

Научная статья/Research Article

УДК 645.2.022.21.054.676.22/28.03

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-150-159

Елена Александровна Йылдырым^{1✉}, Татьяна Сергеевна Сметанникова²,
Георгий Юрьевич Лаптев³, Лариса Александровна Ильина⁴, Дарья Георгиевна Тюрина⁵,
Валентина Анатольевна Филиппова⁶, Ирина Александровна Ключникова⁷,
Анна Александровна Фисенко⁸, Ксения Андреевна Соколова⁹,
Владислав Николаевич Большаков¹⁰

^{1,3,4,6,7,8,9}Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

²ЗАО «Гатчинское», Большие Колпаны, Ленинградская область, Россия

^{5,10}ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия

¹deniz@biotrof.ru

²tanyha.95@mail.ru

³georg-laptev@rambler.ru

⁴ilina@biotrof.ru

⁵tiurina@biotrof.ru

⁶filippova@biotrof.ru

⁷klyuchnikova.irinaa@yandex.ru

⁸nerpa-2007@mail.ru

⁹kseniya.k.a@biotrof.ru

¹⁰bvn@biotrof.ru

ДИНАМИКА СОСТАВА МИКРОБИОТЫ ЭНДОМЕТРИЯ КОРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

Цель исследования – изучение влияния кормовой добавки «АнтиКлос», которую вводили в состав рациона в транзитный период лактации, на состав микробиоты эндометрия высокопродуктивных коров голштинской породы и показатели воспроизводства коров. Задачи: постановка научно-хозяйственного эксперимента на поголовье молочных коров по скармливанию натуральной кормовой добавки «АнтиКлос®» (ООО «БИОТРОФ», Россия); проведение анализа состава микробиоты эндометрия методом количественной ПЦР, анализа ряда показателей воспроизводства на фоне добавки и без нее. Было сформировано 2 группы животных (n = 20): контрольная группа I потребляла основной рацион (ОР), опытная группа II – ОР с добавлением пробиотика «АнтиКлос». Состав микроорганизмов эндометрия анализировали у трех клинически здоровых коров из контрольной группы I и опытной группы II. Состав эндометриальных бактерий анализировали методом qRT-PCR. На 21-й день после отела в контрольной группе I и опытной группе II по сравнению с результатом, полученным при отборе проб до отела, было отмечено увеличение в 15,7 и 14,3 раза соответственно численности представителей семейства Enterobacteriaceae ($P \leq 0,05$). В этот период отмечено также появление в контрольной группе I бактерий семейства Fusobacteriaceae в количестве $(2,5 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^3)$ геномов/г и в более низком количестве – $(4,2 \cdot 10^3 \pm 1,1 \cdot 10^2)$ геномов/г (т. е., в 6,0 раз ниже, чем в контроле, $P \leq 0,01$) – в опытной группе II. Улучшение структуры микробного сообщества эндометрия коров в опытной группе II способствовало последующему сокращению сервис-периода и снижению показателя индекса осеменения.

Ключевые слова: микробиота эндометрия, количественная ПЦР, высокопродуктивный крупный рогатый скот, «АнтиКлос», биологическая кормовая добавка

© Йылдырым Е.А., Сметанникова Т.С., Лаптев Г.Ю., Ильина Л.А., Тюрина Д.Г., Филиппова В.А., Ключникова И.А., Фисенко А.А., Соколова К.А., Большаков В.Н., 2025

Вестник КрасГАУ. 2025. № 6. С. 150–159.

Bulletin of KSAU. 2025;(6):150-159.

Для цитирования: Ыылдырым Е.А., Сметанникова Т.С., Лаптев Г.Ю., и др. Динамика состава микробиоты эндометрия коров на фоне применения биологической кормовой добавки // Вестник КрасГАУ. 2025. № 6. С.150–159. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-150-159.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 24-16-00131.

Elena Aleksandrovna Yildirym^{1✉}, Tatyana Sergeevna Smetannikova²,
Georgy Yuryevich Laptev³, Larisa Alexandrovna Ilyina⁴, Daria Georgievna Tyurina⁵,
Valentina Anatolyevna Filippova⁶, Irina Aleksandrovna Klyuchnikova⁷,
Anna Alexandrovna Fisenko⁸, Ksenia Andreevna Sokolova⁹,
Vladislav Nikolaevich Bolshakov¹⁰

^{1,3,4,6,7,8,9}Saint Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Saint Petersburg, Russia

²ZAO Gatchinskoye, Bolshiyе Kolpany, Leningrad Region, Russia

^{5,10}ООО BIOTROF+, Saint Petersburg, Russia

¹deniz@biotrof.ru

²tanyha.95@mail.ru

³georg-laptev@rambler.ru

⁴ilina@biotrof.ru

⁵tiurina@biotrof.ru

⁶filippova@biotrof.ru

⁷klyuchnikova.irinaa@yandex.ru

⁸nerpa-2007@mail.ru

⁹kseniya.k.a@biotrof.ru

¹⁰bvn@biotrof.ru

DYNAMICS OF THE COWS' ENDOMETRIAL MICROBIOTA COMPOSITION AGAINST BIOLOGICAL FEED ADDITIVES USE

The aim of the study is to investigate the effect of the feed additive AntiKlos, which was introduced into the diet during the transition period of lactation, on the composition of the endometrial microbiota of highly productive Holstein cows and the reproduction indices of the cows. Objectives: to conduct a scientific and economic experiment on a herd of dairy cows by feeding them the natural feed additive AntiKlos® (ООО BIOTROF, Russia); to analyze the composition of the endometrial microbiota using quantitative PCR, to analyze a number of reproduction indices with and without the additive. Two groups of animals were formed (n = 20): the control group I consumed the basic diet (BD), the experimental group II consumed BD with the addition of the probiotic AntiKlos. The composition of endometrial microorganisms was analyzed in three clinically healthy cows from the control group I and the experimental group II. The composition of endometrial bacteria was analyzed using qRT-PCR. On the 21st day after calving, in the control group I and experimental group II, compared with the result obtained during sampling before calving, an increase of 15.7 and 14.3 times, respectively, in the number of representatives of the Enterobacteriaceae family was noted ($P \leq 0.05$). During this period, the appearance of bacteria of the Fusobacteriaceae family in the control group I in the amount of $(2.5 \cdot 10^4 \pm 1.3 \cdot 10^3)$ genomes/g and in a lower amount – $(4.2 \cdot 10^3 \pm 1.1 \cdot 10^2)$ genomes/g (i.e., 6.0 times lower than in the control, $P \leq 0.01$) – in the experimental group II was also noted. Improvement of the structure of the microbial community of the endometrium of cows in the experimental group II contributed to the subsequent reduction of the service period and a decrease in the insemination index.

Keywords: endometrial microbiota, quantitative PCR, high-yielding cattle, AntiKlos, biological feed additive

For citation: Yildirym EA, Smetannikova TS, Laptev GYu, et al. Dynamics of the cows' endometrial microbiota composition against biological feed additives use. *Bulletin of KSAU*. 2025;(6):150-159. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-150-159.

Acknowledgments: the study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation Grant № 24-16-00131.

Введение. Инфекционные факторы, влияющие на репродуктивную способность коров, в первую очередь связаны с микробной колонизацией, которая может привести к воспалительным процессам матки и ухудшению воспроизводства. Здоровье коров, включая репродуктивное, во многом определяется симбиозом с микробиотой в рубце и кишечнике [1]. Однако в последние годы для реализации потенциала производства молока используются высокоэнергетические рационы, которые отрицательно влияют на микробиоту пищеварительного тракта, усугубляют процесс колонизации патогенных микроорганизмов [1]. Нарушения микробиома кишечника млекопитающих, включая человека, связаны с некоторыми заболеваниями репродуктивной системы [2]. Установлено, что дисбактериоз и, как следствие, нарушения микробиома репродуктивной системы могут приводить к снижению фертильности у коров. Так, например, изменения в микробиоте рубца и кишечника могут нарушать нормальную абсорбцию витаминов и минералов, которые играют ключевую роль в репродуктивных процессах. Дефицит определенных нутриентов может вызывать аменорею, яловость и другие проблемы, связанные с циклом размножения.

В транзитный период (период между тремя неделями до и тремя неделями после отела) метаболическая адаптация коров к резкому увеличению потребностей в энергии и питательных веществах, как правило, происходит особенно тяжело [3]. В это время коровы начинают готовиться к лактации при одновременном стремительном росте эмбриона, что приводит к резкому увеличению потребностей в энергии и питательных элементах. Неправильное или недостаточное кормление в этот критический период может привести к серьезным метаболическим нарушениям и заболеваниям. Снижение потребления корма, нарушение пищеварительных процессов и, как следствие, недостаток питательных веществ могут привести к клиническим заболеваниям, в частности гинекологическим. Кетоз, который возникает из-за недостатка углеводов и переизбытка жиров в рационе, приводит к снижению аппетита и недостаточному питанию, что может прямо повлиять на репродуктивную функцию. Снижение уровня прогестерона из-за дисфункции яичников может стать причиной проблем с регулярностью циклов, нарушения овуляции и других гинекологических заболеваний. Одним из наиболее распростра-

ненных является метрит – воспаление матки, которое может развиваться после отела, когда иммунная система коровы находится в ослабленном состоянии.

Современные исследования показывают, что восстановление и поддержание здорового микробиома может служить ключевым фактором в оптимизации репродуктивной функции. Учитывая важность транзитного периода для здоровья и продуктивности коров, особое внимание должно уделяться составлению сбалансированного рациона, который будет удовлетворять возросшие потребности. Важно не только обеспечивать коров сбалансированным кормом, но и включать в рацион пробиотики и пребиотики, которые могут способствовать восстановлению нормальной микробиоты. Пробиотики, содержащие живые микроорганизмы, могут улучшить пищеварение и снизить уровень патогенных бактерий, что, в свою очередь, может положительно сказаться на здоровье и показателях фертильности. Обычно пробиотики – это полезные бактерии, такие как лактобактерии, бифидобактерии и бациллы, которые могут улучшать баланс микробиоты. Предыдущие исследования показали положительное влияние пробиотиков на гинекологическое здоровье у людей и животных [4]. Применение пробиотиков, включая пероральные, опосредованно модулирующие состав микробиоты матки через регуляцию микробиома кишечника, было предложено в качестве терапевтического подхода для профилактики различных заболеваний репродуктивной системы [5]. Это позволит учитывать и экологическую составляющую ведения животноводства в условиях современных вызовов. Интенсификация производства часто приводит к проблемам, связанным с экологическими рисками, такими как загрязнение химическими пестицидами, агрохимикатами и лекарственными компонентами организма животных и продукции животноводства. Все это может способствовать ухудшению состояния здоровья человека и животных. Следовательно, устойчивая система управления, сосредоточенная не только на производственных показателях, но и на «зеленых» технологиях, становится все более актуальной.

В результате более глубокое понимание роли микробиоты в экологическом равновесии и коррекции ее при помощи пробиотиков может привести не только к улучшению здоровья коров и повышению продуктивности, но и к устойчивому развитию всей отрасли скотоводства.

Цель исследования – изучение влияния кормовой добавки «АнтиКлос®», которую вводили в состав рациона в транзитный период лактации, на состав микробиоты эндометрия высокопродуктивных коров голштинской породы и показатели воспроизводства коров.

Задачи: постановка научно-хозяйственного эксперимента на поголовье молочных коров по скармливанию натуральной кормовой добавки «АнтиКлос®» (ООО «БИОТРОФ», Россия); проведение анализа состава микробиоты эндометрия методом количественной ПЦР, анализа ряда показателей воспроизводства на фоне добавки и без нее.

Объекты и методы. Опыт проводили в животноводческом хозяйстве Ленинградской области на коровах голштинской породы 2–3-й лактации. Живая масса коров – 700 кг, среднесуточный надой за предыдущую лактацию – 45 кг. Животные пребывали в максимально идентичных условиях, содержание коров – беспривязное. Животные были поделены на 2 аналоговые группы (n = 20): контрольная группа I – основной рацион (ОР), опытная группа II – ОР с добавлением пробиотического биопрепарата «АнтиКлос®» (ООО «БИОТРОФ», Россия). «АнтиКлос®» включает штамм бактерии *Bacillus sp.*,

органические кислоты и комплекс веществ растительного происхождения. «АнтиКлос®» вводили в состав полнорационного рациона опытной группы II из расчета по 50 г/гол/сут в транзитный период – за 21 день до отела (сухостой), затем 21 после отела – в новотельный период. Состав микроорганизмов эндометрия анализировали у трех клинически здоровых коров из контрольной группы I и опытной группы II. Проводили отбор проб соскобов с эндометрия в динамике – до начала эксперимента (22 дня до отела), непосредственно после отела и на 21-й день после отела. Суммарную ДНК выделяли с помощью кита FastDNA Spin Kit for Feces, (MP Biomedicals, Китай). Состав бактерий анализировали методом qRT-PCR на термоциклере ДТ Lite-4 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) и с помощью набора «ПЦР-комплект» для ПЦР в реальном времени (ЗАО «Синтол», Россия) и праймеров (5'-3') (табл. 1). Показатели воспроизводства оценивали с помощью системы Afimilk (Afimilk Ltd, США). Математическую и статистическую обработку результатов проводили методом многофакторного дисперсионного анализа в программах MS Excel, R- Studio (Version 1.1.453).

Таблица 1

Продолжительность сервис-периода и индекс осеменения
Duration of the service period and insemination index

Группа бактерий	Праймеры (5'-3')
1	2
Общее количество бактерий	HDA1:ACT CCT ACG GGA GGC AGC AG HDA2:GTA TTA CCG CGG CTG CTG GCA
<i>Lactobacillus sp.</i>	Lac1:AGC AGT AGG GAA TCT TCC A Lab667r:CAC CGC TAC ACA TGG AG
<i>Megasphaera sp.</i> , <i>Veillonella sp.</i> и <i>Dialister sp.</i>	Mega-142F GATGGGGACAACAGCTGGA Mega-X GACTCTGTTTTGGGG
<i>Streptococcus sp.</i>	SE16S F AATTCTAATACGACTCACTATAGGGCAAGTCGAGCGAACAGACGA SE16S R TGTCACCGGCAGTCAACTTA
<i>Lachnobacterium sp.</i> и <i>Clostridium sp.</i>	P930 GTGAAATGCGTAGAGATTAGGAA P932 GATYYGCGATTACTAGYAACTC
<i>Atopobium sp.</i>	10f AGTTTGATCCTGGCTCAG 534r ATTACCGCGGCTGCTGG
<i>Staphylococcus sp.</i>	TstaG422:GGC CGT GTT GAA CGT GGT CAA ATC TstaG765:TIA CCA TTT CAG TAC CTT CTG GTA A
Сем. <i>Fusobacteriaceae</i>	Fs619F CGCAGAAGGTGAAAGTCCTGTAT Fs719RTGGTCCTCACTGATTCACACAGA
Сем. <i>Enterobacteriaceae</i>	Enterobac-F:CAT TGA CGT TAC CCG CAG AAG AAG C Enterobac-R:CTC TAC GAG ACT CAA GCT TGC

1	2
<i>Prevotella</i> sp. и <i>Porphyromonas</i> sp.	BacPre GAGTACGCCGGCAACGGTGA rBacPre TCACCGTTGCCGGCGTACTC
<i>Mobiluncus</i> sp. и <i>Corynebacterium</i> sp.	C240F GGAAGGAYGCATCTTGGCAGTCT C445R CATYGGGAARTCRCCGATGA

Продолжительность сервис-периода определяли по датам отела и плодотворного осеменения. Индекс осеменения вычисляли делением общего числа осеменений по стаду на количество беременностей.

Результаты и их обсуждение. Продemonстрировано, что в обеих группах наблюдались сходные изменения в численности некоторых групп эндометриальных микроорганизмов в динамике (табл. 2). Сразу после отела в обеих группах на порядок снижалось общее количество бактерий по сравнению с результатом, полученным при отборе проб за 22 дня до отела ($P \leq 0,001$). Также в обеих группах в этот период полностью нивелировались из сообщества такие таксоны микроорганизмов, как *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Mobiluncus* sp. и *Corynebacterium* sp., среди которых часто встречаются патогенные и оппортунистические формы. На разных физиологических этапах жизненного цикла самки, включая периоды стресса и лактации, наблюдаются изменения в гормональном фоне, которые непосредственно сказываются на составе микробиоты эндометрия. Сдвиги в эндометриальных микробных сообществах могут быть связаны с изменениями в гормональном фоне на разных физиологических фазах [6]. Ранее было детектировано снижение численности

бактерий на фоне более высоких уровней прогестерона. Известно, что повышение уровня эстрогена стимулирует выработку и накопление гликогена, важного для питания многих микроорганизмов, тогда как высокий уровень прогестерона подавляет синтез гликогена [7], что может по-разному отражаться на численности микроорганизмов из различных групп. В фазе эстрогенового преобладания, которая предшествует овуляции, происходит выработка гормонов, способствующих увеличению проницаемости сосудов и усилению кровоснабжения, что может способствовать изменению условий среды для микроорганизмов. В эту фазу может наблюдаться увеличение разнообразия определенных видов бактерий, которые помогают подготовить эндометрий к возможной имплантации. С другой стороны, известно, что в фазе прогестеронового доминирования, когда уровень прогестерона значительно возрастает, наблюдается подавление некоторых патогенных микроорганизмов, что способствует созданию более благоприятной среды для поддержания беременности. Однако если гормональный фон нарушен, это может привести к дисбалансу в микробиомах и, как следствие, к развитию различных заболеваний, таких как эндометрит, который имеет негативное влияние на фертильность [8].

Таблица 2

Содержание микроорганизмов в эндометрии коров, геномов/г
The content of microorganisms in the endometrium of cows, genomes/g

Группа бактерий	Контрольная группа I (n = 3)			Опытная группа II (n = 3)		
	22 дня до отела	Сразу после отела	21 день после отела	22 дня до отела	Сразу после отела	21 день после отела
1	2	3	4	5	6	7
Общее количество бактерий	$2,0 \cdot 10^5 \pm 1,9 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4 \pm 1,2 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^5 \pm 1,4 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^5 \pm 1,5 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4 \pm 1,7 \cdot 10^3^*$	$2,2 \cdot 10^5 \pm 1,1 \cdot 10^4$
<i>Lactobacillus</i> sp.	<п.д.о.**	< п.д.о.	< п.д.о.	< п.д.о.	< п.д.о.	$2,2 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^2$
<i>Megasphaera</i> sp., <i>Veillonella</i> sp. и <i>Dialister</i> sp.	$4,0 \cdot 10^3 \pm 2,4 \cdot 10^2$	< п.д.о.	$2,0 \cdot 10^3 \pm 1,3 \cdot 10^2$	$6,2 \cdot 10^3 \pm 3,2 \cdot 10^2^*$	< п.д.о.	$2,1 \cdot 10^3 \pm 1,1 \cdot 10^2$

1	2	3	4	5	6	7
<i>Streptococcus</i> sp.	$1,6 \cdot 10^3 \pm 75$	< п.д.о.	$1,0 \cdot 10^3 \pm 84$	$1,9 \cdot 10^3 \pm 79$	< п.д.о.	$1,2 \cdot 10^3 \pm 69$
<i>Lachnobacterium</i> sp. и <i>Clostridium</i> sp.	$3,2 \cdot 10^4 \pm 1,9 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3 \pm 3,2 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^4 \pm 1,5 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^4 \pm 1,4 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^3 \pm 4,3 \cdot 10^2$	$9,3 \cdot 10^4 \pm 2,9 \cdot 10^3^*$
<i>Atopobium</i> sp.	6,3	< п.д.о.	< п.д.о.	< п.д.о.	< п.д.о.	9,8
<i>Staphylococcus</i> sp.	$1,6 \cdot 10^3 \pm 9,3 \cdot 10^2$	< п.д.о.	< п.д.о.	$2,4 \cdot 10^4 \pm 1,7 \cdot 10^3^{***}$	< п.д.о.	< п.д.о.
Сем. <i>Fusobacteriaceae</i>	< п.д.о.	< п.д.о.	$2,5 \cdot 10^4 \pm 1,3 \cdot 10^3$	< п.д.о.	< п.д.о.	$4,2 \cdot 10^3 \pm 1,1 \cdot 10^2^{***}$
Сем. <i>Enterobacteriaceae</i>	$4,0 \cdot 10^3 \pm 2,4 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^3 \pm 1,8 \cdot 10^2$	$6,3 \cdot 10^4 \pm 3,2 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^3 \pm 2,9 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3 \pm 2,2 \cdot 10^2^*$	$6,0 \cdot 10^4 \pm 3,1 \cdot 10^3$
<i>Prevotella</i> sp. и <i>Porphyromonas</i> sp.	$3,2 \cdot 10^4 \pm 1,8 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4 \pm 5,5 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^5 \pm 9,1 \cdot 10^3$	$5,5 \cdot 10^4 \pm 2,9 \cdot 10^3^*$	$1,5 \cdot 10^4 \pm 9,4 \cdot 10^2^*$	$2,2 \cdot 10^4 \pm 1,6 \cdot 10^3^{****}$
<i>Mobiluncus</i> sp. и <i>Corynebacterium</i> sp.	$3,2 \cdot 10^3 \pm 2,1 \cdot 10^2$	< п.д.о.	$1,0 \cdot 10^3 \pm 71$	$2,8 \cdot 10^3 \pm 1,7 \cdot 10^2^*$	< п.д.о.	< п.д.о.

Примечание: ** < п.д.о. – предел достоверного определения; *P ≤ 0,05; ***P ≤ 0,01; ****P ≤ 0,001.

На 21-й день после отела в контрольной группе I и опытной группе II по сравнению с результатом, полученным при отборе проб до отела, было отмечено увеличение в 15,7 и 14,3 раза соответственно численности представителей семейства *Enterobacteriaceae*, среди которых часто встречаются токсинопродуцирующие штаммы (P ≤ 0,05). Заболевания, вызванные лекарственно-устойчивыми энтеробактериями, стали серьезной угрозой во всем мире. В частности устойчивость к бета-лактамам антибиотикам является серьезной проблемой в медицинском и ветеринарном секторах. Основным механизмом устойчивости является продукция лактамаз расширенного спектра действия (ESBL), которые могут гидролизовать пенициллин, цефалоспорины широкого спектра действия и монобактамы. Энтеробактерии, продуцирующие ESBL, не ограничиваются людьми, они также были найдены у животных.

Кроме того, в нашем эксперименте в этот период отмечено также появление в контрольной группе I бактерий семейства *Fusobacteriaceae* и в более низком количестве (в 6,0 раз ниже, чем в контроле, P ≤ 0,01), – в опытной группе II. В период после отела, вследствие травм репродуктивных органов, численность патогенов в тканях эндометрия может увеличиться. Иногда нормальный баланс микроорганизмов в матке может восстановиться в течение 4–5 недель после отела. Однако нежелательные бактерии могут стойко колонизировать репродук-

тивный тракт и приводить к воспалению. В случае нарушения целостности эндометрия репродуктивных органов коров могут создаваться неблагоприятные условия для транспорта сперматозоидов и эмбрионального развития. На 21-й день после отела в контрольной группе I происходило возрастание на порядок содержания бактерий *Prevotella* sp. и *Porphyromonas* sp. по сравнению с данными, полученными при отборе проб до отела (P ≤ 0,001). Тогда как на фоне кормовой добавки «АнтиКлос®» подобных изменений отмечено не было. Известно, что увеличение численности *Fusobacteriaceae* и *Enterobacteriaceae*, а также *Prevotella* sp. и *Porphyromonas* sp. в эндометрии коров может явиться причинами патологии эндометрия – метрита, эндометрита и яловости [9]. Чрезмерный их рост на ранних стадиях эмбрионального развития увеличивает риск ранней эмбриональной смертности, аборта. Традиционно доминирующие в репродуктивной системе человека и приматов *Lactobacillus* sp. были найдены нами лишь в пробах, отобранных на 21-й день после отела, в опытной группе II (в небольшом количестве – $(2,2 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^2)$ геномов/г). В остальных пробах данные бактерии не обнаруживались. Ранее также показано, что репродуктивный тракт коров имеет иной микробный состав по сравнению с женским [10]. Например, у женщин во влагалище в норме доминируют *Lactobacillus*, защищая слизистую оболочку, предотвращая адгезию патогенов посредством

эффекта конкуренции. В таких симбиотических отношениях *Lactobacillus* используют секретлируемые половыми путями метаболиты, такие как углеводы муцина, в качестве источника питания. В свою очередь, лактобактерии секретруют иммуноактивные молекулы, такие как молочная кислота, бактериоцины и перекись водорода, которые предотвращают размножение патогенов. Тем не менее в конце эксперимента на фоне кормовой добавки увеличивалась численность группы *Lachnobacterium* sp. и *Clostridium* sp. ($P \leq 0,05$). Данные бактерии могут относиться к нормобиоте в репродуктивной системе коров, поскольку синтезируют летучие жирные кислоты, что может регулировать гомеостаз.

Репродуктивная эффективность является основной проблемой современной молочной промышленности во всем мире, определяя прибыльность молочной фермы. Низкая репродуктивная эффективность является одной из наиболее распространенных причин выбраковки молочных коров из стад. Она влияет на количество молока, производимого коровой в сутки, на продолжительность жизни коровы в стаде и косвенно влияет на затраты на замену стада, разведение и ветеринарное лечение. В нашем эксперименте анализ показателей, взаимосвязанных с воспроизводительными способностями телок, подтвердил полученные нами данные: сервис-период в контроле был на 8 дней больше, чем при использовании биопрепарата «АнтиКлос», улучшился и индекс осеменения (табл. 3).

Таблица 3

Продолжительность сервис-периода и индекс осеменения
Duration of the service period and insemination index

Показатель	Группа коров (n = 20)	$\bar{x} \pm m$	σ	$C_v, \%$	lim
Сервис-период	I	133±15,39	63,48	47,7%	76...241
	II	125±10,31	43,75	34,9%	76...203
Индекс осеменения	I	2,2±0,26	1,18	55,0%	1...4
	II	1,9±0,21	0,93	49,4%	1...4

Действительно, микробиом половых путей коров оказывает глубокое влияние на здоровье эндометрия, его гомеостаз и фертильность [11]. Показано, что феромоны, играющие жизненно важную роль в спаривании, частично продуцируются вагинальным микробиомом животных разных видов, включая коров [12]. С другой стороны, при наличии в нужном количестве в репродуктивной системе бактерий рода *Lactobacillus* снижается pH влагалища, что способствует улучшению репродуктивной функции путем подавления патогенов и улучшения качества ооцитов [11]. Здоровая микробиота, поддерживаемая метаболитами лактобактерий, помогает регулировать воспалительные процессы, что также позволяет создать оптимальные условия для имплантации эмбриона. Таким образом, наличие этих бактерий в нужных количествах не только защищает репродуктивную систему от инфекций, но и способствует более успешному протеканию всех этапов, связанных с размножением.

Заключение. Применение кормовой добавки «АнтиКлос®» улучшило эндометриальный микробиом коров, что способствовало последующему сокращению сервис-периода и снижению показателя индекса осеменения. Биологически активные вещества, вырабатываемые микробиотой кишечника, влияют на гормональные реакции организма через ось кишечник – мозг, что приводит к изменению гормонального профиля [12]. Это влияет не только на разнообразие и функции микробиома в пищеварительном тракте, но может оказать потенциальное влияние на микробиомы других участков тела, таких как матка, молочные железы. С другой стороны, тесная анатомическая близость между двумя биотопами (репродуктивная и пищеварительная системы) может способствовать колонизации кишечника микроорганизмами микробного сообщества репродуктивного тракта. Это предположение требует проведения дополнительных исследований.

Для успешного внедрения новых решений в области молочного скотоводства необходимо сформировать понимание в управлении кормлением и условиями содержания, которые могут оказывать существенное влияние на микробиоту и, соответственно, на здоровье и продуктивность поголовья животных. Это требует совместных усилий ученых и практиков в разработке подходов, которые будут способствовать улучшению здоровья и продуктивности поголовья. Также стоит отметить важность мониторинга

состояния эндометриального микробиома животных в транзитный период. Регулярные анализы могут помочь своевременно выявить отклонения в состоянии коров и провести необходимые меры, что способно значительно снизить риски развития осложнений. Таким образом, обеспечение надлежащей поддержки и диагностики микробиома матки в транзитный период является ключевым для сохранения здоровья, повышения фертильности и продуктивности коров.

Список источников

1. Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Филиппова В.А. и др. Состав микрофлоры химуса пищеварительной системы и молочная продуктивность коров в период раздоя под влиянием комплексного биопрепарата // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 1. С. 46–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-46-58. EDN: SYMUOP.
2. Svensson A., Brunkwall L., Roth B., et al. Associations between endometriosis and gut microbiota // *Reproductive Sciences*. 2021. № 28. P. 2367–2377. DOI: 10.1007/s43032-021-00506-5. EDN: FSDRKO.
3. Sundrum A. Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed // *Animals (Basel)*. 2015. № 5. P. 978–1020. DOI: 10.3390/ani5040395. EDN: VGYTTZ.
4. Tabrizi R., Ostadmohammadi V., Akbari M., et al. The Effects of Probiotic Supplementation on Clinical Symptom, Weight Loss, Glycemic Control, Lipid and Hormonal Profiles, Biomarkers of Inflammation, and Oxidative Stress in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials // *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2022. № 14. P. 1–14. DOI: 10.1007/s12602-019-09559-0. EDN: MXCMAH.
5. Norfuad F. A., Mokhtar M.H., Nur Azurah A.G. Beneficial Effects of Probiotics on Benign Gynaecological Disorders: A Review // *Nutrients*. 2023. № 1. P. 2733. DOI: 10.3390/nu15122733. EDN: TLCKKJ.
6. Poole R.K., Pickett A.T., Oliveira Filho R.V., et al. Shifts in uterine bacterial communities associated with endogenous progesterone and 17 β -estradiol concentrations in beef cattle // *Domestic Animal Endocrinology*. 2023. № 83. 106766. DOI: 10.1016/j.domaniend.2022.106766. EDN: JEKBCM.
7. Bowman K., Rose J. Estradiol stimulates glycogen synthesis whereas progesterone promotes glycogen catabolism in the uterus of the American mink (*Neovison vison*) // *Anim Sci J*. 2017. № 88. P. 45–54. DOI: 10.1111/asj.12564.
8. Sheldon I.M., Cronin J., Goetze L., et al. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle // *Biol Reprod*. 2009. № 81. P. 1025–1032. DOI: 10.1095/biolreprod.109.077370. EDN: EQAGAO.
9. Pascottini O.B., Van Schyndel S.J., Spricigo J.F.W., et al. Dynamics of uterine microbiota in postpartum dairy cows with clinical or subclinical endometritis // *Sci. Rep*. 2020. № 10. DOI: 10.1038/s41598-020-69317-z. EDN: KVNUJR.
10. Adnane M., Chapwanya A. Role of Genital Tract Bacteria in Promoting Endometrial Health in Cattle // *Microorganisms*. 2022. № 10. DOI: 10.3390/microorganisms10112238. EDN: LIJKW.
11. Srinivasan M., Adnane M., Archunan G. Significance of cervico-vaginal microbes in bovine reproduction and pheromone production – A hypothetical review // *Res. Vet. Sci*. 2021. № 135. P. 66–71. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.01.003. EDN: UAKDEA.
12. Owens C.E., Daniels K.M., Ealy A.D., et al. Graduate Student Literature Review: Potential mechanisms of interaction between bacteria and the reproductive tract of dairy cattle // *J. Dairy Sci*. 2020. № 103. P.10951–10960. DOI: 10.3168/jds.2019-18050. EDN: HQADNT.

References

1. Yildirim EA, Ilyina LA, Filippova VA, et al. The composition of the microflora of the digestive system chyme and dairy productivity of cows during the breeding period under the influence of a complex biological product. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(1):46-58. (In Russ.). DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-46-58. EDN: SYMUOP.
2. Svensson A, Brunkwall L, Roth B, et al. Associations between endometriosis and gut microbiota. *Reproductive Sciences*. 2021;28:2367-2377. DOI: 10.1007/s43032-021-00506-5. EDN: FSDRKO.
3. Sundrum A. Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed. *Animals (Basel)*. 2015;5:978-1020. DOI: 10.3390/ani5040395. EDN: VGYTTZ.
4. Tabrizi R, Ostadmohammadi V, Akbari M, et al. The effects of probiotic supplementation on clinical symptom, weight loss, glycemic control, lipid and hormonal profiles, biomarkers of inflammation, and oxidative stress in women with polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2022;14:1-14. DOI: 10.1007/s12602-019-09559-0. EDN: MXCMAH.
5. Norfuad FA, Mokhtar MH, Nur Azurah AG. Beneficial Effects of Probiotics on Benign Gynaecological Disorders: A Review. *Nutrients*. 2023;1:2733. DOI: 10.3390/nu15122733. EDN: TLCKKJ.
6. Poole RK, Pickett AT, Oliveira Filho RV, et al. Shifts in uterine bacterial communities associated with endogenous progesterone and 17 β -estradiol concentrations in beef cattle. *Domestic Animal Endocrinology*. 2023;82. DOI: 10.1016/j.domaniend.2022.106766. EDN: JEKBCM.
7. Bowman K, Rose J. Estradiol stimulates glycogen synthesis whereas progesterone promotes glycogen catabolism in the uterus of the American mink (*Neovison vison*). *Anim Sci J*. 2017;88:45–54. DOI: 10.1111/asj.12564.
8. Sheldon IM, Cronin J, Goetze L, et al. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biol Reprod*. 2009;81(6):1025-1032. DOI: 10.1095/biolreprod.109.077370. EDN: EQAGAO.
9. Pascottini OB, Van Schyndel SJ, Spricigo JFW, et al. Dynamics of uterine microbiota in postpartum dairy cows with clinical or subclinical endometritis. *Sci. Rep*. 2020;10. DOI: 10.1038/s41598-020-69317-z. EDN: KVNUJR.
10. Adnane M, Chapwanya A. Role of Genital Tract Bacteria in Promoting Endometrial Health in Cattle. *Microorganisms*. 2022;10. DOI: 10.3390/microorganisms10112238. EDN: LIIJKW.
11. Srinivasan M, Adnane M, Archunan G. Significance of cervico-vaginal microbes in bovine reproduction and pheromone production – A hypothetical review. *Res. Vet. Sci*. 2021;35:66-71. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.01.003. EDN: UAKDEA.
12. Owens CE, Daniels KM, Ealy AD, et al. Graduate Student Literature Review: Potential mechanisms of interaction between bacteria and the reproductive tract of dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 2020;103:10951-10960. DOI: 10.3168/jds.2019-18050. EDN: HQADNT.

Статья принята к публикации 14.04.2025 / The article accepted for publication 14.04.2025.

Информация об авторах:

Елена Александровна Йылдырым¹, профессор кафедры крупного животноводства, доктор биологических наук

Татьяна Сергеевна Сметаникова², главный зоотехник по племенной работе

Георгий Юрьевич Лаптев³, профессор кафедры крупного животноводства, доктор биологических наук

Лариса Александровна Ильина⁴, профессор кафедры крупного животноводства, доктор биологических наук

Дарья Георгиевна Тюрина⁵, старший биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории, кандидат экономических наук

Валентина Анатольевна Филиппова⁶, заведующая лабораторией кормления

Ирина Александровна Ключникова⁷, аспирант кафедры крупного животноводства

Анна Александровна Фисенко⁸, старший преподаватель кафедры крупного животноводства, доктор биологических наук

Ксения Андреевна Соколова⁹, ассистент кафедры крупного животноводства

Владислав Николаевич Большаков¹⁰, старший менеджер отдела продаж, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Elena Aleksandrovna Yildirym¹, Professor at the Department of Large Livestock Breeding, Doctor of Biological Sciences

Tatyana Sergeevna Smetannikova², Chief Livestock Specialist for Breeding Work

Georgy Yuryevich Laptev³, Professor at the Department of Large Livestock Breeding, Doctor of Biological Sciences

Larisa Alexandrovna Ilyina⁴, Professor at the Department of Large Livestock Breeding, Doctor of Biological Sciences

Daria Georgievna Tyurina⁵, Senior Biotechnologist at the Molecular Genetic Laboratory, Candidate of Economic Sciences

Valentina Anatolyevna Filippova⁶, Head of the Feeding Laboratory

Irina Aleksandrovna Klyuchnikova⁷, Postgraduate student at the Department of Large Livestock Breeding

Anna Alexandrovna Fisenko⁸, Senior Lecturer, Department of Large Livestock Breeding, Doctor of Biological Sciences

Ksenia Andreevna Sokolova⁹, Assistant at Large Animal Husbandry Department

Vladislav Nikolaevich Bolshakov¹⁰, Senior Sales Manager, Candidate of Agricultural Sciences

