

А.И. САХАНЧУК<sup>1</sup>, Е.Г. КОТ<sup>1</sup>, М.Г. КАЛЛАУР<sup>1</sup>, Т.А. БУРАКЕВИЧ<sup>1</sup>,  
П.В. ЛАМНЕВ<sup>2</sup>

## **ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ НА ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ**

*<sup>1</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

В статье представлены результаты исследований, целью которых было установить эффективность влияния элементов системы кормления на зоотехнические показатели и рубцовое пищеварение коров. Изучалось также состояние здоровья животных и изучались параметры внутренней среды рубца во II фазу сухостоя. Исследования показали, что изучаемые элементы системы кормления позволили повысить переваримость основных питательных веществ рациона на 1,4-2,1 п. п. Также установлено их положительное воздействие на стабильность состава микробиома рубца, в основном представленной целлюлолитическими бактериями, количество которых увеличилось на 5,8-11,5 %.

**Ключевые слова:** рацион, концентраты, кукурузный силос, сенаж, II фаза сухостоя, переваримость, рН рубца, температура, микрофлора рубца, состав микробиоты

A.I. SAKHANCHUK<sup>1</sup>, E.G. KOT<sup>1</sup>, M.G. KALLAUR<sup>1</sup>,  
T.A. BURAKEVICH<sup>1</sup>, P.V. LAMNEV<sup>2</sup>

## **INFLUENCE OF FEEDING SYSTEM ON ZOOTECHNICAL INDICATORS AND RUMINAL DIGESTION**

*<sup>1</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences  
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

*<sup>2</sup>Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

This paper contains the results of research aimed at determining the effectiveness of the influence of feeding system elements on zootechnical parameters and ruminal digestion of cows. The state of animal health and parameters of the internal environment of the rumen in the 2nd phase of the dry period were also studied. The research showed that the studied elements of the feeding system ensured an increase in the digestibility of the main nutrients of the diet by 1.4-2.1 percentage points. Their positive effect on the stability of the rumen microbiome composition, mainly represented by cellulolytic bacteria, the number of which increased by 5.8-11.5%, was also

established.

**Key words:** diet, concentrates, corn silage, haylage, 2nd phase of the dry period, digestibility, rumen pH, temperature, rumen microflora, microbiota composition.

**Введение.** Основная проблема современной стратегии молочного животноводства состоит в необходимости обеспечить максимальное использование питательных веществ рационов при минимизации риска дисбиоза экосистемы рубца, расстройства пищеварения и возникновения метаболических нарушений. Известно, что потребности молочных коров в энергии удовлетворяются до 70 % за счёт микробной ферментации. Это указывает на важнейшую роль микробиоты рубца в метаболизме животных и необходимости изучения состава и функций микроорганизмов [1].

Уникальная особенность метаболизма жвачных – их способность переваривать растительную клетчатку, содержащую целлюлозу, гемицеллюлозу и ксиланы, благодаря сложившемуся в процессе эволюции симбиозу с микробиотой рубца [2, 3, 4]. Представители микробиома пищеварительной системы, различающиеся по филогенезу, неразрывно связаны между собой, их симбиотические отношения и метаболические сети играют центральную роль в функционировании рубца, особенно в переваривании клетчатки [5].

Кормление сухостойных коров должно быть направлено на снижение риска возникновения послеотельных осложнений, что предопределяет использование кормов высокого качества, содержащих повышенное количество клетчатки и умеренную долю концентратов. Это стимулирует жевательную активность, моторику рубца, повышает pH, восстанавливает микробиоту рубца и, следовательно, общую метаболическую активность животных [6, 7, 8]. Ряд исследователей [4, 9, 10] отмечают высокое разнообразие рубцовой микробиоты, состоящей в основном из целлюлолитических бактерий, у коров в сухостойный период.

Таким образом, целью работы было установить эффективность влияния элементов системы кормления на зоотехнические показатели, рубцовое пищеварение, состояние здоровья животных и изучить параметры внутренней среды рубца (t, pH рубца) во II фазу сухостоя и опыт *in vivo*.

**Материал и методика исследований.** Для решения поставленных задач на высокопродуктивных коровах голштинской породы молочного скота отечественной селекции живой массой 600-650 кг, отобранных по принципу пар-аналогов согласно методике [11], в условиях ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области МТФ «Березовица» и физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» проведён научно-хозяйственный опыт.

Для опыта в условиях физиологического корпуса при привязном содержании (таблица 1) сформированы две группы животных: опытная и контрольная. Основной рацион по набору кормов контрольной и опытной группы был одинаковым и состоял из объёмистых (сенаж, сено, силос), а также концентрированных кормов. Для восполнения дефицита питательных веществ и витаминов скармливали добавку кормовую балансирующую-2 (белок, энергия, минералы).

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных опытов на животных

Группа	Количество голов	Продолжительность, суток	Условия кормления
Научно-хозяйственный опыт 1 II фаза сухостоя			
Контрольная	10	21	ОР (основной рацион), сенаж, силос, сено, концентраты (18% сырого протеина)
Опытная	10	21	Оптимальный рацион - сенаж, силос, сено, концентраты (20% сырого протеина)

В таблице 2 указан состав комбикормов, используемый в эксперименте. Комбикорма вводились в состав кормосмеси.

Таблица 2 – Рецепты комбикормов

Наименование корма	Контрольный комбикорм 18% СП	Опытный комбикорм 20% СП
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Зерно пшеницы, г	12	12
Зерно ячменя, г	29	22
Зерно тритикале, г	16	16
Зерно кукурузы, г	7	7
Зерно овса, г	4	4
Шрот подсолнечный, г	13	20
Шрот рапсовый, г	15	15
Мел кормовой, г	1	1
Монокальцийфосфат, г	1	1
Соль поваренная, г	1	1
Премикс, г	1	1
В 1 кг содержится		
Сухого вещества, кг	0,9	0,9
ОЭ КРС, МДж	10,6	10,5
Сырого протеина, г	187	208

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Сырого жира, г	20,3	20,9
Сырой клетчатки, г	65,6	73,5
Кальция, г	11,8	12,0
Фосфора, г	11,4	11,7

Так, содержание сырого протеина в опытной комбикорме было выше на 11,2 %, по остальным показателям разница оказалась незначительной.

Зоотехнический анализ кормов проводили в лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по общепринятым методикам.

Для изучения рубцового пищеварения у коров были проведены операции по канюлированию рубца. Пробы содержимого рубца отбирались через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней четыре раза в месяц [12].

Для изучения качественного и количественного состава микробиома рубца у фистульных коров голштинской популяции проведен отбор рубцовой жидкости с её фильтрацией через несколько слоев марли. Высеивали на питательные среды с разведением  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  методом Дригальского и инкубировали при температуре  $39 \pm 0,5$  °C в течение 24 часов, после чего получали изолированные колонии. Идентификацию микроорганизмов проводили методом масс-спектрометрии (MALDI) на приборе серии Microflex LRF (Bruker Daltonik, Германия) в институте биоорганической химии.

Цифровые данные обработаны биометрически методом вариационной статистики [13].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основным элементом во время проведения научно-хозяйственного опыта на коровах во 2-ю фазу сухостоя был постепенный перевод животных от 1-й фазы ко 2-й фазе сухостоя. Контрольный рацион с 1-го и по 20-й день состоял из 10 кг сенажа злакового, 20 кг силоса кукурузного и 3,0 кг комбикорма КК61-П. Питательность контрольного рациона составила: КОЭ в сухом веществе – 10,4 МДж/кг, сырого протеина – 143,8 г, РП – 77,4 г, НРП – 47,5 г, сырой клетчатки – 22,7 %, сырого жира – 4,3 %, кальциево-фосфорное отношение – 1:1,5.

В рацион контрольной группы включали комбикорм КК61-П с 18 % сырого протеина, в составе которого находилось до 15 % шрота рапсового и до 13 % шрота подсолнечного (28 % шрота). В опытной группе использовали комбикорм КК61-П с 20 % сырого протеина с включением 20 % шрота подсолнечного и 15 % шрота рапсового (35 % шрота). Содержание сырого протеина в опытной комбикорме было выше на

11,2 %, по остальным показателям разница оказалась незначительной.

В опытной группе для проверки эффективности элементов системы кормления дачу комбикорма увеличивали постепенно, начиная с 5-го дня, через каждые пять дней на 0,5-1,0 кг (примерно 0,200 кг в сутки).

При постепенной смене рациона в опытной группе на 5-й день среднесуточный рацион кормления состоял из: сена злаково-бобового – 1,0 кг, сенажа злакового – 20,0 кг, силоса кукурузного – 9,0 кг, комбикорма КК61-С – 1,0 кг (прибавка составила 0,5 кг).

На 5-й день кормления питательность опытного рациона была следующей: КОЭ в сухом веществе – 9,4 МДж/кг, сырого протеина – 123,1 г, РП – 84,1 г, НРП – 41,4 г, сырой клетчатки – 21,6 %, сырого жира – 3,6 %, кальциево-фосфорное отношение – 1:1,5.

На 10 день опытный рацион состоял из: 1 кг сена злаково-бобового, 12 кг силоса кукурузного, 17 кг сенажа злакового, 2,0 кг комбикорма (прибавка составила 1,0 кг). Питательность опытного рациона в этот период составила: КОЭ в сухом веществе – 10,0 МДж/кг, сырого протеина – 138,2 г, РП – 92,6 г, НРП – 45,6 г, сырой клетчатки – 21,5 %, сырого жира – 3,9 %, кальциево-фосфорное отношение – 1:1,58.

Начиная с 15-го дня, рацион кормления в опытной группе соответствовал рациону для сухостойных коров II фазы: сено злаково-бобовое – 1 кг, силос кукурузный – 14 кг, сенаж злаковый – 14 кг, комбикорм – 3,0 кг. Концентрация ОЭ в сухом веществе составила 10,5 МДж/кг, сырого протеина – 14,7 %, РП – 98,5 г, НРП – 48,5 г, сырой клетчатки – 22,0 %, сырого жира – 4,3 %, кальциево-фосфорное отношение – 1:1,54. Содержание НДК составило 40 %, КДК – 23 %.

Таким образом, в опытной группе на 15-й день наблюдалось повышение содержания сырого протеина на 3,1 %, КОЭ – на 1,0 %, благодаря включению в состав рациона комбикорма КК61-П с содержанием сырого протеина 20 % и более оптимальным содержанием силоса к сенажу в соотношении 1:1, в то время как в контрольном рационе соотношение силоса к сенажу было 2:1.

Для оценки и контроля состояния здоровья и пищевого поведения коров важным критерием является жвачка (руминация), её наличие, длительность, количество жующих животных за определённый период времени. Благодаря жвачке корм из преджелудка отрыгивается в ротовую полость, снова пережёвывается, смешивается со слюной и вторично проглатывается. Процесс жвачки проявляется периодически днём и ночью и является необходимым условием для лучшего переваривания растительного корма. Продолжительность жвачных периодов варьируется в пределах 30-60 минут, которые чередуются периодами спокойствия. Обычно начинается вскоре после окончания приёма карма, затем пауза, длящаяся примерно 1 час, затем новый период

жвачки.

Каждый жвачный период является физиологическим этапом жизнедеятельности, в течение которого у животного совершается ряд рефлекторных процессов. Продолжительность жвачного периода определяется числом отдельных циклов (от 5 до 80). Каждый цикл длится 50-60 секунд. Жвачный период в среднем занимает 6-8 часов, в отдельных случаях – до 10 часов. В основном жвачка проходит с 8 часов вечера до 8 утра, в течение дня жвачные периоды менее регулярны. У здоровых животных жвачка начинается достаточно быстро – через 20-30 минут после приёма корма [14].

Проводить подсчёт количества жевательных движений в минуту можно индивидуально у конкретной коровы или же фиксировать количество одновременно жующих животных в выбранной группе из 10 голов (5-6 из них должны жевать жвачку). В минуту здоровые животные делают 55-60 жевательных движений, при ацидозе рубца – 35-45. Было отмечено, что у опытных животных, которым в рацион постепенно вводили комбикорма, количество жевательных движений увеличилось на 3,8-2,9 % и тем самым произошло улучшение потребления корма. Во время проведения подсчёта опытные животные делают 55-72 жевательных движений в минуту, в контроле этот показатель был на уровне 53-70 жевательных движений, что указывает на отсутствие ацидоза. С целью изучения переваримости основных питательных веществ кормов на фоне научно-хозяйственного опыта проведён опыт *in vivo* на высокопродуктивных коровах.

Полученные в ходе эксперимента результаты (таблица 3) свидетельствуют о том, что коэффициенты переваримости питательных веществ были выше у животных опытной группы по сравнению с коровами контрольной группы: по сухому веществу – на 1,3 п. п., органическому веществу – на 1,4, сырому протеину – на 1,2, сырой клетчатке – на 0,8, БЭВ – на 1,4 п. п. По сырому жиру, переваримость оказалась одинаковой.

Таблица 3 – Коэффициенты переваримости питательных веществ, %

Показатель	Группа	
	Контроль	Опыт
Сухое вещество	65,8±1,52	67,1±0,82
Органическое вещество	67,1±0,08	68,5±0,24
Сырой протеин	66,2±1,12	67,4±1,10
Сырая клетчатка	55,7±1,41	56,5±1,38
Сырой жир	54,4±0,87	54,8±0,05
БЭВ	69,3±0,91	70,7±1,1

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование элементов системы кормления, таких как изменение рациона на 5-й, 10-й и 15-й день путём повышения доли концентратов, оптимальное соотношение силоса к сенажу 1:1, увеличение содержания сырого протеина в сухом веществе, в кормлении высокопродуктивных коров способствует повышению переваримости основных питательных веществ на 0,8-2,1 п. п.

Оперативным индикатором, раскрывающим объективную картину поступления питательных веществ к синтезирующим органам и тканям организма, является кровь, играющая важную роль в организме животных. Одна из её основных функций – транспорт питательных веществ (продуктов обмена – метаболитов) к органам метаболизма, поэтому одним из важных методов контроля над питанием животных является биохимический анализ крови. Однако, несмотря на подвижность и изменчивость крови, её показатели в каждый момент соответствуют функциональному состоянию организма, поэтому исследование крови является одним из важнейших диагностических методов (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Гематологические показатели крови

Показатель	Контрольная группа		Опытная группа	
	начало	конец	начало	конец
Гемоглобин, г/л	103,0±2,18	99,0±2,18	100,0±1,15	99,7±2,18
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	5,09±0,14	5,60±2,18	4,49±0,04	5,62±2,18
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	16,8±1,55	8,8±2,18	15,1±2,66	8,5±2,18
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	209,0±28,5	202,0±2,18	262,0±11,6	240,0±2,18
Гематокрит, %	28,0±0,98	29,3±2,18	27,3±1,17	28,7±2,18

Таблица 5 – Биохимические показатели крови

Показатель	Контрольная группа		Опытная группа	
	начало	конец	начало	конец
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Общий белок, г/л	64,1±3,02	73,3±3,02	75,3±3,02	79,3±3,34
Альбумины, г/л	27,7±0,89	27,9±3,02	33,4±3,02	33,9±2,3
Глобулины, г/л	36,5±2,22	45,4±3,02	41,9±3,02	45,4±2,20
Мочевина, ммоль/л	2,62±0,57	4,62±3,02	2,96±0,52	4,54±3,02
Холестерин, ммоль/л	1,55±0,14	2,23±3,02	2,59±0,18	2,1±3,02
Глюкоза, ммоль/л	3,21±0,30	3,01±3,02	3,34±0,32	3,25±3,02
Общий билирубин, кмоль/л	7,05±0,79	5,28±3,02	6,43±0,59	6,12±3,02
Прямой билирубин, кмоль/л	2,23±0,47	1,43±3,02	1,87±0,43	1,47±3,02
Креатинин, мкмоль/л	100,4±9,10	72,4±3,02	115,3±9,79	75,4±3,02
Триглицериды, ммоль/л	0,23±0,01	0,22±3,02	0,29±0,03	0,3±3,02

1	2	3	4	5
Амилаза, ед./л	29,0±2,8	24,8±3,02	19,8±4,2	22,8±3,02
АЛТ, ед./л	30,2±1,84	36,1±3,02	37,0±2,47	32,1±3,02
АСТ, ед./л	55,1±2,61	64,5±3,02	69,4±6,84	63,9±3,02
ЛДГ, ед./л	465,2±45,7	417,1±3,02	352,4±64,1	398,4±3,02
Са, ммоль/л	1,89±0,07	2,36±3,02	2,16±0,08	2,41±3,02
Р, ммоль/л	1,8±0,15	1,5±3,02	1,7±0,09	1,67±3,02
Мg, ммоль/л	0,84±0,05	0,93±3,02	0,97±0,04	0,93±3,02
К, мкмоль/л	2,49±0,08	2,07±3,02	2,54±0,14	2,03±3,02
Na, ммоль/л	97,2±3,06	129,7±3,02	131,8±13,2	123,1±3,02
Zn, мкмоль/л	9,1±1,14	10,9±3,02	11,6±1,36	11,9±3,02
Cu, мкмоль/л	9,4±1,42	10,3±3,02	11,8±2,12	9,8±3,02
Fe, мкмоль/л	17,1±1,65	24,6±3,02	27,6±2,66	25,8±3,02

Гематологические и биохимические показатели крови животных находились в пределах физиологической нормы. В контрольной группе на начало проведения опыта оказалось несколько повышенное содержание лейкоцитов, гемоглобина и эритроцитов, однако достоверной разницы не было получено.

В конце опытного периода произошло некоторое снижение гемоглобина на 0,7 %, однако это связано в первую очередь со стельностью животных. Произошло закономерное снижение лейкоцитов в конце исследований в обеих группах на 47,6 и 43,7 % и в конце опытного периода в опытной группе этот показатель снизился на 3,4 %.

Биохимические показатели также находились в пределах физиологической нормы. В организме животного происходит постоянный обмен между тканевыми белками и белками плазмы, и содержание общего белка, характеризующего состояние, и уровень обмена веществ в организме животных находился на уровне 64,1-75,3 и 73,3-79,3 г/л и был выше по сравнению с контрольной группой на 17,5-23,7 %. Такая же тенденция наблюдалась и по таким показателям как альбуминам и глобулинам плазмы крови (фракции альфа и бета), которые так же, как и альбумины являются переносчиками различных питательных веществ. Альбуминам принадлежит особая роль в транспортировке липидов, углеводов, лекарственных и других малорастворимых веществ. Они имеют большое значение как пластический материал и служат для питания клеток. На начало опыта наблюдалось увеличение содержания альбуминов и глобулинов в крови животных на 22,4 и 24,4 %. В опытной группе оказалось несколько пониженное количество прямого и общего билирубина на 16,2 и 8,8 %. Остальные показатели были несколько выше в опытной группе и находились в пределах физиологической нормы.

Состояние голода у беременной коровы наступает более быстро, чем у небеременной, что является результатом повышенного использования глюкозы и аминокислот растущим плодом. При этом уровень глюкозы, аминокислот и инсулина в крови быстро падает, что наблюдалось в проведённом эксперименте: на конец опыта в обеих группах произошло снижение глюкозы на 0,1-0,2 п. п., однако относительно контроля этот показатель всё же был выше в опытной группе.

Параметры внутренней среды рубца  $t$  и рН, а также состав микрофлоры рубца в обеих группах, согласно проведённому анализу рубцовой жидкости (таблица 6), были следующими: рН (активная кислотность) в контрольной группе в конце исследований находилась в пределах 6,37, что составило 2,1 % по отношению к началу исследований, межгрупповые колебания составили 0,13 ед.

Таблица 6 – Показатели внутренней среды рубца подопытных животных

Показатель		Контроль	Опыт	Норма
рН рубцовой жидкости	начало	6,24±0,03	6,28±0,02	6,0-7,3
	конец	6,37±0,04	6,48±0,03	
$t^{\circ}$ рубца	начало	38,6±0,26	39,1±0,15	38,0-40,0
	конец	39,4±0,06	39,6±0,21	

В опытной группе этот показатель находился на уровне 6,48 или на 3,2 % выше по сравнению с началом исследований, отклонения составили 0,20 ед. в сторону небольшого сдвига кислотности рубца в сторону щелочной среды. Относительно контрольной группы колебания составили 0,11 ед., а разница – 1,7 %. Температурный показатель в обеих группах находился на уровне 38,6 и 39,1 °С на начало проведения опыта и на уровне 39,4 и 39,6 °С, без отклонений от нормативных показателей.

Таким образом, при использовании рациона с постепенным введением комбикорма на 5-й, 10-й и 15-й день колебания рН кислотности и температуры внутри рубца оставались в стабильном состоянии и находились в пределах физиологической нормы, характерной для здоровых животных.

Микрофлора рубца определяет состояние здоровья и молочную продуктивность коров, поскольку рубцовые бактерии – практически единственный источник ферментов, необходимых для расщепления растительных кормов в рубце жвачных. В норме микробные популяции действуют слаженно, их соотношение между желательной и условно-патогенной микрофлорой находится в оптимальном количестве, при этом полезные микроорганизмы контролируют рост и жизнедеятельность условно патогенных бактерий в рубце, которые выполняют те же функции, что и желательная микрофлора, т. е. обладают целлюлозолитическими, протеолитическими и другими свойствами.

Исследование микробиома рубцовой жидкости показало, что доминирующими таксоном в рубце коров голштинской породы, является *Bacteria* – 89 % от общего числа классифицированных микроорганизмов. Остальные 11 % приходились на простейших. Вместе с тем, в микробиомах кишечника высокопродуктивных коров второй фазы сухостоя также выявлены филумы, такие как *Bacteroides* в количестве 22 %, *Firmicutes* – 45 %, *Actinobacteria* – 22 %, указанные на рисунке 1.

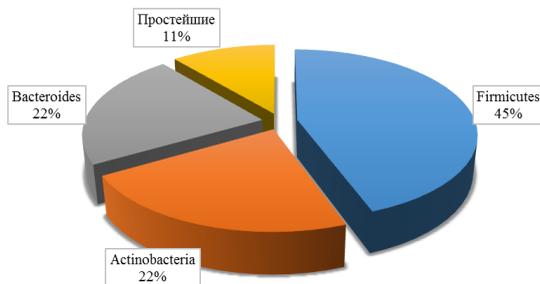


Рисунок 1 – Среднее содержание микроорганизмов в рубце

Данные группы являются широко распространёнными в рубце коров, которые участвуют в стимуляции жевательной активности, способствуют повышению pH, улучшению метаболической активности.

В сухостойный период разнообразие микробиоты в основном представлено целлюлолитическими бактериями. Благодаря методу MALDI получены результаты с усреднённым значением 3-х независимых опытов, которые указывают на изменение соотношения микроорганизмов в рубце коров (рисунок 2).

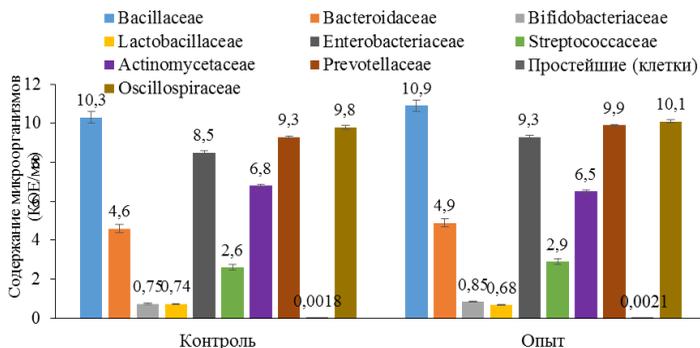


Рисунок 2 – Содержание микроорганизмов в рубце коров, 10<sup>9</sup> (КОЕ/мл)

Стабильное и более полноценное питание животных в период проведения опыта стимулировало количественный прирост таких бактерий, как:

1) семейства *Bacillaceae*, *Prevotellaceae*, *Enterobacteriaceae* и *Streptococcaceae*, способных синтезировать различные метаболиты, играющие роль в регуляции количества патогенной или условно-патогенной микрофлоры в рубце; их количество увеличилось на 5,8-11,5 % в опытной группе;

2) семейства *Bacteroidaceae*, являющиеся хорошим показателем, поскольку их большая часть обладает целлюлазной активностью, и расщепление целлюлозы происходит эффективнее, а следовательно, увеличивается синтез ЛЖК, которые являются источниками энергии, а также влияют на жирность молока; их количество возросло на 6,5 %;

3) семейства *Oscillospiraceae*, обладающие большим количеством гликозидгидролаз, деградирующие целлюлозы и гемицеллюлозы; их количество увеличилось на 3,1 %;

4) семейства *Bifidobacteriaceae* обладающие антимикробной и ферментативной активностями; их содержание возросло на 13,3 % относительно контрольной группы.

Хотя содержание простейших намного меньше в количественном соотношении, чем других представителей полезной микрофлоры, но они также выполняют важную функцию в переваримости корма, так как способны расщеплять белки, сахара, крахмал и остальные компоненты корма, уменьшают риск возникновения ацидоза и обладают ферментативной активностью и способствуют стабилизации рубцовой среды. Их содержание в рубцовой жидкости увеличилось на 16,7 % в опытной группе.

Отмечено уменьшение бактерий семейств *Lactobacillaceae* и *Actinomycetaceae* на 8,1-4,4 %. Представители лактобацилл приводят к закислению рубца, в следствие чего развивается лактатный ацидоз. Представители актиномицетов вызывают развитие актиномикоза, послеплодотельного эндометрита и заболевание копыт.

Был проведён анализ показателей рубцовой ферментации коров (таблица 7), при этом отмечено заметное увеличение общего числа микроорганизмов в опытной группе на 5,9 % в конце опыта по отношению к контрольной группе. Наибольшей целлюлозолитической активностью обладают бактерии семейств *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Clostridiaceae*, *Eubacteriaceae*, *Thermoanaerobacteraceae* филума *Firmicutes*, *Prevotellaceae* и *Flavobacteriaceae* филума *Bacteroidetes*.

Они расщепляют клетчатку до моносахаров и ЛЖК, последнее из которых обеспечивают макроорганизм энергией на 40-80 %. У здоровой коровы общая численность целлюлолитических и прочих «полезных»

микроорганизмов достигает 26 % от общей численности.

Таблица 7 – Показатели целлюлозолитической активности в рубце

Показатель	Контроль		Опыт	
	начало опыта	конец опыта	начало опыта	конец опыта
Общее количество микроорганизмов в рубце, 10 <sup>9</sup> (КОЕ/мл)	45,80±0,04	45,85±0,05	46,53±0,09	48,55±0,1
Целлюлозолитическая активность, %	17,55±0,2	17,60±0,1	17,62±0,03	18,86±0,03

Согласно проведённым исследованиям, показатели целлюлозолитической активности в рубце опытной группы животных находились на уровне 18,86 % и выросли на 7,2 п. п. к концу опыта. Межгрупповые различия к концу опыта оказались следующими: в контрольной группе возросли на 0,3 п. п., в опытной группе возросли на 7,03 п. п. по сравнению с началом опыта.

**Закключение.** Результаты научно-хозяйственного опыта на высокопродуктивных коровах во II фазу сухостоя показали эффективность влияния элементов системы кормления (изменение рациона на 5-й, 10-й и 15-й день путём повышения доли концентратов, оптимальное соотношение силоса к сенажу 1:1, увеличение содержания сырого протеина в сухом веществе), отразившееся в повышении переваримости основных питательных веществ рациона на 1,4-2,1 п. п.

Элементы системы кормления способствовали стабильности состава микробиома рубца, в основном представленной целлюлолитическими бактериями, такими как семейства *Bacillaceae*, *Prevotellaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Streptococcaceae*, *Bacteroidaceae*, причём их количество к концу опытного периода возросло на 5,8-11,5 %, что положительно отразилось на общей численности микроорганизмов и выразилось в увеличении их количества на 5,9 % и повысило целлюлозолитическую активность на 7,2 п. п. к концу опыта, а также на параметрах внутренней среды рубца (рН, t рубца), что находились на уровне рН - 6,48 и t - 39,6 °С.

#### Литература

1. Bergman, E. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species / E. Bergman // *Physiological Reviews*. – 1990. – Vol. 70(2). – P. 567-590. – DOI: 10.1152/physrev.1990.70.2.567.
2. Koike, S. Fibrolytic rumen bacteria: their ecology and functions / S. Koike, Y. Kobayashi // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2009. – Vol. 22(1). – P. 131-138. – DOI: 10.5713/ajas.2009.r.01.
3. Ильина, Л. А. Изучение микрофлоры рубца крупного рогатого скота на основе молекулярно-биологического метода T-RFLP с целью разработки способов ее оптимизации

: дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06 / Ильина Лариса Александровна; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства]. – п. Дубровицы, 2012. – 197 с.

4. McCann, J. C. Rumen microbiome and its relationship with nutrition and metabolism / J. C. McCann, T. A. Wickersham, J. J. Looor // *Bioinformatics and Biology Insights*. – 2014. – Vol. 8(8). – P. 109-125. – DOI: 10.4137/BBIS15389.

5. Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome / C. J. Creevey, W. J. Kelly, G. Henderson, S. C. Leahy // *Microbial Biotechnology*. – 2014. – Vol. 7(5). – P. 467-479. – DOI: 10.1111/1751-7915.12141.

6. Beauchemin, K. A. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage / K. A. Beauchemin, W. Z. Yang // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88(6). – P. 2117-2129. – DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5.

7. Jouany, J.-P. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows / J.-P. Jouany // *Animal Reproduction Science*. – 2006. – Vol. 96(3-4). – P. 250-264. – DOI: 10.1016/j.anireprosci.2006.08.005.

8. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle / Q. Zebeli, J. R. Aschenbach, M. Tafaj [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2012. – Vol. 95(3). – P. 1041-1056. – DOI: 10.3168/jds.2011-4421.

9. The periparturient period is associated with structural and transcriptomic adaptations of rumen papillae in dairy cattle / M. A. Steele, C. Schiestel, O. AlZahal [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2015. – Vol. 98(4). – P. 2583-2595. – DOI: 10.3168/jds.2014-8640.

10. Changes in rumen microbiota composition and in situ degradation kinetics during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance / K. Dieho, J. Dijkstra, G. Klop [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(4). – P. 2695-2710. – DOI: 10.3168/jds.2016-11982.

11. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – Москва : Колос, 1976. – 163 с.

12. Simon Turner, A. *Techniques in Large Animal Surgery* / A. Simon Turner, C. Wayne Mellwraith. – Wiley, 1991. – 381 p.

13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Высшая школа, 1973. – 320 с.

14. Тумилович, Г. А. Жвачка как индикатор здоровья коровы / Г. А. Тумилович // *Наше сельское хозяйство*. – 2021. - № 8. – С.34-37.

*Поступила 20.03.2025 г.*

УДК 636.2.[084.523+855.12]:546.42

А.А. ЦАРЕНОК, И.В. МАКАРОВЕЦ

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНА D В РАЦИОНЕ НА ПЕРЕХОД <sup>90</sup>Sr В МОЛОКО**

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

Обеспечение радиологической безопасности молока является приоритетной задачей в современном животноводстве нашей страны, что обусловлено