. Это позволило выявить различия в процессе разрушения волокон целлю-



Рисунок 2 – Локальное разрушение подложки



Рисунок 3 – Лизис подложки по всей поверхности чашки Петри

**Выявление целлюлозолитических микроорганизмов в образцах рубцового содержимого жвачных с целью повышения конверсии корма**



Рисунок 4 – Разрушение подложки под колониями изолятов зубра

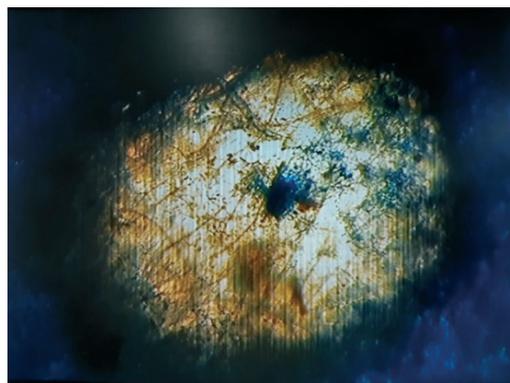


Рисунок 5 – Разрушение подложки под колониями изолятов крупного рогатого скота



Рисунок 6 – Рост обильный, без образования газа



Рисунок 7 – Рост хороший, образование газа

лозы. Из представленных фотографий (рис. 4 и рис. 5) видно, что под действием микроорганизмов от крупного рогатого скота разрушение началось с мелких тонких волокон, а затем разрушались более грубые. Изоляты от зубров разрушали различные волокна одновременно.

Для дальнейшей работы было отобрано 40 изолятов: 16 – от зубра, 20 – от крупного рогатого скота и 4 – от мелкого рогатого скота.

*Исследование роста выбранных изолятов на агаре.*

Данный тест позволил определить устойчивость изолятов к культивированию и сохранению однородности в лабораторных условиях для изучения свойств.

Исследуемые изоляты целлюлолитических бактерий показали различный характер роста на агаре как по интенсивности, так и по скорости роста.

Из 16 изолятов от зубра у двух наблюдался рост на 5 баллов (+++++) – обильный рост; три изолята характеризовались ростом на 2 балла (++) – слабый рост; два штамма не сохранились в лабораторных условиях (полное отсутствие роста в пересевах); остальные – промежуточные значения – от умеренного (+++) до хорошего (++++).

Из 20 изолятов от крупного рогатого скота у четырёх наблюдался рост на 5 баллов (+++++)

– обильный рост; два изолята характеризовались ростом на 2 балла (++) – слабый рост; один штамм не сохранился в лабораторных условиях (полное отсутствие роста в пересевах); остальные – промежуточные значения – от умеренного (+++) до хорошего (++++).

Четыре изолята от мелкого рогатого скота проявляли различную активность: у одного – на 5 баллов (+++++) – обильный рост и три изолята характеризовались умеренной активностью роста – на 3 балла (+++).

Было установлено, что часть изолятов при культивировании образует газ – фиксировали разрывы агаризированной среды (способность к газообразованию регистрировалась и при дальнейших исследованиях). Из 16 изолятов зубров ни один не обладал способностью к газообразованию, из 20 изолятов от крупного рогатого скота 4 обладали способностью формировать газ, изоляты от мелкого рогатого скота газ не выделяли. На фотоматериалах (рис. 6 и рис. 7) представлены типы роста культур на питательной среде.

*Оценка целлюлолитических свойств. Луночный метод определения целлюлолитической активности.*

Оценка активности проведена у 37 штаммов, сохранившихся в пересевах в лабораторных условиях. Наличие и активность целюлаз оценивали



Рисунок 8 – Опытная чашка (изоляты с различной целлюлолитической способностью)

по диаметру зоны просветления красителя конго-красного. Контролем служила чашка с внесённой в лунки дистиллированной водой. В таблице 1 и на рисунке 8 представлены результаты исследования.

В результате проведённого опыта было выявлено 12 изолятов, проявляющих повышенную целлюлолитическую активность.

Высокая активность (31 мм и более) установлена у 7 культур – 18,92%. Большая часть культур (64,86%) обладала средним уровнем целлюлолитической активности, диаметр зоны просветления составлял от 22 до 27 мм.

*Метод диффузии красителя в агар.*

Исследование проводили параллельно с луночным методом (рис. 9 и 10; табл. 2).

В результате исследования установлено, что из числа штаммов с высокой целлюлазной активностью преобладают культуры, выделенные от зубров. Изоляты от крупного рогатого скота обладали средней или низкой активностью. Возможно, это связано с особенностями кормового рациона данных животных.

**Выводы.** По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Из содержимого рубца домашних животных и зубров выделены ассоциации микроорганизмов, обладающие целлюлолитическими свойствами. Было отобрано 40 изолятов.

2. При определении устойчивости изолятов к культивированию *in vitro* выявили следующее: у двух изолятов от зубра рост характеризовался

Таблица 1 – Луночный метод определения целлюлолитических штаммов

Диаметр зоны обесцвечивания, 1 сутки, мм	Количество штаммов
16–18	6
22–24	12
25–27	4
27–30	8
31 и более	7

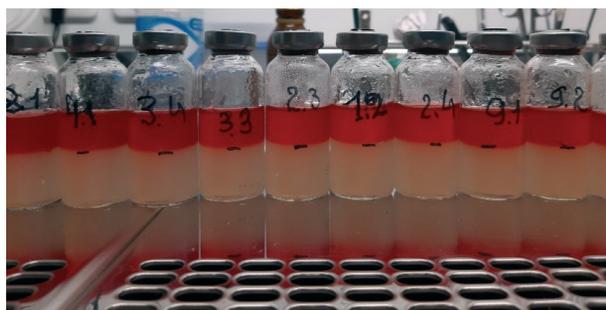


Рисунок 9 – Пробы, подготовленные к исследованию



Рисунок 10 – Диффузия красителя в результате деятельности целлюлозобактерий

**Выявление целлюлолитических микроорганизмов в образцах рубцового содержимого жвачных с целью повышения конверсии корма**

Таблица 2 – Метод диффузии красителя

Ширина зоны проникновения красителя, 3 сут., в мм	Количество штаммов
3–4	7
5–6	14
6–7	13
8	3

на 5 баллов (+++++) – обильный рост; основная часть – промежуточные значения – от умеренного (+++) до хорошего (++++). Из 20 изолятов от крупного рогатого скота у четырёх наблюдался рост на 5 баллов (+++++) – обильный рост; двенадцать – промежуточные значения – от умеренного (+++) до хорошего (++++). От мелкого рогатого скота: у одного – на 5 баллов (+++++) – обильный рост и три изолята характеризовались

умеренной активностью роста – на 3 балла (+++).

Таким образом, в результате проведённого опыта было выявлено 12 изолятов, проявляющих повышенную целлюлозлитическую активность, что указывает на перспективу применения ЦЛМО для увеличения конверсии основных кормов, что позволит в перспективе уменьшить затраты корма на производство единицы животноводческой продукции.

#### Список источников

1. Буряков Н. П., Бурякова М. А., Караваева Е. В. Особенности кормления высокопродуктивных коров. URL: [https://www.dairynews.ru/news/osobennosti\\_kormlenija\\_vysokoproduktivnyh\\_korov1628.html](https://www.dairynews.ru/news/osobennosti_kormlenija_vysokoproduktivnyh_korov1628.html) (дата обращения: 20.08.2024).
2. Мирошникова М. С. Основные представители микробиома рубца (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 174–185. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-174. EDN AGNCZZ.
3. Дускаев Г. К., Левахин Г. И., Королев В. Л., Сиразетдинов Ф. Х. Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 1. С. 136–148. DOI 10.33284/2658-3135-102-1-136. EDN VXAGOD.
4. Grata K. Determining Cellulolytic Activity of Microorganisms // Chemistry-Didactics-Ecology-metrolology. 2020. Vol. 25 (1-2). P. 133–143. DOI 10.2478/cdem-2020-0010.
5. Кондратьева Е. А., Душкин Е. В. Особенности физиологического статуса и адаптации липидно-углеводного метаболизма у жвачных животных // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (34). С. 94–98. EDN PWIUWH.
6. Milaeva I. V., Voronina O. A., Saitsev S. Y. Features of the lactating cows' metabolism // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. No. 2 (62). P. 275–281. DOI 10.18551/rjoas.2017-02.32. EDN XYCEBZ.
7. Еременко О. Н., Комлацкий В. И., Давиденко Ю. Г. Особенности кормления высокопродуктивных коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 281–285. EDN TDMNWM.
8. Рахматуллин Ш. Г., Нуржанов Б. С., Дускаев Г. К. [и др.] Влияние растительных экстрактов на метагеном рубца // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 3. С. 94–103. DOI 10.33284/2658-3135-104-3-94. EDN YXJJYU.
9. Newbold C. J. Microbial feed additives for ruminants // Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. 2007. P. 259–278. DOI 10.1002/9783527615353.ch13.
10. Varada V. V., Kumar S. Scope of Microbial Feed Additives in Ruminant Nutrition / In: M. S. Mahesh, V. K. Yata (eds) // Feed Additives and Supplements for Ruminants. Springer, Singapore, 2024. P. 29–50. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2_2) (дата обращения: 22.08.2024).
11. Василевский Н. В., Елецкая Т. А. Физиологические аспекты переваривания полнорационного рациона в сложном желудке жвачных на примере крупного рогатого скота (*Bos taurus taurus*) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 4. С. 787–797. DOI 10.15389/agrobiol.2019.4.787rus. EDN STEFZE.
12. Новый подход в кормлении высокопродуктивных коров голштинской и голштинизированной чёрнопёстрой породы. URL: <https://kfh-obedinenie-kormeks.pulscen.ru/articles/124490> (дата обращения: 22.08.2024).
13. Проворов Е. Л. Создание препарата для сельскохозяйственных животных на основе штамма термостойких целлюлозолитических бактерий *Vacillus pantothenicus* ы1-85 : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.07. Санкт-Петербург, 2004. 163 с.
14. Пчельников Д. Практика повышения усвояемости клетчатки в рационах молочных коров. URL: <https://>

sdexpert.ru/news/project/praktika-povysheniya-usvoyaemosti-kletchatki-v-ratsionakh-molochnykh-korov/ (дата обращения: 22.08.2024).

15. Гречишников В., Панин А., Михальчук Е. [и др.] Модулирование рубцовой микробиоты для оптимизации усвоения НДК // Эффективное животноводство. 2023. № 1 (183). С. 33–36. EDN WJQGZH.

16. Тараканов Б. В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы. М. : Научный мир, 2006 (М. : Галея-Принт). 187 с. ISBN 5-89176-386-9.

#### References

1. Buryakov N. P., Buryakova M. A., Karavaeva E. V. Osobennosti kormleniya vysokoproduktivnykh korov. URL: [https://www.dairynews.ru/news/osobennosti\\_kormleniya\\_vysokoproduktivnykh\\_korov1628.html](https://www.dairynews.ru/news/osobennosti_kormleniya_vysokoproduktivnykh_korov1628.html) (data obrashcheniya: 20.08.2024).

2. Mirosnikova M. S. Osnovnye predstaviteli mikrobioma rubca (obzor) // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2020. T. 103, № 4. S. 174–185. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-174. EDN AGNCZZ.

3. Duskaev G. K., Levakhin G. I., Korolev V. L., Sirazetdinov F. Kh. Ispol'zovanie probiotikov i rastitel'nykh ekstraktov dlya uluchsheniya produktivnosti zhvachnykh zhivotnykh (obzor) // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2019. T. 102, № 1. S. 136–148. DOI 10.33284/2658-3135-102-1-136. EDN VXAGOD.

4. Grata K. Determining Cellulolytic Activity of Microorganisms // Chemistry-Didactics-Ecology-metrology. 2020. Vol. 25 (1-2). P. 133–143. DOI 10.2478/cdem-2020-0010.

5. Kondrat'eva E. A., Dushkin E. V. Osobennosti fiziologicheskogo statusa i adaptatsii lipidno-uglevodnogo metabolizma u zhvachnykh zhivotnykh // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 1 (34). S. 94–98. EDN PWIUWH.

6. Milaeva I. V., Voronina O. A., Saitsev S. Y. Features of the lactating cows' metabolism // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. No. 2 (62). P. 275–281. DOI 10.18551/rjoas.2017-02.32. EDN XYCEBZ.

7. Eremenko O. N., Komlatskij V. I., Davidenko Yu. G. Osobennosti kormleniya vysokoproduktivnykh korov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 4 (96). S. 281–285. EDN TDMNWM.

8. Rakhmatullin Sh. G., Nurzhanov B. S., Duskaev G. K. [i dr.] Vliyanie rastitel'nykh ekstraktov na metagenom rubca // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2021. T. 104, № 3. S. 94–103. DOI 10.33284/2658-3135-104-3-94. EDN YXJJYU.

9. Newbold C. J. Microbial feed additives for ruminants // Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. 2007. P. 259–278. DOI 10.1002/9783527615353.ch13.

10. Varada V. V., Kumar S. Scope of Microbial Feed Additives in Ruminant Nutrition / In: M. S. Mahesh, V. K. Yata (eds) // Feed Additives and Supplements for Ruminants. Springer, Singapore, 2024. P. 29–50. URL: [https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2_2) (data obrashcheniya: 22.08.2024).

11. Vasilevskij N. V., Eletskaia T. A. Fiziologicheskie aspekty perevarivaniya polnosmeshannogo raciona v slozhnom zheludke zhvachnykh na primere krupnogo rogatogo skota (Bos taurus taurus) // Sel'skokozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54, № 4. S. 787–797. DOI 10.15389/agrobology.2019.4.787rus. EDN STEFZE.

12. Novyj podhod v kormlenii vysokoproduktivnykh korov golshtinskoj i golshtinizirovannoj chyorno-pyostroj porody. URL: <https://kfh-obedinenie-kormeks.pulscen.ru/articles/124490> (data obrashcheniya: 22.08.2024).

13. Provorov E. L. Sozdanie preparata dlya sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh na osnove shtamma termostojkih cellulozoliticheskikh bakterij Bacillus pantothenicus '1-85 : dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.07. Sankt-Peterburg, 2004. 163 s.

14. Pchel'nikov D. Praktika povysheniya usvoyaemosti kletchatki v racionah molochnykh korov. URL: <https://sdexpert.ru/news/project/praktika-povysheniya-usvoyaemosti-kletchatki-v-ratsionakh-molochnykh-korov/> (data obrashcheniya: 22.08.2024).

15. Grechishnikov V., Panin A., Mikhal'chuk E. [i dr.] Modulirovanie rubcovej mikrobioty dlya optimizatsii usvoeniya NDK // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2023. № 1 (183). S. 33–36. EDN WJQGZH.

16. Tarakanov B. V. Metody issledovaniya mikroflory pishchevaritel'nogo trakta sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh i pticy. M. : Nauchnyj mir, 2006 (M. : Galeya-Print). 187 s. ISBN 5-89176-386-9.

#### Сведения об авторах

**Юлия Александровна Воеводина** – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой эпизоотологии и микробиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», spn-код: 8244-7250.

**Татьяна Валентиновна Новикова** – доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры эпизоотологии и микробиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», spin-код: 2305-0847.

**Татьяна Павловна Рыжакина** – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», spin-код: 5549-9567.

**Марина Вениаминовна Механикова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой зоотехнии и биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spin-код: 4917-3635.

*Information about the authors*

**Yuliya A. Voevodina** – Candidate of Veterinary Sciences, Docent, Head of the Department of Epizootology and Microbiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 8244-7250.

**Tatyana V. Novikova** – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Epizootology and Microbiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 2305-0847.

**Tatyana P. Ryzhakina** – Candidate of Veterinary Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 5549-9567.

**Marina V. Mekhanikova** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Animal Science and Biology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin", spin-code: 4917-3635.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

