

## МИКРОБИОМ РУБЦА И МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФЕРМЕНТНО-ПРОБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ПРОФОРТ»

А.И. АФАНАСЬЕВА<sup>1</sup>, В.А. САРЫЧЕВ<sup>1</sup>, Г.Ю. ЛАПТЕВ<sup>2</sup>,  
Е.А. ЙЫЛДЫРЫМ<sup>2</sup>, Л.А. ИЛЬИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Алтайский государственный аграрный университет

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный аграрный университет)

*Перевод молочного животноводства на промышленную основу способствует повышению продуктивных показателей скота, в том числе за счет перехода к одноклассовому круглогодичному кормлению. Одноклассовая система кормления способствует с физиологической точки зрения сохранению видового и количественного состава микрофлоры, поддержанию ее высокой ферментативной активности. При круглогодичном одноклассовом кормлении обеспечение организма животного биологически полноценным питанием является особенно важным и зависит не только от количества, но и от качества корма. Использование в рационе кормления добавок, в том числе на основе пробиотических препаратов, способствует улучшению процессов пищеварения, нормализации баланса микрофлоры и обмена веществ, повышению продуктивности животных. Целью исследований было проведение анализа микробиома рубца и молочной продуктивности коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» в условиях круглогодичного одноклассового кормления. Исследования проведены на лактирующих коровах голштинской породы. Коровам опытной группы трехкратно в течение 15 дней скармливали по 30,0 г пробиотика с перерывом по 15 дней. В опытной группе на уровне семейств наиболее существенные достоверные отличия обнаружены в таксонах целлюлозолитических бактерий *Prevotellaceae*, *Oscillospiraceae*, *SRI*. Максимальное суммарное содержание полезных целлюлозолитических бактерий после применения ферментно-пробиотического препарата отмечалось в рубцовом содержимом коров опытной группы ( $75,34 \pm 2,0\%$ ), минимальное ( $74,89 \pm 1,2\%$ ) – в контрольной группе. У коров опытной группы повышалось содержание лактат-утилизирующих бактерий, ферментирующих в рубце молочную кислоту до летучих жирных кислот, – в среднем до  $1,14 \pm 0,5\%$ . Показатели средне-суточного удоя увеличились от 4,7 до 6,1%, массовая доля жира и белка в молоке повысилась на 1,05–1,75 и 0,64–1,29% соответственно, в зависимости от периода скармливания.*

**Ключевые слова:** микробиом рубца, лактирующие коровы, голштинская порода, ферментно-пробиотическая кормовая добавка «Профорт», молочная продуктивность.

### Введение

Перевод молочного животноводства на промышленную основу имеет преимущества, связанные с возможностью роста численности поголовья животных, создания условий для повышения его продуктивных показателей, в том числе за счет перехода к одноклассовому круглогодичному кормлению. Одноклассовая технология кормления связана с тем, что сочные корма (силос, сенаж), концентраты и все добавки скармливают в виде смешанного сбалансированного рациона в течение 12 месяцев, вне зависимости от времени года. Преимуществом одноклассового кормления крупного рогатого скота является отсутствие сезонных изменений типа кормления, что позволяет избежать резких изменений продуктивности лактирующих коров [1]. Считается, что сезонная смена рациона кормления и условий содержания вызывает у животных

стресс. Период адаптации к новым условиям может составлять от 14 и более дней, уровень молочной продуктивности за это время снижается на 20%. Однотипная система кормления способствует с физиологической точки зрения сохранению видового и количественного состава микрофлоры, поддержанию ее высокой ферментативной активности. Считается, что круглогодовой однотипный рацион кормления жвачных животных является залогом стабильной деятельности «симбиотической микрофлоры», оказывающей непосредственное влияние на продуктивность животных. В то же время использование системы круглогодического однотипного кормления возможно при стабильной кормовой базе на основе консервированных объемистых кормов, контроле и соответствии питательной ценности рациона физиологическим потребностям организма высокопродуктивных коров, при сохранении высокого качества кормов и других факторов [2, 3].

Получение от животных сырья высокого качества возможно только при кормлении, обеспечивающем организм всеми необходимыми компонентами, особенно при круглогодическом однотипном кормлении [4], которое зависит не только от количества, но и от качества корма [5].

При несбалансированности рационов по энергетическим веществам, витаминам, макро- и микроэлементам преобладание в рационе концентратов и присутствие в кормах токсических веществ разного происхождения приводят к необратимым процессам нарушения обмена веществ и функций всех систем организма [6]. Чаще всего подобного характера нарушения возникают у высокопродуктивных животных. Это проявляется нарушениями воспроизводительной функции, снижением показателей оплодотворяемости, осложнениями родовой деятельности и нарушением лактационной функции, что неизбежно снижает производство молока и экономическую эффективность молочного животноводства [2].

Качественные показатели всех видов кормов, используемых в рационе, могут негативно влиять на физиологические параметры организма животных и качественные показатели молока, производительность и себестоимость производства продукции [7].

Кормление жвачных животных должно быть направлено в первую очередь на питание и развитие микрофлоры желудочно-кишечного тракта, принимающей непосредственное участие в переваривании объемистых и концентрированных кормов, содержащих протеин, крахмал, целлюлозу и другие органические вещества. Использование в рационе кормления добавок, улучшающих процессы пищеварения, нормализующих баланс микрофлоры, способствует нормализации обмена веществ и повышению продуктивности животных. Улучшение переваримости питательных веществ при использовании пробиотических препаратов повышает уровень микробного белка, метаболической энергии, а следовательно, и молочной продуктивности животных. Пробиотические добавки способствуют оптимизации условий для развития симбиотической микрофлоры в рубце жвачных животных, оказывают регуляторное действие на микробиоценоз желудочно-кишечного тракта. Пробиотики включают в себя живые штаммы микроорганизмов в виде кормовых добавок [8].

**Цель исследований:** анализ микробиома рубца и молочной продуктивности коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки в условиях круглогодического однотипного кормления.

### **Материал и методы исследований**

Экспериментальные исследования по изучению эффективности использования ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» (ООО «Биотроф») проведены на базе ООО «Агро-Сибирь» (Смоленский район Алтайского края) в 2023–2024 гг.

на высокопродуктивных лактирующих коровах черно-пестрой голштинской породы со средней живой массой 550 кг, имеющих молочную продуктивность не менее 9500 кг.

Формирование контрольной (n = 20) и опытной (n = 20) групп животных происходило в весеннее время года, в соответствии с методикой сбалансированных групп-аналогов, рекомендованной А.И. Овсянниковым (1976). Содержание животных – беспривязное, кормление – круглогодичное однотипное в соответствии с детализированными нормами кормления (А.П. Калашников и др., 2003). Тип кормления – силосно-сенажно-концентратный. Лактирующим коровам опытной группы в основной рацион включали ферментно-пробиотическую кормовую добавку «Профорт» в дозе 30,0 г в сутки, ежедневно в течение 15 дней. Скармливание кормовой добавки было трехкратным с перерывом по 15 дней.

Основой ферментно-пробиотического препарата «Профорт» являются специально отселекционированные штаммы бактерий *Bacillus megaterium* и *Enterococcus faecium*. В клетках *B. megaterium* и *Ent. faecium* в составе пробиотика «Профорт» имеется ряд ферментов, участвующих в биосинтезе незаменимых аминокислот, органических кислот, витаминов и других важнейших соединений. Штамм *B. megaterium* содержит гены, продуцирующие высокоактивный антиоксидант глутатион, который является ключевым элементом системы поддержания стабильности клеточных биополимеров, препятствуя апоптозу и повышая их способность переносить токсические нагрузки. За счет синергизма с бактериями штамма *B. megaterium* микроорганизмы штамма *Ent. faecium* проявляют высокую способность к детоксикации и разложению метаболитов плесневых грибов, развивающихся в кормах при длительном хранении [9].

Динамику показателей молочной продуктивности, жирно- и белковомолочности у лактирующих коров при включении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» оценивали, используя данные ИАС «Селэкс» и программы «М-комплекс».

Для проведения анализа качественного состава микробиома рубца были получены пробы рубцового содержимого методом зондирования от коров контрольной и опытной групп до включения в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» от 3 гол., а затем, после трехкратного введения добавки и окончания проведения эксперимента, – по 3 пробы от животных контрольной и опытной групп.

Лабораторное исследование образцов и биоинформатическая обработка результатов были проведены в условиях молекулярно-генетической лаборатории ООО «Биотроф+».

Исследование качественного и количественного состава бактериального сообщества в рубцовой жидкости коров было проведено с использованием молекулярно-генетического метода секвенирования следующего поколения (NGS) на платформе MiSeq (Illumina, Inc., США) и с последующей обработкой полученных данных методами вариационной статистики.

Была проведена оценка состава микробиома рубцовой жидкости коров на разной стадии лактации черно-пестрой голштинской породы.

Выделение ДНК из образцов рубцовой жидкости производилось с помощью готового набора Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, Inc., США).

Секвенирование методом NGS проведено с помощью праймеров для V3-V4 региона гена 16S рРНК. Максимальная длина полученных последовательностей составила 2½250 п.н.

Прямой праймер: 5'-TCGTCGGCAG CGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCC TACGGGNGGCWGCAG-3';

Обратный праймер: 5'-GTCTCGTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGG-ACTACHVGGGTATCTAATCC-3'.

*Условия проведения амплификации:*

1 цикл – денатурация матричной ДНК в течение 3 мин при температуре +95°C; в течение 30 с при температуре +95°C;

2 цикл – отжиг праймеров в течение 30 с при температуре +55°C;

3 цикл – достраивание цепей праймеров в течение 30 с при температуре +72°C (25 циклов);

4 цикл – окончательная элонгация в течение 5 мин при температуре +72°C.

*Наборы реагентов и оборудование для секвенирования микробиома рубца:*

1. Nextera® XT IndexKit (Illumina, Inc.) – секвенирование для подготовки библиотек микроорганизмов рубцового содержимого.

2. Agencourt AMPure XP (Beckman Coulter, Inc., США) – для очистки ПЦР-продуктов.

3. MiSeq® ReagentKit v2 (500 cycle) (Illumina, Inc.) – проведение секвенирования.

4. High Sensitivity DNA Kit (Agilent, США) – набор для высокочувствительного анализа ДНК, позволяющий провести оценку библиотеки микроорганизмов рубцового содержимого.

5. Биоанализатор Agilent 2100 (Agilent, США).

*Программное обеспечение для проведения биоинформационного анализа:*

1. QIIME2 v. 2020.8 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology) – Биоинформатическая платформа для анализа микробиома на основе необработанных данных секвенирования ДНК и фильтрации шумовых последовательностей (проводили с помощью встроенного метода DADA2).

2. Программный пакет MAFFT для построения филогении de novo.

3. Справочная база данных Silva 138.1 для анализа таксономии (<https://www.arb-silva.de/documentation/release-138.1/>).

4. Математическая и статистическая обработка результатов оценки микробиома рубцового содержимого осуществлялась методом многофакторного дисперсионного анализа (Multifactor ANalysis Of VAriance, ANOVA) в программах Microsoft Office Excel 2010, R-Studio (v. 1.1.453)

5. Для проверки нормальности распределения данных и однородности дисперсий использовали критерий Шапиро-Уилка и теста Левене соответственно. Для коррекции эффекта множественных сравнений рассчитывали критерий достоверно значимой разности Тьюки (Tukey's HSD test).

Анализ количественных и качественных показателей молочной продуктивности коров проведен с использованием методов вариационной статистики. Были рассчитаны средние значения и стандартные ошибки средних для обеих групп на каждом этапе скармливания препарата. Сравнение средних значений проводилось с помощью теста Стьюдента для независимых выборок.

## **Результаты и их обсуждение**

Изучение эффективности использования ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» в рационе лактирующих коров при круглогодичном однотипном кормлении сопровождалось проведением NGS-секвенирования микробиома рубцовой жидкости. С этой целью было изучено 293,382 секвенированных последовательностей гена 16S рРНК.

Известно, что основное функциональное значение микроорганизмов, населяющих рубец крупного рогатого скота, заключается в ферментации составных частей растительного корма и образовании веществ, обладающих высокой энергетической ценностью [10].

Исследования показали, что фоновый состав микробиома рубца до включения в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» характеризовался доминированием 20 бактериальных филумов и суперфилумов (рис. 1), среди которых наиболее многочисленными были *Bacteroidota*, *Firmicutes* и *Proteobacteria*. Максимальная концентрация соответствовала филуму *Firmicutes* (от  $56,8 \pm 4,9$  до  $74,8 \pm 3,15\%$ ). Вероятно, доминирующие бактерии, выявленные в рубцовом содержимом коров, играют ключевую роль в усвоении основных компонентов рациона (таких, как целлюлоза, гемицеллюлоза, крахмал, органические кислоты и белки) и преобразовании веществ в промежуточные энергетические субстраты в рубце.

На уровне филумов наиболее выраженные изменения в составе микробиома рубца у коров опытной группы ( $p \leq 0,05$ ) при введении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» были отмечены в содержании представителей *Firmicutes* и *Bacteroidota* ( $p \leq 0,05$ ). Среднее содержание представителей суперфилума *Bacteroidota* в пробах, отобранных от коров в конце эксперимента, оказалось больше по сравнению с образцами от начала опыта. Эти микроорганизмы используют крахмал для производства короткоцепочечных жирных кислот, и их количество повышается при использовании рационов, содержащих большое количество крахмала и моносахаридов.

При более детальном рассмотрении, до уровня семейств (рис. 2), наблюдалась аналогичная картина схожего микробного пейзажа.

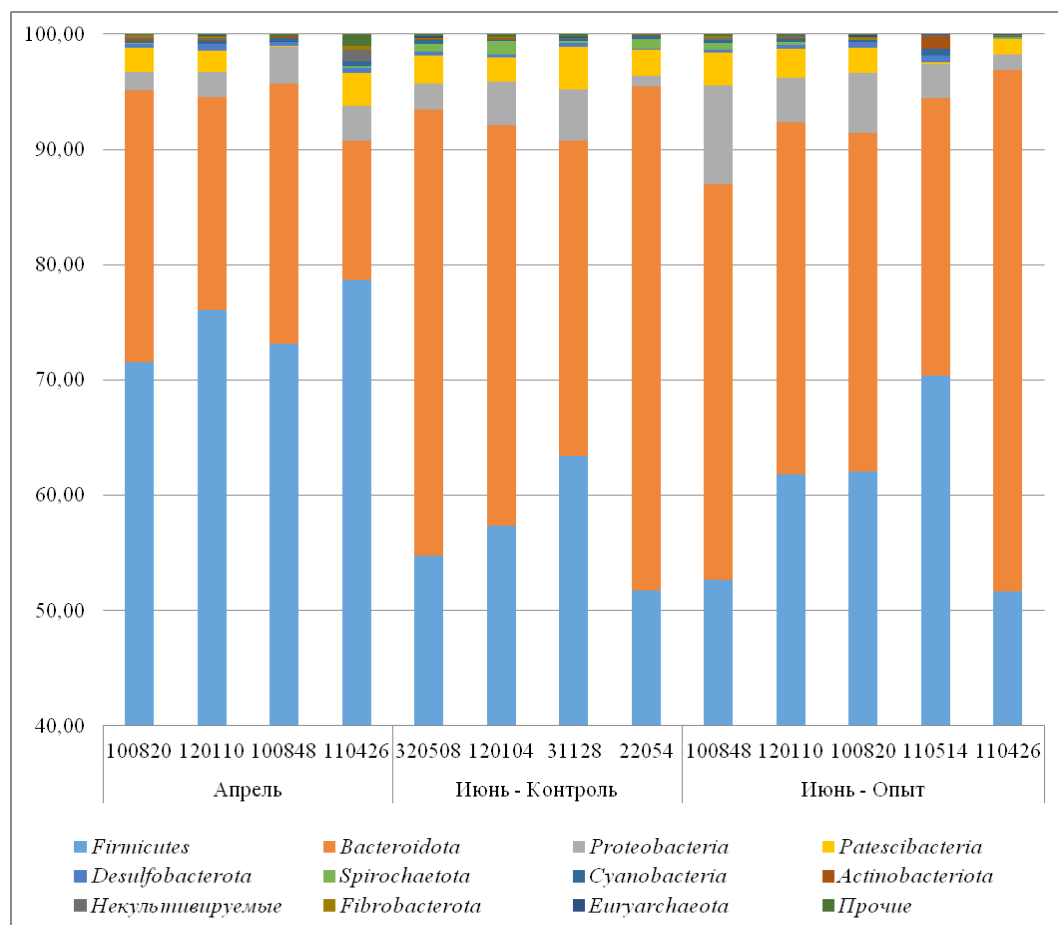


Рис. 1. Состав микробиома рубцовой жидкости коров в динамике исследований, %

Изучение микробиома рубца у животных экспериментальных групп на уровне семейств показало, что в рубцовом содержимом коров опытной группы увеличилось содержание семейства *Lachnospiraceae* относительно контрольных животных. Бактерии этого семейства отвечают за метаболизм полисахаридов, содержащихся в корме, и производят различные короткие цепочки жирных кислот, которые могут использоваться в качестве энергии для животных при производстве продукции [11].

При проведении исследований наибольший интерес представляло влияние ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» на таксономический состав микробиома рубца, в связи с чем было рассчитано значение *p*-value при попарном сравнении каждого таксона между контрольной и опытной группами, а также с животными до начала применения кормовой добавки. По достоверно (*p*-value<0,05) отличающимся семействам построена тепловая карта, представленная на рисунке 3.

Результаты исследований показали, что в микробиоме рубца коров опытной группы на уровне семейств обнаружены достоверные отличия в таксонах *Prevotellaceae*, *Oscillospiraceae*, SR1 и пр. Содержание бактерий семейства *Prevotellaceae*, которые в основном представлены родом *Prevotella*, возрастает при рационах, содержащих большое количество крахмала и моносахаридов, так как эти микроорганизмы используют крахмал для производства короткоцепочечных жирных кислот. Представители семейства *Oscillospiraceae* имеют значительный набор гликозидгидролаз, необходимых для деградации целлюлозы и гемицеллюлозы кормов, а SR1 является относительно новой группой бактерий. Функции их в микробиоме все еще не очень хорошо понятны, и они относятся к порядку *Abconditabacterials*.

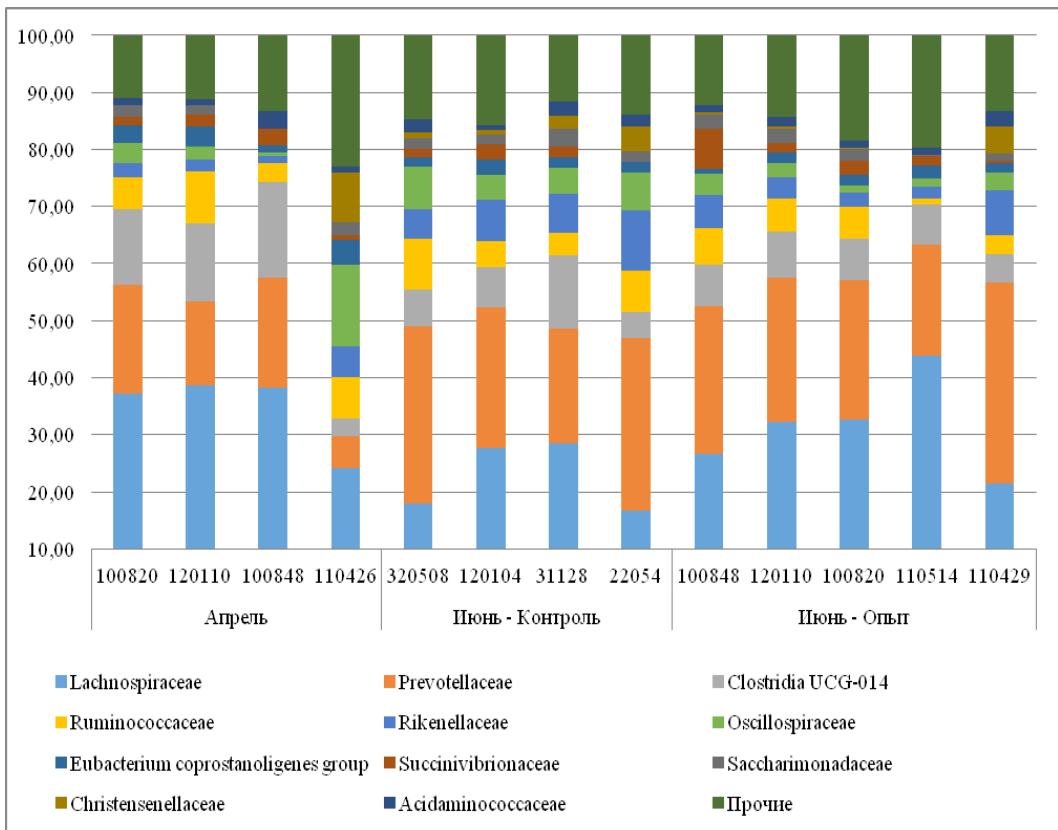
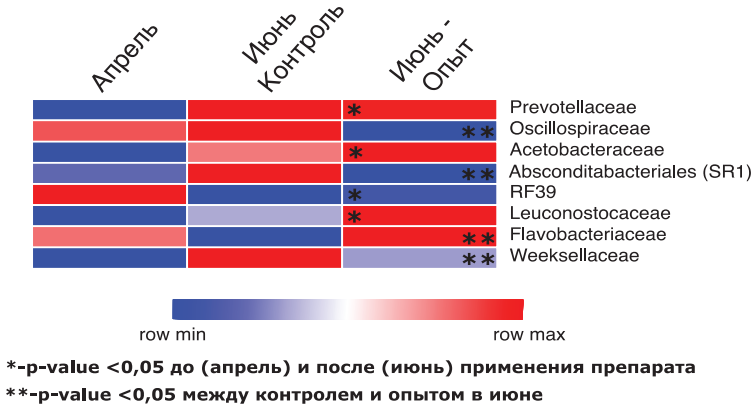
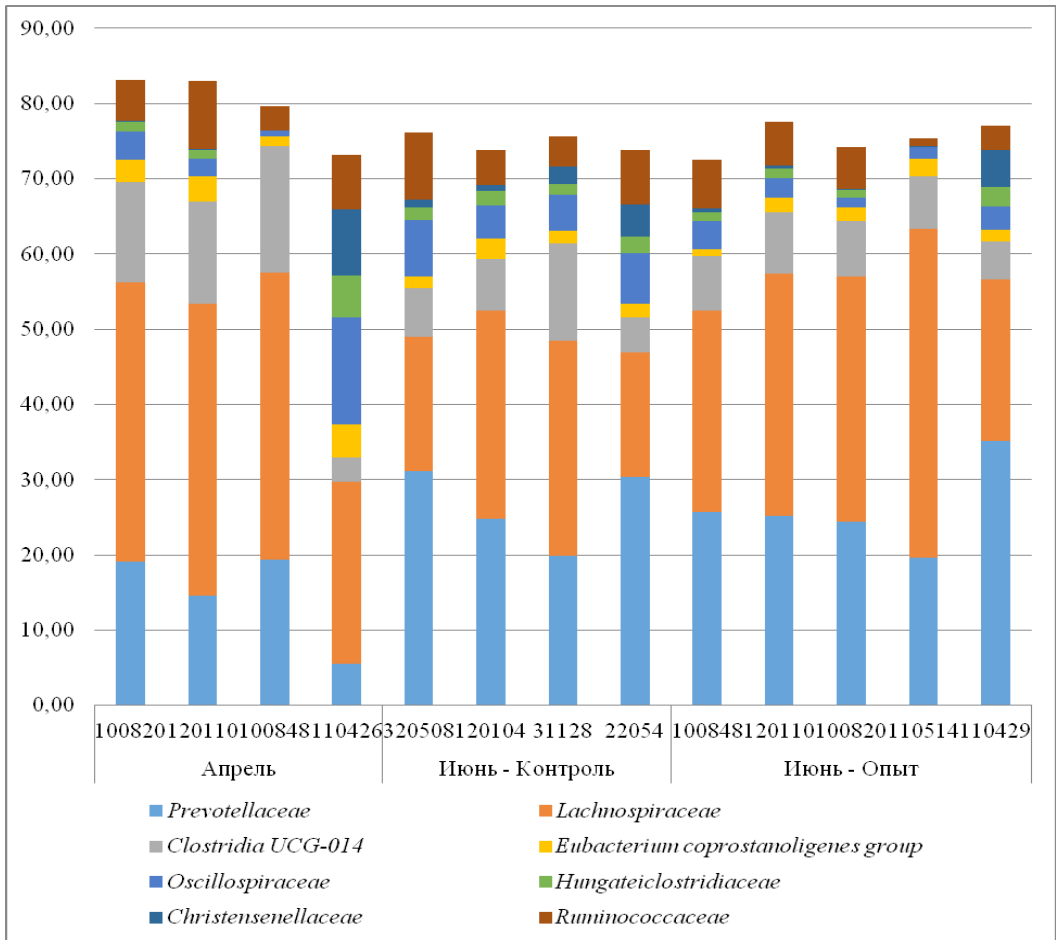


Рис. 2. Состав микробиома рубцовой жидкости коров в динамике исследований, %

Целлюлозолитические бактерии рубцового содержимого у коров до применения кормовой добавки, способствующие расщеплению клетчатки растительных кормов, в основном представлены семействами *Prevotellaceae*, *Lachnospiraceae*, *Clostridia UCG-014*, *Eubacterium*, *Oscillospiraceae*, *Hungateiclostridiaceae*, *Christensenellaceae* и *Ruminococcaceae* (рис. 4).



**Рис. 3.** Тепловая карта биоразнообразия микробного сообщества в рубце коров на уровне филума



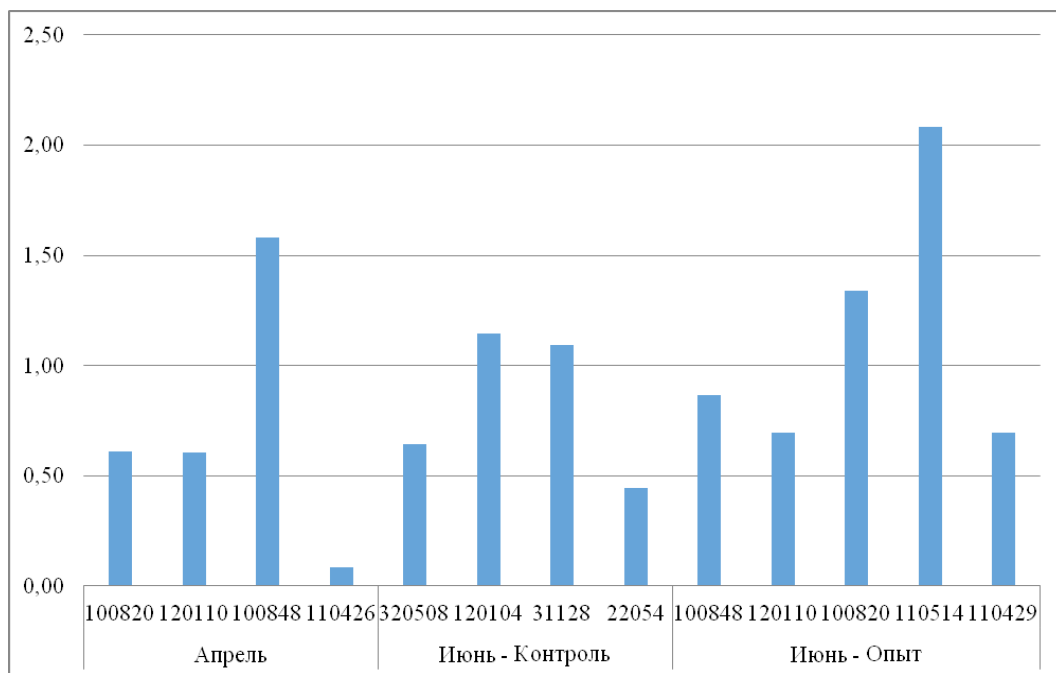
**Рис. 4.** Динамика содержания целлюлозолитических бактерий у коров, %

Наивысшее среднее суммарное содержание полезных целлюлозолитических бактерий было отмечено в образцах, отобранных до начала эксперимента, и составляло  $79,73 \pm 4,6\%$  от общего количества обнаруженных микроорганизмов. После проведения эксперимента в образцах рубцового содержимого коров контрольной группы доля данных микроорганизмов значительно снизилась (до  $74,89 \pm 1,2\%$ ), а в образцах опытной группы содержание целлюлозолитических микроорганизмов оказалось выше –  $75,34 \pm 2,0\%$ .

Функциональное значение лактат-утилизирующих бактерий заключается в ферментации молочной кислоты, которая образуется при высококонцентратном типе кормления животных и может являться причиной нарушения обмена веществ и развития ацидоза. Лактат-утилизирующие бактерии нейтрализуют молочную кислоту и способствуют ее превращению в летучие жирные кислоты, которые используются организмом как источники органических веществ (глюкоза, молочный жир и т.д.).

Исследования показали, что при скармливании лактирующим коровам ферментно-пробиотической кормовой добавки концентрация лактат-утилизирующих микроорганизмов увеличилась. У животных опытной группы она составляла  $1,14 \pm 0,5\%$ , что выше, чем у коров контрольной группы. Наименьшая концентрация этих микроорганизмов ( $0,72 \pm 0,6\%$ ) отмечалась в образцах животных до начала опыта.

Установленные в ходе исследований изменения в состоянии микробиома рубца лактирующих коров опытной группы способствовали повышению среднесуточного удоя после первого этапа скармливания на  $6,1\%$  (до  $43,6$  кг) у коров опытной группы в сравнении с контрольной группой животных ( $41,1$  кг). Молочная продуктивность коров после повторного скармливания препарата оставалась выше на  $4,6\%$  ( $46,1$  кг) в сравнении со значениями, установленными у животных контрольной группы ( $44,04$  кг).



**Рис. 5.** Динамика содержания лактат-утилизирующих бактерий у коров, %



На третьем месяце исследований, после очередного введения препарата (3-й этап скармливания), уровень среднесуточных удоев снизился на 6 л, или на 13%, до 40,1 кг в сравнении с предыдущим этапом, но оставался выше, чем у контрольных животных, на 1,9 л, или на 4,9% (38,2 кг). Одним из возможных механизмов повышения молочной продуктивности лактирующих коров при включении в рацион ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» является повышение количества целлюлозолитических бактерий (рис. 4), а также бактерий, ферментирующих молочную кислоту в рубце лактирующих коров (рис. 5).

Основные преобразования и превращения растительных кормов связаны с функциональной деятельностью целлюлозолитических бактерий [9]. Под действием лактат-утилизирующих бактерий молочная кислота метаболизируется и используется как дополнительный источник энергии, необходимый, в том числе, при синтезе составных частей молока [12–15]. В исследованиях Г.Ю. Лаптева и др. (2020) [9] установлена связь между количеством целлюлозолитических, лактат-ферментирующих бактерий и молочной продуктивностью коров.

Нашими исследованиями установлено, что трехкратное введение в рацион кормления лактирующих коров ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» сопровождалось повышением массовой доли жира в молоке на 1,05–1,75% и массовой доли белка на 0,64–1,29%.

## Выводы

Использование в рационе кормления высокопродуктивных лактирующих коров при круглогодичном однотипном кормлении ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт» (ООО «Биотроф») способствует повышению молочной продуктивности от 4,6 до 6,1%, массовой доли жира и белка в молоке на 1,05–1,75 и 0,64–1,29% соответственно. Одними из возможных механизмов повышения количественных и качественных показателей молока коров следует считать изменения в составе микробиома рубца, увеличение концентрации микроорганизмов (целлюлозолитических, лактат-утилизирующих), ферментирующих промежуточные продукты распада компонентов корма до образования летучих жирных кислот, необходимых для синтеза компонентов молока.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 082–03–2024–223 Министерства сельского хозяйства РФ.*

## Библиографический список

1. Денисов Н.И. Кормление высокопродуктивных коров. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 121 с.
2. Романенко Л.В., Волгин В.И., Федорова З.Л., Корочкина Е.А. Полноценные кормовые смеси для коров высокой и рекордной продуктивности // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 1. – С. 90–95.
3. Харитонов Е.Л. Современные проблемы при организации нормирования питания высокопродуктивного молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 4. – С. 16–18.
4. Пиатковский Б., Кауффольд П., Фойгт Ю. и др. Использование питательных веществ жвачными животными / Пер. с нем. Н.С. Гельмана; Под ред. А.М. Холманова. – М.: Колос, 1978. – 424 с.
5. Курятова Е.В., Тюкавкина О.Н., Груздова О.В. Профилактика ацидоза коров пробиотическим препаратом и его влияние на молочную продуктивность // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 3 (59). – С. 44–54.

6. Боголюбова Н.В., Рыков Р.А. Биохимический статус организма молочных коров и молодняка крупного рогатого скота с использованием в питании энергетических и фитобиотических компонентов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 239 (III). – С. 44–51.
7. Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Дридигер В.К. и др. Продуктивность коров при различных вариантах однотипного кормления: Научно-практические рекомендации / Ставропольский ГАУ. – Ставрополь: Агрус, 2009. – 54 с.
8. Reynolds C.K., Huntington G.B., Tyrrell H.F., Reynolds P.J. Net metabolism of volatile fatty acids, d- $\beta$ -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, and blood gases by portal-drained viscera and liver of lactating Holstein cows // Journal of Dairy Science. – 1988. – Vol. 71, № 9. – Pp. 2395–2405. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79824-0.
9. Лантев Г.Ю., Новикова Н.И., Йылдырым Е.А. и др. Микробиом сельскохозяйственных животных: связь со здоровьем и продуктивностью: Монография. – СПб.: Проспект науки, 2020. – 336 с.
10. Clemmons B.A., Martino C., Powers J.B. et al. Rumen Bacteria and Serum Metabolites Predictive of Feed Efficiency Phenotypes in Beef Cattle // Sci Rep. – 2019. – Vol. 9, № 1. – Art. 19265. DOI: 10.1038/s41598-019-55978-y.
11. Некрасов Р.В., Чабаев М.Г., Зеленченкова А.А. и др. Продуктивность крупного рогатого скота при обогащении рационов пробиотическим препаратом // Молочное и мясное скотоводство. – 2016. – № 7. – С. 19–22.
12. Janssen P.H., Kirs M. Structure of the archaeal community of the rumen // Applied and Environmental Microbiology. – 2008. – Vol. 74, № 12. – Pp. 3619–3625. DOI: 10.1128/AEM.02812-07.
13. Aschenbach J.R., Penner G.B., Stumpff F., Gäbel G. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH // Journal of Animal Science. – 2011. – Vol. 89, № 4. – Pp. 1092–1107. DOI: 10.2527/jas.2010-3301.
14. Qumar M., Khiaosa-ard R., Pourazad F. et al. Evidence of in vivo absorption of lactate and modulation of short chain fatty acid absorption from the reticulorumen of non-lactating cattle fed high concentrate diets // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, № 10. – Art. e0164192. DOI: 10.1371/journal.pone.0164192.
15. Reuben R.C., Elghandour M.M.M.Y., Alqaisi O. et al. Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications // J Sci Food Agric. – 2022. – Vol. 102, № 4. – Pp. 1319–1340. DOI: 10.1002/jsfa.11643.
16. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М., 2003. – 456 с.

## COW RUMEN MICROBIOME AND MILK PRODUCTIVITY WITH THE PROFORT ENZYME-PROBIOTIC FEED ADDITIVE

A.I. AFANAS'EVA<sup>1</sup>, V.A. SARYCHEV<sup>1</sup>, G.YU. LAPTEV<sup>2</sup>, E.A. YILDYRYM<sup>2</sup>, L.A. IL'INA<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Altai State Agrarian University; <sup>2</sup>Saint Petersburg State Agrarian University)

*The transition of dairy farming to an industrial basis contributes to an increase in the productive indicators of cattle, including due to the transition to a uniform year-round feeding. From the physiological point of view, a uniform feeding system contributes to the preservation of the species and quantitative composition of the microflora, maintaining its high enzymatic activity. With year-round uniform feeding, it is particularly important to provide the animal's*

body with biologically adequate nutrition, which depends not only on the quantity but also on the quality of the feed. The use of additives in the feed ration, including those based on probiotic preparations, helps to improve digestive processes, normalize the balance of microflora, metabolism and increase animal productivity. The aim of the research was to analyze the rumen microbiome and milk productivity of cows using the enzyme-probiotic feed additive Profort under conditions of year-round uniform feeding. The studies were conducted in lactating Holstein cows. The cows of the experimental group were fed 30.0 g of the probiotic three times during 15 days, with a 15-day interval. In the experimental group, at the family level, the taxa of cellulolytic bacteria Prevotellaceae, Oscillospiraceae, SR1. showed the most significant reliable differences. The maximum total content of beneficial cellulolytic bacteria after the use of the enzyme-probiotic preparation was found in the rumen content of the cows of the experimental group. It was  $75.34 \pm 2.0\%$ . The minimum content ( $74.89 \pm 1.2\%$ ) was found in the control group. The content of lactate-utilizing bacteria, which ferment lactic acid in the rumen to volatile fatty acids, increased to an average of  $1.14 \pm 0.5\%$  in the cows of the experimental group. The average daily milk yield increased from 4.7 to 6.1%, and the mass fraction of fat and protein in milk increased by 1.05–1.75% and 0.64–1.29%, respectively, depending on the feeding period.

**Keywords:** rumen microbiome, lactating cows, Holstein breed, enzyme-probiotic feed additive Profort, milk productivity.

## References

1. Denisov N.I. *Feeding of high-yielding cows*. Moscow, USSR: Rosselkhozizdat, 1982:121. (In Russ.)
2. Romanenko L.V., Volgin V.I., Fedorova Z.L., Korochkina E.A. Full feed mixture for cows with high and recodr production. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki*. 2016;1:90–95. (In Russ.)
3. Kharitonov E.L. Modern problems at the organisation rationing a food of highly productive dairy cattle. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2010;4:16–18. (In Russ.)
4. Piatkovskiy B., Kauffold P., Foygt Yu. et al. *Utilization of nutrients by ruminants*. Trans. from German. Ed. by A.M. Kholmanov. Moscow, USSR: Kolos, 1978:424. (In Russ.)
5. Kuryatova E.V., Tyukavkina O.N., Gruzdova O.V. Prevention of acidosis in cows with a probiotic and its effect on dairy productivity. *Dalnevostochniy agrarniy vestnik*. 2021;3(59):44–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-3-44-54>
6. Bogolyubova N.V., Rykov R.A. Biochemical status of the organism of dairy cows and young cattle using energy and phytobiotic components in the diet. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*. 2019;239(III):44–51. (In Russ.)
7. Trukhachev V.I., Zlydnev N.Z., Dridiger V.K. et al. *Productivity of cows at different variants of single-type feeding: research and practice guidelines*. Stavropol, Russia: Agrus, 2009:54. (In Russ.)
8. Reynolds C.K., Huntington G.B., Tyrrell H.F., Reynolds P.J. Net metabolism of volatile fatty acids, d- $\beta$ -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, and blood gases by portal-drained viscera and liver of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 1988;71(9):2395–2405. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79824-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79824-0)
9. Laptev G.Yu., Novikova N.I., Yildirim E.A. et al. *Microbiome of farm animals: relationship to health and productivity: a monograph*. St. Petersburg, Russia: Prospekt nauki, 2020:336. (In Russ.)
10. Clemmons B.A., Martino C., Powers J.B., Campagna S.R. et al. Rumen Bacteria and Serum Metabolites Predictive of Feed Efficiency Phenotypes in Beef Cattle. *Sci Rep*. 2019;9(1):19265. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55978-y>

11. Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Zelenchenkova A.A., Suslova I.A. et al. Productivity cattle at enrichment diets probiotic. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2016;7:19–22. (In Russ.)
12. Janssen P.H., Kirs M. Structure of the archaeal community of the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*. 2008;74(12):3619–3625. <https://doi.org/10.1128/AEM.02812-07>
13. Aschenbach J.R., Penner G.B., Stumpff F., Gäbel G. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*. 2011;89(4):1092–1107. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3301>
14. Kumar M., Khiaosa-ard R., Pourazad F., Wetzels S. et al. Evidence of in vivo absorption of lactate and modulation of short chain fatty acid absorption from the reticulorumen of non-lactating cattle fed high concentrate diet. *PLoS ONE*. 2016;11(10): e0164192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164192>
15. Reuben R.C., Elghandour M.M.M.Y., Alqaisi O., Cone J.W. et al. Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications. *J Sci Food Agric*. 2022;102(4):1319–1340. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11643>
16. *Norms and rations of feeding of farm animals: a reference book*. 3d ed., rev. and updat. Moscow, Russia: Znanie, 2003:456. (In Russ.)

#### Сведения об авторах

**Антонина Ивановна Афанасьева**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии, биотехнологии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»; 656049, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: antonina59-09@mail.ru; тел.: (905) 928–32–80

**Владислав Андреевич Сарычев**, канд. биол. наук, доцент кафедры общей биологии, биотехнологии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»; 656049, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: Smy-asau@yandex.ru; тел.: (902) 140–62–71

**Лаптев Георгий Юрьевич**, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: georg-laptev@rambler.ru; тел: (812) 470–04–22

**Иылдырым Елена Александровна**, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: deniz@biotrof.ru; тел: (812) 470–04–22

**Ильина Лариса Александровна**, д-р биол. наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2; e-mail: ilina@spbgau.ru; тел: (812) 470–04–22

### **Information about the authors:**

**Antonina I. Afanas'eva**, DSc (Bio), Professor, Head of the Department of General Biology, Biotechnology and Animal Husbandry, Altai State Agricultural University (98 Krasnoarmeyskiy Dr., Barnaul, Altai Krai, 656049, Russian Federation); phone: (905) 928-32-80

**Vladislav A. Sarychev**, CSc (Bio), Assistant Professor at the Department of General Biology, Biotechnology and Animal Husbandry, Altai State Agricultural University (98 Krasnoarmeyskiy Ave., Barnaul, Altai Krai, 656049, Russian Federation); phone: (902) 140-62-71

**Georgiy Yu. Laptev**, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22

**Elena A. Yildyrym**, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22

**Larisa A. Il'ina**, DSc (Bio), Professor at the Department of Large Animal Husbandry, Saint Petersburg State Agrarian University (2 Peterburgskoe Hwy., Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation); phone: (812) 470-04-22