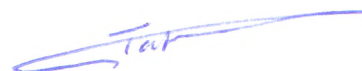


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

На правах рукописи



ТАНТАВИ АБУЕЛЬКАСЕМ АБУБАКР АБДЕЛВАХАБ АХМЕД

ПОТРЕБНОСТЬ КОРОВ В НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТАХ

06.02.08 — кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных
животных и технология кормов

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доктор биологических наук, профессор,
академик РАН
Рядчиков Виктор Георгиевич

Краснодар – 2019

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

N –	азот
NH ₄ -N –	аммоний
NНРБ –	азот нераспадаемого в рубце белка
NЧМБ –	азот чистого микробного белка
АК –	аминокислоты
ДНК –	дезоксирибонуклеиновая кислота
ЖМ –	живая масса
ЗАК –	заменимые аминокислоты
ИПРОВ –	истинная переваримость в рубце ОВ
ИПРСВ –	истинная переваримость в рубце СВ
КДК –	кислотно-детергентная клетчатка
КДНСБ –	кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок
КПР –	кажущаяся переваримость
КПРОВ –	кажущая переваримость в рубце ОВ (органического вещества)
КПРСВ –	кажущаяся переваримость в рубце СВ
MNDXбезNHK –	микробный азот дуоденального химуса без азота нуклеиновых кислот
МБДХ –	микробный белок дуоденального химуса
МСБ –	микробный сырой белок
НАN –	неаммонийный N
НАК –	незаменимые аминокислоты
НАмНСЭНРДХ –	неаммонийный несвободный эндогенный азот рубца в дуоденальном химусе
НБN –	небелковый азот
НДК –	нейтрально-детергентная клетчатка
НЛ –	неделя лактации
НРБ –	нераспадаемый в рубце белок
НРБДХ –	нераспадаемый в рубце белок дуоденального химуса
ОБ –	обменный белок
ОВ –	органическое вещество
ОЛ –	обменный лизин
ОМ –	обменный метионин
ОНАК –	обменные незаменимые аминокислоты
ОПОВЖКТ –	общая переваримость ОВ в желудочно-кишечном тракте
ОПСВЖКТ –	общая переваримость СВ в желудочно-кишечном тракте
ОФБ –	обменный фекальный белок
ПД –	поддержание жизни
ПМ –	производство молока
ПОВ –	переваримость органического вещества

ПРК –	полнорационная кормосмесь
ПСВ –	переваримость сухого вещества
РРБ –	распадаемый в рубце белок
СВ –	сухое вещество
СВДХ –	сухое вещество дуоденального химуса
СЖ	сырой жир
СЗ –	сырая зола
СППВ –	сумма переваримых питательных веществ
СЭНР –	свободный эндогенный N рубца
ЧБ –	чистый белок
ЧЛ –	чистый лизин
ЧМ –	чистый метионин
ЧЭБМ –	чистый эндогенный белок мочи
ЧЭБПО –	чистый эндогенный белок первого отдела ЖКТ
ЧЭПБ –	чистый эндогенный поверхностный белок
ЭБ –	эндогенный белок
ЭБМ –	эндогенный белок мочи
ЭкзNDХ –	экзогенный (кормовой) азот дуоденального химуса
ЭкзMN –	экзогенный микробный азот
ЭнMNP -	эндогенный микробный азот рубца

Содержание	С
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1 Строение аминокислот и состав белков.....	12
1.2 Белковый обмен в организме коров.....	17
1.3 Влияние уровня белка и его распадаемости на эффективность обеспечения коров обменным белком и незаменимыми аминокислотами.....	23
1.4 Методы и результаты определения потребности лактирующих коров в обменных незаменимых аминокислотах.....	32
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Факториальный метод определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах.....	39
2.2 Определение эффективности использования азота и аминокислот, обеспеченности рационов обменным белком и незаменимыми аминокислотами в зависимости от уровня белка и его распадаемости. в рационах лактирующих коров.....	41
2.2.1 Животные, рационы, и условия проведения опыта.....	41
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	52
3.1 Модель определения норм потребности в незаменимых аминокислотах для лактирующих коров.....	52
3.1.1 Потребность на продукцию молока (пм) и поддержание жизни (пд).....	52
3.1.2 Потребность в обменных аминокислотах в процентах от обменного белка, результаты расчета норм потребности лактирующих коров в ОБ, ОЛ и ОМ	64
3.1.3 Обсуждение результатов разработки модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах.....	67
3.2 Оценка сбалансированности рационов лактирующих коров по обменным (усвояемым) незаменимым аминокислотам в процентах от потребности	69
3.2.1 Особенность состава рационов по содержанию СБ, НРБ, РРБ и незаменимых аминокислот.....	69
3.2.2 Эффективность использования азота корма, образования микробного белка, выход аминокислот, состав дуоденального химуса в зависимости от содержания и рубцовой распадаемости СБ в рационах.....	71
3.2.3 Выход аминокислот в дуоденум, обеспеченность рационов обменными незаменимыми аминокислотами, молочная продуктивность лактирующих коров.....	73
3.3 Биохимические показатели крови.....	82
3.4 Оценка разработанных рационов с оптимальным соотношением лизина и метионина.....	85
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ...	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	113

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. При производстве молока только 25-30 % белка рациона трансформируются у коров в белок молока (S. I. ArriolaApelo, 2014, P. Huhtanen и A. N. Hristov, 2009, J. Dijkstra, 2013). Остальная часть – 70-75% в виде азота непереваренных остатков корма, аммиака, мочевины теряется с мочой и калом, загрязняя окружающую среду (C. Lee, 2012 и R. J. Higgs, 2012). Белковые добавки – наиболее затратная по стоимости часть рациона, поэтому вопрос оптимизации белкового питания с точки зрения снижения затрат на производство молока и улучшения экологической ситуации остается актуальным в мировой науке и практике (Е. Л. Харитонов и Д. Г. Погосян, 2011, Н. В. Курилов 1987, L. E. USEPA, 2011, J. G. Fadel, 2013).

Белковое питание жвачных, как и животных других видов, следует рассматривать как аминокислотное питание, поскольку не белок как таковой, а аминокислоты (АК) являются основными участниками образования белков молока, тканей, органов и биологически активных веществ (БАВ) – гормонов, ферментов, нейропептидов и многих других, оказывающих важное влияние на процессы обеспечения жизненных функций организма. Балансирование состава рационов коров не по содержанию белка, а по количеству и соотношению незаменимых аминокислот следует рассматривать в качестве реальной перспективы организации белкового питания на более совершенной научной основе, направленной на снижение затрат белка на производство молока (S. Tamminga, 2007, L. F. Ferraretto, 2016, S. I. ArriolaApelo, 2014 и T. Barros, 2016). Поэтому разработка норм потребности жвачных, в первую очередь – коров, в незаменимых аминокислотах стоит в ряду важнейших задач современного животноводства.

Нормы незаменимых аминокислот достаточно хорошо разработаны для свиней и птиц; имеется достаточный положительный опыт их практического использования. Это способствовало значимому количественному росту производства продук-

ции при снижении затрат белка за счет правильного балансирования рационов кормовыми компонентами и применения препаратов синтетических аминокислот. Закономерным следствием является рост экономической эффективности этих отраслей (В. Г. Рядчиков, 2005).

У жвачных, в отличие от свиней и птиц, оценить обеспеченность незаменимыми аминокислотами (НАК) на основании их содержания в корме невозможно, так как пищеварение у полигастрических происходит в сложном четырехкамерном желудке и существенно отличается от пищеварения у животных с простым однокамерным желудком. У жвачных интенсивная переработка корма осуществляется в рубце под воздействием микроорганизмов. В результате микробной ферментации 60 % белка и более распадается до аминокислот и аммиака, которые используются на синтез микробного белка. Он существенно отличается по аминокислотному составу от белка корма, потребленного животным (S. G. Colombini, 2011, G. A. Broderick, 2008). Сравнительно небольшая часть кормового белка (30-40 %) избегает микробной деградации и поступает в сычуг и тонкий кишечник, где переваривается аналогично процессам у моногастрических. Таким образом, если у моногастрических животных аминокислотный состав желудочного содержимого, поступающего в тонкий кишечник, отражает состав съеденного корма, то у жвачных пострубцовый химус существенно отличается от состава корма. Его устанавливают, анализируя пробы химуса на выходе из рубца (R. R. White, 2017) или сычуга на уровне начального участка двенадцатиперстной кишки (дуоденума) (H. Lapiette, 2006).

После переваривания сырого белка (СБ) корма в многокамерном желудке в тонкий кишечник поступают следующие белковые фракции: а) микробный сырой белок (МСБ); б) нераспавшийся в рубце белок корма (НРБ); в) эндогенный белок (ЭБ) пищеварительной системы. Эндогенный белок относится к той части, которая системно расходуется на основной обмен (поддержание) структуры клеток желудочно-кишечного тракта. При определении фактического показателя снабжения животных аминокислотами конкретного рациона эндогенную часть вычитают из общего потока белка, поступающего в дуоденум (H. Lapiette, 2006, I. R, Ipharraguerre,

2005). Фракции НРБ и МСБ перевариваются и всасываются в тонком кишечнике в виде аминокислот и используются на синтез белка продукции (молоко, плод, прирост живой массы) и основной обмен (поддержание). Они относятся к истинно переваримому белку, который принято называть обменным (метаболическим) белком (ОБ), а абсорбированные (всосавшиеся) аминокислоты – обменными аминокислотами (ОАК).

Обменный белок является основным источником истинно абсорбированных аминокислот. Определение обменного белка и обменных аминокислот – важная, но очень сложная задача. Для этого нужно знать точное количество поступающих белковых фракций (МСБ, НРБ) в тонкий кишечник в составе дуоденального потока химуса, их переваримость, поступление обменных незаменимых аминокислот (ОНАК) из кишечника в кровяное русло и коэффициенты их использования на биосинтез белка молока и поддержание. Эти определения проводят на хирургически оперированных коровах с созданием фистул и установкой в них канюль на рубце (S. L. Laflin, 2004, S. J. Krizsan, 2010) и тонком кишечнике (на двенадцатиперстной (duodenum) и подвздошной (ileum) кишках), а также катетеризации воротной и других вен (A. Starke, 2012), артерий и вен молочной железы (M. Larsen, 2014), в том числе в случае проведения всех перечисленных выше операций на одном животном (R. P. Berthiaume, 2010).

К настоящему времени в распоряжении ученых и производителей имеются очень ограниченные данные о потребности лактирующих коров в НАК. Согласно данным NRC, 2001, потребность коров в обменном лизине составляет 7,2 %, в обменном метионине – 2,4 % от обменного белка.

Эти нормы, привязанные к уровню обменного белка, с одной стороны весьма ограничены, с другой – представляют определенную трудность для обеспечения при изменении содержания в рационе сырого белка

Практика нуждается в нормах, выраженных в граммах, в расчете на конкретную ожидаемую или планируемую продукцию молока.

Цель исследования: определить потребность лактирующих коров в усвояемых (обменных) незаменимых АК факториальным методом.

Задачи исследования:

- установить потребность в усвояемых (обменных) незаменимых АК на продукцию молока и на поддержание;
- провести экспериментальную оценку обеспеченности рационов высокопродуктивных коров первотелок голштинской породы обменными аминокислотами по их выходу в дуоденальном потоке химуса;
- изучить обмен азота (микробного и нераспадаемого) в зависимости от уровня и распадаемости в рационах СБ;
- установить действие опытных рационов на молочную продуктивность коров и экономические показатели в зависимости от сбалансированности по незаменимым аминокислотам.

Научная новизна:

- впервые разработаны нормы потребности в обменных незаменимых аминокислотах для лактирующих коров (г/кг) молока с содержанием 3,3% СБ (33 г/кг) и 3,15 % ЧБ (31,5 г/кг) и на поддержание $1 \text{ кг/жм}^{0,75}$, позволяющее рассчитывать суточную потребность в абсолютном количестве аминокислот (г). Оценка обеспеченности рационов лактирующих коров обменными лизином показала совпадение с нормами потребности в размере 93 %; надой натурального молока при такой обеспеченности лизином и метионином составили 38,7 и 39,4 кг/д. Обеспеченность обменным метионином оказалось на уровне 77-85 %, что объясняется неотработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин белка молока. В общем дуоденальном потоке аминокислот примерно 60-70 % приходится на микробный белок и 30-40 % – на НРБ. Установлено, что переваримость сухого и органического вещества в рубце и общем пищеварительном тракте при отношении НРБ:РРБ 35:65 % СБ на 2-3 % (абсолютных) выше, чем при отношении НРБ:РРБ = 50:50 % СБ.

Новые методы в исследованиях:- обмен азота в организме коров изучали на фистулированных и канюлированных на рубце и дуоденуме животных. Сырой белок корма изучен на содержание НРБ, РРБ и аминокислот. Обмен белка в тонком кишечнике определяли на основании количества аминокислот в дуоденальном химусе по микробному азоту и азоту НРБ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана и апробирована методика определения потребности лактирующих коров в обменных аминокислотах. Объективно установлены нормы потребности лактирующих коров в обменных незаменимых аминокислотах лизине, метионине и гистидине; эффективность использования этих норм проверена в производственных условиях молочного центра учхоза «Краснодарское». В результате корректировки аминокислотного состава практических рационов молочная продуктивность коров повысилась с 35 до 37 кг/д. Получено основание для рекомендации использования разработки при составлении практических рационов для высокопродуктивных коров.

Методология и методы исследований.

Методологической основой для постановки целей и задач исследований явились научные положения ученых, занимающихся совершенствованием питания высокопродуктивных коров. При осуществлении научно-хозяйственных и лабораторных исследований использовали общие методы научного познания, а также современные биологические, зоотехнические, биохимические, физико-химические методы с применением инструментов, позволяющих выполнить поставленные задачи. Для оценки объективности экспериментальных данных были применены математические методы, включая статистическую обработку.

Положения, выносимые на защиту.

- разработанный вариант факториальной модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах соответствует нормам NRC-2001, полученным на основании ответной реакции на пострубцовое инфузирование растворов аминокислот лизина и метионина;

- разработанные нормы потребности в обменных незаменимых аминокислотах для лактирующих коров (г/кг) молока с содержанием 3,3% СБ (33 г/кг) и 3,15 % ЧБ (31,5 г/кг) и на поддержание $1 \text{ кг/жм}^{0,75}$ позволяют рассчитывать суточную потребность в абсолютном количестве аминокислот (г);

- обеспеченность рационов лактирующих коров обменным лизином разработанным методом показала совпадение с нормами потребности на 93 %; надои натурального молока при такой обеспеченности лизином составили 38,7 и 39,4 кг/д.

- при использовании коэффициента 0,66 обеспеченность организма коровы обменным метионином составила 77-85 %; при использовании коэффициента 0,82 обеспеченность обменным метионином оказывается на уровне 85-98 %.

- в общем дуоденальном потоке аминокислот примерно 60-70 % приходится на микробный белок и 30-40 % – на НРБ.

- при отношении НРБ:РРБ 35:65 % СБ обеспечивается более высокая переваримость сухого и органического вещества корма в рубце и общем пищеварительном тракте, чем при отношении НРБ:РРБ = 50:50 % СБ.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 15 научных статей, в том числе 4 – в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России (1 – в Трудах Кубанского государственного аграрного университета (2018 г.), 1 – в Журнале фундаментальных и прикладных исследований «Естественные науки» (2017 г.), 2 – в Научном журнале КубГАУ (2019 г.).

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследований обоснована достаточным поголовьем животных, подбором аналогичных животных для хирургического обустройства фистулами и канюлями, выполнением необходимого спектра исследований биологических материалов и использованием объективных методов статистического анализа.

Основные положения и результаты диссертации доложены и обсуждены на III Международной научно-практической интернет-конференции (2018), XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского

ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края (2017), Международной научно-практической конференции «Инновации в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных» (2017), международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных» (2018), международной научно-практической конференции «Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы» (2019).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из следующих разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, экономическое обоснование результатов исследований, заключение, выводы, предложение производству, список использованной литературы. Работа изложена на 127 страницах печатного текста, содержит 25 таблиц, 4 рисунка. Список использованной литературы включает 205 источников, в том числе 108 – на иностранном языке.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Строение аминокислот и состав белков

Аминокислоты содержат основную (щелочную) амидную группу ($-\text{NH}_2$) и кислотную карбоксильную группу ($-\text{COOH}$). Большинство аминокислот, обычно присутствующих в натуральных белках, принадлежат к α -типу, когда амидная группа примкнута к 1-му углеродному атому, к которому присоединена карбоксильная группа. В белках аминокислоты соединены с помощью пептидных связей $\text{CO}-\text{NH}$. Образование пептидных связей происходит в процессе биосинтеза белка, при этом каждая аминокислота теряет OH карбоксильной группы и водород (H) от аминной группы. В связи с отщеплением воды аминокислоты в составе белка называют аминокислотными остатками. Боковые группы аминокислот у разных аминокислот по составу элементов и структуре разные. У одних она представлена атомом водорода, как у глицина. у других, например, у фенилаланина – фенольной группой. Так, молекула гормона вазопрессина состоит из 9 аминокислот (Д. Аллисон, 1952; А. Майстер, 1961; Н. В. Курилов 1971; Л. Г. Боярский, 2001; В. Г. Рядчиков, 2012; Т. В. Семенович, et al., 2012)

Аминокислоты (АК) являются строительными блоками для белков у всех животных: традиционно классифицируются как питательно незаменимые (НАК) и заменимые (ЗАК) для коров, млекопитающих и птиц (М. Д. Аитова 1987; И. Айснер, 2015; J. Lei, et al., 2012). Предполагалось, что все ЗАК могут быть синтезированы в достаточном количестве в теле, чтобы обеспечивать в них потребность для максимального роста и оптимального здоровья животных. Достаточное обеспечение всеми АК как незаменимыми, так и заменимыми повышает эффективность биосинтеза белка в продукции животноводства. В этом отношении все АК, незаменимые и заменимые, должны быть обеспечены рационом (М. Д. Аитова, 1990; С. Ф. Сущенков, 1988; G. WU, 2010). Аминокислоты являются строительными блоками для белков и должны присутствовать в клетках для синтеза полипепти-

дов (Т. Девени 1976; М. Д. Аитова 1982; М. Д. Аитова 1989; G. WU, 2010). Угле-
 родные скелеты одиннадцати АК (а именно, цистеина, гистидина, изолейцина,
 лейцина, лизина, метионина, фенилаланина, треонина, триптофана, тирозина и
 валина) не синтезируется из молекул заменимых аминокислот в клетках любых
 животных (G. WU, 2010). поэтому они классифицируются как питательные НАК
 и должны присутствовать в диетах нежвачных, чтобы поддержать физиологиче-
 ские функции клеток, тканей и всего тела (D. H. Baker, 2009 и G. WU, 2010). Та-
 ким образом, ЗАК и НАК необходимы для выживания, роста, развития, размно-
 жения и здоровья животных. ЗАК (например, глутамин, глутамат, пролин, глицин
 и аргинин) играют важную роль в регуляции : экспрессии генов, клеточной сигна-
 лизации, антиокислительных реакциях, нейротрансмиссии и иммунитете. Кроме
 того, глутамат, глутамин и аспартат являются основными метаболическими ис-
 точниками энергии (топлива) для тонкой кишки, чтобы организм мог поддержи-
 вать функцию пищеварения, а также защищать здоровье и целостность слизистых
 оболочек. В то время как метаболические потребности в АК у животных не обяза-
 тельно трансформируются в их диетические потребности, результаты исследова-
 ний показали, что животные имеют как метаболические, так и диетические по-
 требности в АК, которые синтезируются в теле (И. С. Попов, 1984; И. Ф. Ткачев,
 1966; П. Н. Корчинский, 1976; М. Д. Аитова, 1989; П. И. Викторов, 1999; X. Q.
 Wang, et al., 2009; M. C. Satterfield, et al., 2012; R. A. Cabrera, et al., 2013; M. C.
 Satterfield, et al., 2013; D. Pi et al., 2014).

Исследованиями Р. И. Шаззо (2007) доказано, что более 50 % из всех амина-
 кислот являются незаменимыми, поскольку их достаточный синтез в организме
 человека и животных в необходимых количествах не осуществляется, что делает
 необходимым их поступление с пищей (кормом). У одноклеточных (бактерии), а
 также растений и грибов ситуация значительно отличается от таковой у живот-
 ных: бактерии и растения синтезируют все аминокислоты из поступающих в
 клетку углеводов и аммиака. Имеется мнение, что в ходе эволюции высшие
 животные утратили части ДНК, определяющие синтез НАК.

Группа незаменимых аминокислот включает лизин, метионин, триптофан, треонин, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин, аргинин, гистидин. Выделяют отдельно группу полунезаменимых АК (цистеин и L-тирозин), поскольку цистеин образуется при метаболизме метионина, а L-тирозин – из фенилаланина. В связи с этим обнаруживается нарушение образования цистеина и тирозина и их дефицит в случае недостатка в рационе метионина и фенилаланина, так как других предшественников для их синтеза в организме нет. В организме содержится только цистеин, две молекулы которого в органических соединениях объединяются в одну молекулу цистина (в результате окисления SH-групп и образования дисульфидной связи S-S). Опубликованы сведения, что доля фенилаланина в рационах цыплят должна быть минимум 58 % от суммарной потребности фенилаланин + тирозин; доля метионина – 50 % от суммы метионин + цистин (В. Р. Зельнер, 1971; Н. А. Шманенков, 1987; Б. Д. Кальницкий, 2005; В. И. Агафонов, 2006; Е. Л. Харитонов, 2011; В. Г. Рядчиков, 2012).

Аргинин не является незаменимой аминокислотой для человека и мышей. Существуют сомнения относительно гистидина: потребность в этой АК для взрослых людей не установлена. Для млекопитающих признаны незаменимыми 10 АК, а для цыплят 11-ой незаменимой аминокислотой называют глицин.

В нормальных условиях питания потребность в аминокислотах у человека и животных обеспечивается за счет естественных источников белка, и полное отсутствие любой АК практически невозможно. Отмечается острый дефицит лизина, если в кормлении используется только зерно злаковых культур – пшеницы, кукурузы, сорго, проса – или продукты из них без добавок полноценных по аминокислотам белковых кормов животного происхождения или сои. Установлены характерные признаки острого дефицита лизина: плохой аппетит, снижение устойчивости к действию инфекционных факторов. Значительный дефицит одновременно лизина и триптофана возникает в случае, если главным компонентом рациона является кукуруза (И. О. Ткачев, 1970; В. Г. Рядчиков, 2012; В. Г. Рядчиков, 2015; И. Айснер, 2015).

Найдено 10 аминокислот, синтезируемых в организме высших животных (заменимых, ЗАК): глицин, серин, аланин, глютаминовая кислота, глютамин, аспарагиновая кислота, аспарагин, тирозин, пролин, цистин. Имеются видовые различия по потребности в них. Однако мнение, что человек и животные могут легко обходиться без ЗАК в составе компонентов диеты, в корне неверно. Экспериментально доказано, что на кормосмесях, скомпонованных исключительно из НАК, цыплята и лабораторные крысы-альбиносы росли заметно хуже, чем при питании кормом, в котором дефицит заменимых АК находился в границах 39-51 % (В. Г. Рядчиков, 2013).

Установлен факт ухудшения роста цыплят при отсутствии в их диете глютаминовой кислоты и пролина. Отмечено нарушение воспроизводительной функции лабораторных крыс вследствие исключения из их рациона аспарагина: снижение показателя многоплодия и выживаемости потомства. Химический анализ стволовых структур мозга новорожденных крысят выявил пониженное содержание белка и холестерина (В. Г. Рядчиков, 2013).

Значение глютамина в организме человека и животных достаточно велико. Опубликованы результаты исследований, доказывающие, что повышение в диете глютамина повышает дыхательную способность пролиферирующих энтероцитов и лимфоцитов и способствует поддержанию кислотно-щелочного баланса. Биохимические роли глютамина многообразны: это переносчик азота между тканями, важный предшественник нуклеиновых кислот, нуклеотидов, аминсахаров и белков (В. Г. Рядчиков, 2013). Установлено также, что в условиях развития фазы напряжения стресса потребность высших организмов в глютамине превышает способность эндогенного синтеза достаточного количества этой аминокислоты (А. L. Black, et al., 1957; A. M. Downes, et al., 1961; Б. Д. Кальницкий, 2004; В. И. Агафонов, 2007; Е. В. Швакель, 2009). Таким образом, имеется веское основание для предложения переместить глютамин в категорию незаменимых аминокислот.

Доказано, что белки пшеничной клейковины содержат наибольшее количество глутамина – в 4–8 раз выше по сравнению с содержанием этой АК в мясе, молоке, яйцах (В. Г. Рядчиков, 2015).

Совокупность новых данных позволяет констатировать: изначальное представление о заменимости АК является слишком упрощенным. Так, считается, что заменимость определяется только особенностью углеродного скелета, а не функциональными группами NH_2 и COOH (Raffrenato and Van Amburgh, 2011; Е. В. Швакель, 2009). В то же время в опытах с радиоактивным азотом была доказана специфичность переноса аминных групп между аминокислотами. Это позволило бесспорно рассматривать в качестве абсолютно незаменимых аминокислот только две – лизин и треонин. С этой позиции к истинно заменимым следует отнести аланин, глутаминовую и аспарагиновую кислоты, которые образуются из легкодоступных промежуточных метаболитов. Остальные заменимые АК следует считать условно незаменимыми, так как их предшественниками являются незаменимые АК. Дефицит АК указанного ряда влечет за собой значимые нарушения; это проявляется особенно ярко, если потребность в них превышает возможности эндогенного синтеза (O'Connor et al., 1993; В. Г. Рядчиков, 2012).

Возникают два вопроса: а) можем ли мы реально рассматривать вопрос использования препаратов некоторых АК, чтобы улучшить сбалансированность диет коров? и б) если да, то как мы должны наилучшим образом обеспечить потребность в АК? Этот класс незаменимых аминокислот включает в себя гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин. Полипептидные цепи, образующие белки, содержат как ЗАК, так и НАК, но НАК аргинин у жвачных в отличие от нежвачных может синтезироваться у коровы рубцовыми микроорганизмами. Однако имеется подгруппа в НАК, называемая условно незаменимыми, для которых микробный синтез не является достаточным, чтобы поддерживать высокие уровни производства белка. Аргинин является наиболее типичной АК этой группы, поскольку новообразование аргинина может составлять до 40 % от общей потребности животных (А. П., Дмитроченко, 1975; М.

Д. Аитова, 1983; А. И. Девяткин, 1983; Н. В. Курилов, 1987; NRC, 2001; Н. Буряков, 2006; А. А. Алиев, 2007). ЗАК также необходимы для синтеза белка, но, в дополнение к диетическим источникам, они все синтезируются тканями из других АК, как ЗАК, так и НАК (С. Л., Капланский 1945; А. Р. Вальдман, 1987; Н. В. Курилов, 1989; NRC, 2001; Peter J. Hansen, 2016). Наряду с кормовыми источниками белка, которые не распадаются в рубце, бактерии рубца производят и ЗАК, и НАК. АК рубцовой микрофлоры хорошо перевариваются и достаточно хорошо сбалансированы по отношению к потребностям коровы в АК, в то время как и перевариваемость, и баланс АК из рациона могут варьироваться значительно. А. С. Солун, 1965; С. А. Пиункова., 1999; П. И. Викторов, 1999; В. С. Benefield, (2009) считают, что белок в кормах представлен белковыми молекулами, которые состоят из специфических цепей аминокислот. Каждая молекула этих компонентов имеет уникальную последовательность аминокислот. АК располагаются в правильной последовательности, чтобы создать специфические белки; этот процесс управляется индивидуальными генами в ядре клетки. Белки играют роль во всех биологических процессах – они являются ферментами (например, тромбин включен в процесс свертывания крови), гормонами (фолликуло-стимулирующий гормон и соматотропин), основными структурными компонентами мускулов (актин, миозин и других) и секретируются в молоко, чтобы накормить потомство (казеин, лактоальбумин) (Х. Бергнер 1973; Г. Н. Вяззенен, 1979; Н. И. Денисов, 1982; Э. Р. Ерсков, 1985; Н. А. Шманенков, 1987; В. Н. Баканов, 1989; О. Г. Шляхова, 2011; Е. В. Швакель, 2009).

1.2 Белковый обмен в организме коров

Тем не менее, как показано на рисунке 1, АК используются животными не только для синтеза белка. АК могут использоваться как топливо, когда количество других энергетических субстратов (жиров и углеводов) ограничено. Это одна из причин того, что коровы при отрицательном энергетическом балансе теряют в весе, мобилизуя белок тела в качестве источника энергии. Следует учитывать ко-

личество белка, который не деградирует в рубце (НРБ). Сумма этих аминокислот поступает в тонкую кишку для переваривания и усвоения; эта усвояемая часть называется обменным метаболическим белком (ОБ).

Термин ОБ используется для определения общего количества доступных для усвоения в тонком кишечнике коровы АК (А. Н. Кроткова, 1966; В. Р. Зельнер, 1971; И. Д. Шпильман, 1977; Н. В. Курилов, 1987; Н. В. Курилов, 1989; М. Д. Аитова 1989; В. Гридин, 1999; П. И. Викторов, 1999; NRC, 2001; Г. К. Дускаев, 2006; Н. Буряков, 2006).



Рисунок 1 – Схема утилизации аминокислот в организме молочных коров (NRC, 2001)

Для определения потребности коровы в ОБ, необходимо проведение физиологических экспериментов. Поскольку опыты на животных часто непродолжительны, это должно учитываться при оценке результатов исследования (В. Н. Курилов, 1987).

АК, которые не используются на образование белков молока и тканей тела по причине недостаточного количества или дисбаланса других лимитирующих аминокислот, дезаминируются ферментами печени. Это сопровождается образованием токсичного аммиака и энергоемким процессом его преобразования в мочевину. Поэтому оптимальное балансирование рационов по аминокислотам является

способом снижения уровня синтеза мочевины и тем самым экономии энергозатрат, которые особенно велики в начале лактации — в период негативного энергетического баланса, когда коровы отдают с молоком больше энергии, чем потребляют ее с кормом. Обоснованная коррекция аминокислотного питания может рассматриваться как путь снижения значимости метаболических расстройств и послеотельных заболеваний коров, поскольку избыток аммиака и мочевины нарушает среду матки и снижает выживаемость спермиев (А. Н. Кроткова, 1966; Н. В. Курилов, 1969; Н. В. Курилов, 1973; И. С. Попов, 1975; Ю. К. Олль, 1976; А. А. Кричевская, 1983; Н. В. Курилов, 1989; Н. В. Васильев, 1994; Г. К. Дускаев, 2006; Н. Буряков, 2006; И. Айснер, 2015).

Нередко у молочных коров фиксируют нарушение полового цикла и функции яичников, патологии развития эмбрионов. Современными исследователями в числе главных причин назван отрицательный энергетический баланс за счет дополнительных затрат энергии на синтез мочевины, а также токсическое действие аммиака на печень, сопровождающееся недостаточностью глюконеогенеза. Если концентрация азота мочевины в плазме крови превышает 190 мг/л, в молоке — 160 мг/л, то всегда регистрируется снижение содержания в крови прогестерона и повышение синтеза простагландина $\text{PGF}_{2\alpha}$, признанного главной причиной прекращения развития эмбрионов и эмбриональной смертности. Поэтому очень важно контролировать молоко на содержание мочевины с целью быстрого купирования проблем с воспроизводством. Так, установлено, что наилучшие показатели воспроизводства достигаются при концентрации мочевины в молоке от 200 до 240 мг/л. Уровень образования мочевины может быть снижен путем балансирования рационов по лизину и метионину, что одновременно повышает эффективность использования обменного белка и сопровождается снижением выведения «излишнего» азота (А. П. Дмитроченко, 1954; А. С. Солун, 1970; А. П. Дмитроченко, 1975; Н. В. Курилов, 1980; Н. И. Денисов, 1982; Clark, et al., 1992; NRC, 2001; Bach, et al., 2005; И. Айснер, 2015).

Образование и использование обменного белка является результатом следующих процессов: ферментативное расщепление белков в желудочно-кишечном тракте до аминокислот (экзогенных – поступивших извне) и всасывание их из кишечника в кровь;

- расщепление тканевых белков в процессе обновления с освобождением аминокислот (эндогенных – внутренних);

- синтез из экзогенных и эндогенных аминокислот белков органов и тканей, крови, лимфы, молока, плюда, ферментов, гормонов, иммунных тел и других биологически активных веществ;

- образование конечных продуктов распада тканевых, ферментативных и других белков, лишних аминокислот и выведение их из организма в виде конечных продуктов – мочевины, креатина, креатинина, аммиака, аминокислот;

- взаимопревращение аминокислот (заменимых из незаменимых), взаимодействие с углеводами и другими веществами;

- участие аминокислот в качестве источников энергии в цикле Кребса;

У растущих животных биосинтез белков превышает их распад, у взрослых, закончивших рост, интенсивность синтеза и распада выравниваются.

На рисунке 2 в виде схемы изображен метаболизм белка и аминокислот эндогенного и экзогенного происхождения.



Рисунок 2 – Схема обмена белка (аминокислот) в организме животных

Современными исследованиями (О. Кельнер, 1933; А. Н. Кроткова, 1966; П. И. Жеребцов 1968; В. Р. Зельнер, 1971; Н. В. Курилов, 1973; И. С. Попов, 1975; Ю. К. Олль, 1976; Н. В. Курилов, 1989; Н. В. Васильев, 1994; Г. К. Дускаев, 2006; Н. Буряков, 2006; О. Г. Шляхова, 2011, 2013) показали что, гормон роста, инсулиноподобный фактор роста эпидермиса, инсулин, ряд андрогенов признаны основными регуляторами синтеза, а тироксин – деградации белка в мышцах. Тиреоидные гормоны повышают содержание протеаз в лизосомах миоцитов (скелетные мышцы) и гепатоцитов (печень), что является причиной быстрой деградации белка в этих органах. В условиях повышенного выброса инсулина и инсулиноподобного фактора роста эпидермиса концентрация свободных аминокислот в крови быстро падает, но одновременно она возрастает в мышцах, что сопровождается интенсификацией белоксинтезирующих процессов. Влияние глюкокортикоидов, главным образом кортизона, сопровождается снижением содержания общего белка в мышцах, но повышением его синтеза в печени и других внутренних органах.

В промежуточном обмене белка главное место принадлежит метаболической функции печени. Продукты гидролиза белков в желудочно-кишечном тракте, попавших в организм из корма и эндогенные – свободные аминокислоты. После всасывания в кровь они по воротной вене поступают в печень. Рецепторы гепатоцитов через блуждающий нерв сигнализируют в центры гипоталамуса и коры грушевидной доли о степени комплектности аминокислот для нужд синтеза белка, участвуя тем самым в регуляции пищевого поведения животного. Не использованные на синтез белка, «лишние» аминокислоты (кроме валина, лейцина и изолейцина), дезаминируются в печени (О. Кельнер, 1933; В. Р. Зельнер, 1971; А. П. Дмитроченко, 1975; П. Н. Корчинский, 1976). Печень, помимо обезвреживающей функции в отношении аммиака, осуществляет синтез белков всех тканей, в том числе крови, дезаминирование и переаминирование аминокислот, образование заменимых аминокислот и азотистых оснований нуклеиновых кислот. В число ее функций, как указывали (Т. А. Краснощекова, 1987; В. Гридин, 1999;

В. Г. Рядчиков, 2015, 2016 входит катаболизм сложных белков (гликопротеиды, билирубин, биливердин и другие).

У полигастричных животных, в отличие от моногастричных, наиболее значимые для пищеварения процессы осуществляются в главной камере – рубце, а главным фактором деградации сложной органики корма служат ферменты симбионтных микроорганизмов. Доказано, что именно в рубце до 70 % и более белка корма используется для построения микробного белка (МБ), который по содержанию аминокислот резко отличается от аминокислотного состава исходных белков корма, поступившего в рубец. Поэтому в истинный желудок (сычуг), а затем и в двенадцатиперстную кишку попадает белок разного происхождения: микробный сырой белок (МСБ), нераспавшийся в рубце белок корма (НРБ), доля которого составляет около 30-50 % белка корма, а также небольшие количества эндогенного белка (ЭБ) (I. Bruckental et al., 1986; NRC, 2001; О. Г. Шляхова, 2011, 2013). Протеазы сычужного и кишечного соков работают аналогично таковым у моногастричных: расщепляя белки разного происхождения до аминокислот, которые всасываются через кишечную стенку в кровь и используются на основной обмен (поддержание жизни), обновление белка, рост организма и производство продукции (молоко), а также на развитие плода.

При нормировании рационов коров по переваримому белку не представляется возможным определить точное количество и соотношение аминокислот, поступивших из пищеварительной системы в кровь, а также точно оценить степень обеспеченности потребности животных в аминокислотах. Жвачным, равно как и моногастричным животным, белок требуется исключительно как источник аминокислот. Поэтому оценка вклада белков разного происхождения возможна только путем определения количества и состава аминокислот, поступивших в тонкий отдел кишечника.

Современными исследованиями (О. Кельнер, 1933; А. Н. Кроткова, 1966; В. Р. Зельнер, 1971; Н. В. Курилов, 1973; И. С. Попов, 1975; Я. Лабуда, 1976; З. М. Мороз, 1976; Н. В. Курилов, 1990; Н. В. Васильев, 1994; В. Гридин, 1999; Н. Буря-

ков, 2006) показана важность оценки доли белков разного происхождения в истинно переваримый белок, который и будет являться обменным белком (ОБ). Именно при его деградации образуются и поступают из кишечника в кровь аминокислот, образующие пул свободных АК. Чтобы определить количество ОБ, необходимо понять судьбу общего белка корма и фракций, присоединившихся в процессе пищеварения у полигастрического животного.

1.3 Влияние уровня белка и его распадаемости на эффективность обеспечения коров обменным белком и незаменимыми аминокислотами

Величина деградации протеина корма (сырого белка) факторами рубца закономерно является определяющим показателем при формировании количества и качественного состава аминокислот, поступающих в начальный отдел кишечника. Создана и апробирована отечественная модель (В. Г. Рядчиков, 2012), позволяющая оценить уровень и скорость распадаемости белка в рубце, разработанная на основе рекомендаций NRC, 2001. Эта модель предусматривает деление сырого белка на фракции А, В и С, а также выражение каждой в процентах от СБ (таблица 1) и применяется для нормирования рационов высокопродуктивных коров по распадаемому и нераспадаемому в рубце белку (соответственно РРБ и НРБ), расчета потребности в обменном белке (ОБ) и аминокислотах (ОА). Это мнение является общим для Н. Киреенко, 2006; Е. Л. Харитонова, 2011; В. Г. Рядчикова, 2012; О. Г. Шляховой, 2013.

Назван ряд факторов, оказывающих влияние на характер распадаемости протеин в рубце; определены наиболее важные из них: концентрация небелкового азота (НБН) и истинного белка, а также физические и химические свойства истинных белков. Так, в частности, между количеством дисульфидных связей и степенью распадаемости существует обратная зависимость.

Таблица 1 – Характеристика фракций сырого белка

Фракции	Состав	Рубцовая распадаемость, % /час	Кишечная переваримость, %
А	Небелковые азотсодержащие вещества, а также белки, быстро покидающие капроновый мешочек (при определении переваримости в рубце у канюлированных жвачных <i>in situ</i>)	100	не достигают кишечника
В	Остаток сырого белка в мешочке (<i>in situ</i>). Он потенциально распадаем; деградация зависит от продолжительности пребывания в рубце.	0,1 – 15	80 – 100
С	Не разлагаться в рубце, оставаться в мешочке по окончании длительной инкубации <i>in situ</i> .	0	0

Азотсодержащие небелковые соединения (НБН) – свободные аминокислоты, пептиды, амиды – деградируют в рубце наиболее быстро, и показатель их деградации принят за 100 %. При питании животных исключительно грубыми кормами степень перехода суммарного азота из фракций НРБ в сочетании с эндогенным белком в двенадцатиперстную кишку составляет не более 30 % от величины азота в составе корма, что было показано в работах П. И. Викторова, 1993; R. G. Wallace, 1999; В. П. Галочкина, 2006; Е. Л. Харитонов, 2011.

При нормировании рационов, по мнению В. В. Михайлова, 2005; Е. Л. Харитонов, 2008 доказана необходимость принимать во внимание скорость распадаемости белков различных кормов, обусловленную различиями в трехмерной структуре, особенностями внутренних и внешних молекулярных связей, характеристиками клеточных стенок и возможным наличием антипитательных факторов.

На основе исследований установлено, что коэффициент переваримости НРБ в среднем составил 0,8 (80 %). По данным Р. J. Van Soest (1982), кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок (КДНСБ), который составляет фракцию С, не распадается как в рубце, так и не переваривается в тонком кишечнике.

С целью установления показателя переваримости НРБ в кишечнике применяют метод «*in vivo*» (моногастричные животные) и метод мобильных нейлоновых мешочков «*in situ* и *in vivo*» (жвачные животные, обустроенные канюлями на

двенадцатиперстной кишке). Выявлены различия результатов в зависимости от места установки канюль и свойств используемых инертных маркеров.

В исследовательской работе для определения истинного переваривания НРБ наиболее распространен метод мобильных мешочков (пористость от 5 до 53 мкм). Его суть сводится к тому, что небольшое количество промытого недораспавшегося в рубце остатка корма после переваривания *in situ* помещают в меньший по размеру мешочек. Далее этот мешочек помещают в двенадцатиперстную кишку через канюлю, а извлекают его через канюлю в терминальной части подвздошной кишки (илеума) или из фекалий, т.к. при илеальном и фекальном возврате мешочков показатели переваримости НРБ сходные. Содержимое конечных мешочков анализируют на содержание белка и аминокислот после отмывания эндогенных примесей. Этот метод (Н. В. Курилов, 1978; А. В. Турчинский, 1986; NRC, 2001; В. П. Галочкина, 2006; R. Tасoma, et al., 2017; M. Savari et al., 2018; E. M. Paula, et al., 2018) позволяет определить истинную переваримость НРБ в кишечнике, а не кажущуюся.

Фонд обменного белка представляет собой сумму синтезируемого в рубце микробного сырого белка, нераспадаемого в рубце белка и эндогенный белок. Именно компоненты ОБ перевариваются в тонком кишечнике до аминокислот, всасываются в кровь и используются для обеспечения основного обмена (поддержания жизнедеятельности) и производства продукции. Обменный белок (ОБ), всосавшийся в кишечнике в виде аминокислот, считается истинно переваримым белком, обеспечивающим потребность животного в аминокислотах (Л. Ленг, 1980; A. Birds, 1981; В. И. Дульнев, 1996; Б. Д. Кальницкий, 1998; Е. В. Душкин, 2006; Д. Г. Погосян, 2008; W. Kaufmann, 1979; В. Г. Рядчиков, 2016). Питательная ценность ОБ определяется содержанием и соотношением незаменимых аминокислот и обуславливает степень эффективности его продуктивного действия.

Цель современного молочного скотоводства – максимизация производства молока и мяса и минимизация экскреции азота. Эта цель, согласно мнению Р. Huhtanen, 2011; D. M. Liebe, et al., 2018, диктует необходимость точного опреде-

ления потребностей коров в белке. Недостаток и избыток сырого белка в рационе сопровождаются снижением эффективности использования азота. Отмечен рост интереса к созданию четкой программы питания коров, позволяющей снизить затраты кормового СБ без потери продуктивности коров. Это показано в работах А. В. Турчинского, 1986; В. В. Михайлова, 2005; А. В. Березина, 2006; S. I. Arriola Apelo, et al., 2014; J. D. Kaufman, et al., 2017, 2018. На основании исследований передовых ученых сформулирован постулат: для повышения эффективности использования азота корма высокопродуктивными коровами не следует допускать чрезмерно высокой концентрации СБ, особенно в сочетании с избытком распадаемого в рубце белка (РРБ). При этом требуется учитывать сложное сочетание факторов, влияющих на использование азота: минимально достаточное количество РРБ как исходного субстрата для биосинтеза микробного белка (азот); оптимальное количество НРБ (NRC, 2001). Установлено (D. B. Carlson, et al., 2006): недостаточность РРБ сопровождается понижением концентрации $\text{NH}_3\text{-N}$ в рубце, что снижает потребление животными сухого вещества и биосинтез микробного СБ. Избыточные дозы РРБ, как было доказано V. H. Varel et al., 1999, быстро распадаются до $\text{NH}_3\text{-N}$, который поступает в кровь, преобразуется в мочевины в печени и в основном выводится с мочой. Согласно результатам исследований T. F. Gressley, et al., 2007, величина РРБ от СБ, предлагаемая NRC (2001), может быть избыточной для молочных коров, а главным источником АК (30 %–45 % от общего потока АК в 12-перстной кишке) является именно не распадаемый в рубце белок корма. Найденное авторами соотношение может различаться за счет различных количеств эндогенного белка, как показано современными работами (R. A. Patton, et al., 2015). Общими критериями для оценки содержания НРБ в корме принято считать следующие: содержание серусодержащих АК в кормовом белке; физическая структура (фолдинг) белка; количество белка и аминокислот, которые были использованы на образование углеводов.

Белки с большим количеством поперечных дисульфидных связей более устойчивы к микробной деградации и, как правило, имеют тенденцию к более ком-

пактной физической структуре. Белки с большим количеством остатков лизина и аргинина более восприимчивы к деградации; они в сравнении с названными выше АК подвергаются атаке ферментами микрофлоры рубца более активно. Белки с третичной и выше структурой молекулы, более стабильны при действии микробных ферментов (NRC, 2001). Эти факторы отражаются в оценках деградируемости СБ в рубце, используемых различными моделями питания (С. Lee, et al., 2012, 2015). При нагревании белка происходят следующие физические процессы:

- компактирование белковых молекул, затрудняющее проникновение микробов и их ферментов;
- повышение связи АК с клетчаткой корма, что увеличивает количество НРБ и снижет общую переваримость белка;
- формирование продуктов Maillard, которые не перевариваются.

Другой фактор, который определяет деградацию (Patton, et al., 2015) – это физическая форма белка. Белки с меньшим размером частиц более разлагаемые, чем более крупные частицы в пределах одного и того же источника белка. Если частица не ферментируется легко, она может выходить из рубца быстрее, снижая общую распадаемость белка в рубце.

Исследования (NRC 2001; D. Pacheco, et al., 2012) показывают, что есть небольшая разница в содержании незаменимых аминокислот между общим белком и НРБ. Однако, некоторые данные указывают на то, что есть значительные различия по составу АК между общим белком и белком, который избегает деградации. Это было установлено работами Н. В. Курилова, 1969; С. А. Потехина, 2002; S. E. Boucher, et al., 2009; Jeffrey D. Kaufman, 2017. Большая часть этой разницы, как представляется, в аргинине, лизине и ЗАК. Однако, по мнению А. С. Попова, 1984; S. E. Boucher, et al., 2009; Н. Bahrami-yekdangi, et al., 2014 для кормов, отличающихся высокой устойчивостью к деградации, например, мука животного белка, есть существенные различия по составу АК между фракциями.

Как считают Д. Л. Сварич, 2007; Н. В. Курилов, 1987; Н. Киреенко, 2006; R. A. Patton, et al., 2015, не имеется больших различий в распределении АК между

общим белком и фракцией НРБ, за исключением белков рыбной муки или таких продуктов, которые были повреждены под воздействием высокой температуры или силосов, а также тех, которые были подвергнуты аэрации и вторичной ферментации.

Оптимальная концентрация скармливаемого НРБ (5,5 % СВ) была выбрана на основе предыдущих исследований, в которых снижение СБ и НРБ до 16,4 % и 5,5 % СВ, соответственно, увеличивали потребление сухого вещества и не имели отрицательного воздействия на молочную продуктивность коров. Эти данные отражены в публикациях А. В. Турчинского, 1986; В. Г. Рядчикова, 2003; В. В. Михайлова, 2005; Е. Л. Харитонов, 2008; NRC, 2001.

Снижение РРБ в рационах (S. Davidson et al., 2003) могло бы поддерживать надой и улучшить использование азота у молочных коров без ухудшения качества пищеварения в рубце. Цели белкового питания жвачных, как считают Н. В. Стащенко, 1994; Н. В., Курилов 1986; В. В. Михайлов, 2005; Н. Rulquin, et al., 2006, состоят в обеспечении достаточным количеством РРБ для оптимальной рубцовой ферментативной эффективности микробов, чтобы получить желаемую продуктивность животных при минимальном количестве кормового СБ. Также отмечено, что для повышения эффективности использования азота на ранней лактации молочных коров достаточно 9,3 % РРБ в рационе. Это обеспечивает биосинтез нужного количества микробного белка, чтобы оптимизировать надой молока при снижении экскреции азота с мочой, при условии, что количество и соотношение лизина и метионина сбалансировано с достаточным количеством НРБ корма.

Н. Rulquin, et al. (1993) предположил, что уменьшение РРБ в рационах могло бы поддерживать надой и улучшить использование азота у молочных коров без снижения интенсивности пищеварения в рубце. Предсказанный микробный запас в рубце не уменьшался при снижении уровня РРБ с 10,9 до 9,3 % СВ. Эти данные согласуются с результатами других исследований, в которых не отмечено изменения в продуктивности, когда в рубце СБ варьировался с 16,7 % до 18,4 %, с 16,4 % до 20,4 %, с 16,4 % до 18,0 %, и с 14,6 % до 18,3 %.

Недостаточный РРБ (7,4 % СВ) может привести к снижению концентрации $\text{NH}_3\text{-N}$ в рубце, и снижению ПСВ (Т. F. Gressley, L. E. Armentano, 2007) из-за недостаточного количества $\text{NH}_3\text{-N}$, необходимого для микробной ферментации. Однако, в опытах Н. Rulquin, et al., (1993) установлено, что рационы с 9,3 % РРБ оказались достаточными для образования N , необходимого для микробов рубца, и уровень РРБ не влиял на ПСВ у молочных коров в ранней лактации. Т. F. Gressley, L. E. Armentano, 2007 не отмечали изменений ПСВ на рационе с 7,4 % РРБ по сравнению с рационом с 10,4 % РРБ у лактирующих коров. Однако переваримость сухого вещества (ПСВ) у коров, которых кормили кормом с низким РРБ (7,6% СВ), была значительно ниже, чем у коров, получавших рационы с более высоким уровнем РРБ (8,8 %, 10,1% и 11,3 % СВ), но не наблюдалось никаких различий в ПСВ у коров, получавших более высокие уровни РРБ. Эти сведения отражены в статьях А. В. Турчинского, 1986; Н. Киреенко, 2006; В. П. Галочкина, 2006; К. F. Kalscheur, et al., 2006.

Фекальный азот, как было уточнено П. И. Викторовым, 1993; F. J. Mulligan, et al., 2004, состоит в основном из непереваримых остатков микробного белка, продуцируемого в рубце и толстом кишечнике, а также эндогенных белков, остатков отшелушившихся клеток желудочно-кишечного тракта и непереваренных белков корма. По оценкам NRC (2001), 85 % РРБ может быть преобразовано в микробный СБ, когда РРБ является ограничивающим фактором для микробного роста. Метаболизируемый (обменный) микробный СБ составляет 64 %, который используется для лактации и роста на уровне эффективности в 67 %. Н. Rulquin, et al. (1993) предполагают, что есть линейная реакция на недостаток РРБ при более низком его уровне в рационе, чем предсказано моделью NRC (2001).

Максимизация синтеза микробного белка в качестве относительно недорогого источника легкопереваримого белка в тонком кишечнике желательна, однако эффективность его биосинтеза у животных снижается по мере увеличения РРБ, что вызывает значимые потери азота, выделяемого с калом и мочой. А. N. Hristov, et al., (2004), G. A. Broderick, et al., (2009) наблюдали более высокие показатели

выделения азота с мочой. Значение возрастает линейно по мере увеличения РРБ в рационе молочных коров. Суммарная усвояемость в пищеварительном тракте органического вещества (ОВ), нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), кислотно-детергентной клетчатки (КДК) связана с рубцовым $\text{NH}_3\text{-N}$ и концентрацией кормового СБ (M. S. Allen, 2000). Недостаток РРБ может привести к недостатку $\text{NH}_3\text{-N}$ в рубце, что, в свою очередь, уменьшало бы микробный рост и усвоение клетчатки (L. D. Satter и R. E. Roffler, 1975; Н. В. Курилов, 1989; M. Bahrami-yekdangi, et al., 2016). Тем не менее, концентрации $\text{NH}_3\text{-N}$ в рубце были выше минимальных концентраций, которые требуются (≥ 5 мг/дЛ) для оптимального микробного роста в рубце (G. A. Broderick, 2003). Концентрация $\text{NH}_3\text{-N}$ составляла в среднем 8,90 и 8,05 мг/дЛ в рубце в этом испытании, когда рационы содержали соответственно 16,4 % и 14,8 % СБ.

Снижение СБ в рационе (с 16,4 % до 14,8 % СБ) и РРБ (с 10,9 % до 9,3 % СБ) при постоянной концентрации НРБ (5,5 % СБ) в рационах высокопродуктивных молочных коров, при соотношении пострубцового доступного лизина и метионина примерно 3:1, по мнению H. Rulquin, et al., 1993, 2013, не оказывает вредного влияния на молочную продуктивность или состав молока. Снижение пищевого СБ и РРБ в рационах молочных коров повышало эффективность использования N и снижало количество потерь азота с мочой. Кроме того, снижалась концентрация азота мочевины молока с 16,5 до 14,9 мг/сут, по мере того как РРБ уменьшался в рационе молочных коров при оптимальном уровне НРБ, лизина и метионина. Таким образом, для повышения эффективности использования N рано лактирующими молочными коровами, 9,3 % РРБ в рационах обеспечивает достаточное количество белка, чтобы оптимизировать продуктивность при минимальной экскреции азота. Количество белка, распадаемого в рубце, как показано работами А. В. Турчинского, 1986; С. А. Потехина, 2002; Д. А. Сварича, 2003, увеличивается с увеличением содержания СБ в рационе.

C. G. Schwab, et al., 2010 считают, что перекармливание лактирующих коров СБ снижает потребность в АК, но и также снижает и рентабельность производст-

ва молока из-за относительно высокой стоимости белковых добавок и низкой эффективности использования N молочными коровами.

Основная функция СБ рациона, согласно выводам J. J. Olmos Colmenero, G. A. Broderick, 2006; C. G. Schwab, et al., 2009, состоит в том, чтобы обеспечить снабжение молочных коров абсорбированными АК, для поддержания жизни и производства продукции. Следовательно, рационы молочных коров должны быть идеально сбалансированы скорее по АК, чем по белку. Целью белкового питания должна быть оптимизация эффективности использования N, что означает сведение к минимуму потребление общего N, удовлетворяя при этом потребность в синтезе молочного белка, и, тем самым, снижая затраты на корм и экскрецию N в окружающую среду. Поскольку потребности не были точно установлены по всем АК, то лучшей альтернативой является балансирование ОБ, по крайней мере, по 2-м лимитирующим аминокислотам – лизину и метионину. Чтобы обеспечить потребности в ОБ без избыточного N, М. Д. Аитова, 1987; М. Д. Аитова, 1989; Н. Rulquin, et al., 1993 считают, что рационы должны быть сбалансированы по НРБ и РРБ при оптимальном их соотношении.

С. G. Schwab, et al., 1995 and G. A. Broderick, 2009 доказано: если белковая часть рациона хорошо сбалансирована по обменным аминокислотам, то эффективность превращения кормового белка в молочный будет выше 30 %, но если кормовой СБ не сбалансирован, она уменьшится до 23 %, и большая часть потребленного белка превратится в мочевины. У высокопродуктивных коров, согласно мнению С. G. Schwab, et al., 1992, микробный сырой белок (МСБ) обеспечивает меньшую часть необходимого белка, и поэтому значительные количества кормового белка должны, таким образом, избежать разложения в рубце, чтобы удовлетворить потребности в белке. Также отмечено, что перекармливание НРБ из-за несбалансированного профиля АК снижает эффективность использования ОБ для синтеза молочного белка. Н. Н. Березовская, 1970; Б. В. Тараканов, 2003; Б. Д. Кальницкий, 2005 выражают современное мнение ученых: питательная ценность ОБ для молочных коров определяется составом его НАК.

Действительно, С. G. Schwab, et al., 1995, Н. Rulquin, Р. М. Pisulewski, 2006 указывают, что понижение НРБ при разумном обеспечении лизином и метионином и постоянном уровне РРБ, оптимальном количестве сбраживаемых углеводов, должно обеспечить сбалансированный профиль АК и повысить эффективность ОБ. Экскреция N с мочой линейно уменьшается при более низком уровне СБ и РРБ, причем самый высокий отмечался при 18 %, а самый низкий – при 15,6 % СБ ($P < 0,05$).

1.4 Методы и результаты определения потребности лактирующих коров в обменных незаменимых аминокислотах

Современные рекомендации по аминокислотному питанию высокопродуктивных коров (F. Giallongo, 2016) предлагают строгое нормирование рационов по лизину и метионину, как наиболее критическим по их влиянию на метаболизм. Существуют также указания относительно гистидина – необходим контроль его содержания в случае использования рациона с травяным силосом, зерном ячменя и овса (F. Giallongo, 2016) или при использовании в качестве белковой добавки перьевой муки (P. Stahel, 2013). Высказано частное мнение (M. N. Haque, 2013), что для коров на ряде рационов могут выступать лимитирующими изолейцин и валин.

На основании данных экспериментов по оценке характера влияния пострубцовой инфузии разных доз препаратов лизина и метионина лактирующим коровам на поддержание, величину молочной продуктивности и содержание белка молока (dose-response method – ответная реакция на дозу АК по модели NRC-2001), была рассчитана оптимальная потребность в лизине и метионине, выраженная в % от обменного белка (ОБ): 7,2 (лизин) и 2,4 % (метионин) (NRC, 2001).

Ученые ВНИИФиБ из России (Е. Л. Харитонов, 2011) определили потребность организма коровы в АК на получение 1 кг молока с содержанием 3,4 % белка: обменный лизин – 3,4 г., метионин – 0,93 г, или в пересчете в % ОБ: потребность в ОЛ = 6,58, в ОМ = 1,83 %.

Дальнейшие работы имели результатом уточнение (перерасчет) потребности в обменных лизине и метионине по NRC-2001; кроме того, соответствующие потребности были рассчитаны по другим моделям (таблица 2).

На основе мета-анализа большого количества опубликованных в научной литературе данных исследований по балансированию аминокислотного состава ингредиентов рационов (I. J. Lean, 2018) установлена потребность в абсолютном количестве лизина – 157 г/день, или 6,36 % от ОБ.

Таблица 2 – Потребность в лизине и метионине в % ОБ по моделям NRC, CPM и AMTS (C. G. Schwab, 2009)

Действие на белок молока	NRC			CPM			AMTS		
	Л	М	Л/М	Л	М	Л/М	Л	М	Л/М
Содержание белка, %	6,80	2,29	2,92	7,46	2,57	2,90	6,68	2,40	2,78
Выход белка, г/сут	7,10	2,52	2,82	7,51	2,50	3,00	6,74	2,31	2,92

Потребности в лизине и метионине, рассчитанные на базе сведений из большого количества научных публикаций (L. D. Doerfel, 2004), по сегментно-линейной и логистической моделям оказались на уровне 7,2 и 2,5 % ОБ (Л:М соответственно), т.е. близкими к классическим данным по NRC-2001. В то же время считаем необходимым отметить, что потребность в лизине и метионине, рассчитанная по разным моделям, значительно различается (до 24 % по лизину, до 12 % по метионину). Общее мнение относительно оптимального соотношения Лизин:Метионин – 3:1-2,8:1 соответственно. Выражение потребности в аминокислотах в процентах от обменного белка отражает качественный состав исключительно обменного белка, и не позволяет оценить состав, содержание и соотношение незаменимых аминокислот в рационе. Такая привязка потребности в НАК к ОБ не позволяет обеспечивать эту потребность одним лишь количеством белка в корме. В частности, при норме наличия лизина 7,2 % и метионина 2,5 % в ОБ, количество которого в СБ гипотетического рациона составляет 65 %, при условии концентрации 17 % СБ в рационе (170 г/кг СБ), можно

выразить расчетами количество ОБ = $170 \times 0,65 = 111$ г/кг СВ, Л = $7,2 \times 1,11 = 7,99$ г., М = $2,5 \times 1,11 = 2,78$ г в 1 кг СВ. При снижении содержания СВ в корме до 15 % (150 г/кг СВ) количество ОБ составит $150 \times 65/100 = 97,5$ г, Л – $7,2 \times 0,98 = 7,08$ г., метионина – $2,5 \times 0,98 = 2,45$ г, т.е. проявляется значимое различие от нормы снабжения коров лизином и метионином. При ориентации на одни и те же нормы потребности, привязанные к ОБ, это снабжение окажется существенно ниже, поэтому надои будут снижаться, что негативно отражается на производственных показателях. Напротив, повышенный уровень белка в рационе сопровождается избыточным количеством НАК, что также физиологически необоснованно и экономически невыгодно. Следовательно (D. Vyas, 2009; С. Н. Wang, 2007 и Р. Н. Robinson, 2010; Н. Nursoy, 2017), цель снижения затрат белка без ущерба для продуктивности требует установить нормы потребности, выраженные количеством аминокислот на определенную продукцию молока, а это вполне достижимо при использовании синтетических аминокислот.

Существует обоснованное сомнение (N. Whitehouse, 2010), что установленные с помощью непрямых методов нормы аминокислот будут достаточно надежными в практических условиях молочного животноводства. Требуется использование другого подхода, а именно – факториального метода и математических моделей, позволяющего определять потребность в аминокислотах при варьировании условий кормления, индивидуальных особенностей животных и факторов окружающей среды.

Определение потребности в АК факториальным методом требует предусмотреть их расход на основной обмен – поддержание, а также на образование белков молока (лактация), прирост живой массы, рост и развитие плода (беременность).

При расчете потребности в ОБ и АК факториальным методом необходимы следующие сведения: величина потребности в чистом белке на поддержание, рост, беременность и лактацию; аминокислотный состав продуктов (молоко, тело, плод и др.); эффективность использования (конверсии) обменных белка и аминокислот на поддержание и образование белков продукции - молока, тканей, плода) (таблица 3).

Для корректного определения потребности в ОА требуется четкое представление о степени эффективности их конвертирования в чистые аминокислоты белка

продукции и поддержания. NRC, 2001 определены и предлагаются для использования в практике постоянные коэффициенты конверсии обменного белка: на поддержание – 0,67, на плод – 0,33, на продукцию молока – 0,67.

Таблица 3 – Аминокислотный состав белков

АК	Мускулы и внутренние органы	Рубцовый изолят*	Кишечный изолят*	Кожа, волосы, конечности, голова*	Молоко**	Микробный белок**
Аргинин	5,8	6,2	4,0	7,6	3,6	5,5
Гистидин	3,9	3,4	2,0	1,4	2,8	2,2
Изолейцин	4,9	4,7	4,0	2,1	5,6	6,3
Лейцин	8,3	9,0	6,6	5,5	9,7	7,7
Лизин	8,1	7,7	5,4	4,7	7,8	8,1
Метионин	2,4	1,6	1,9	1,0	2,7	2,5
Фенилаланин	4,5	5,0	7,1	3,0	4,7	5,1
Треонин	4,8	6,0	7,9	3,3	4,0	5,4
Триптофан	1,3	1,8	1,7	0,6	1,5	1,1
Валин	6,1	6,2	6,0	3,1	6,2	6,6
Аланин	5,6	6,0	5,6			6,2
Аспар. кислоты	8,1	3,0	9,8			11,5
Цистин	1,6	2,6	2,3			1,1
Глут. кислоты	12,6	15,0	11,4			13,4
Глицин	5,1	5,6	8,1			5,7
Пролин	5,3	6,0	5,6			4,3
Серин	3,8	5,6	6,3			3,9
Тирозин	3,4	4,7	3,9			4,6

*г/100г Σ аминокислот; **г/100г белка

(Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS, 2000) также предлагает использование фиксированных коэффициентов конверсии по затратам обменных аминокислот на поддержание, беременность и биосинтез белка молока в ходе лактации (таблица 4). Последующие работы позволили внести допустимые поправки на коэффициенты лактации CNCPS, составившие, в частности, для метионина ± 10 %, для лизина ± 16 % (М. Е. VanAmburgh, 2009). При этом авторы отмечают, что строго

фиксированные коэффициенты при использовании различных по составу рационов не могут считаться обоснованными в полной мере.

Таблица 4 – Коэффициенты использования обменных аминокислот на физиологические функции (CNCPS, 2000)

Аминокислоты	Коэффициент обеспечения функций		
	Поддержание	Беременность	Лактация
Метионин	0,85	0,35	1,00
Лизин	0,85	0,53	0,82
Гистидин	0,85	0,32	0,96
Фенилаланин	0,85	0,48	0,98
Триптофан	0,85	0,85	0,85
Треонин	0,85	0,57	0,78
Лейцин	0,66	0,42	0,72
Изолейцин	0,66	0,32	0,66
Валин	0,66	0,32	0,62
Аргинин	0,85	0,38	0,35

Так, коэффициент трансформации обменного метионина, равный единице (использование на уровне 100 %), вызывает сомнение. Поскольку он установлен по разнице артериовенозной концентрации метионина в молочной железе, то применение этого коэффициента для оценки судьбы всего поступившего метионина, вероятно, неправомерно. Сомнительно, что он весь затрачен только на синтез молока, ничего не оставляя на основной обмен (поддержание) ткани вымени. Опыты в производственных условиях на голштинских коровах позволили определить коэффициент конверсии обменного метионина в чистый метионин белка молока на уровне 0,82 (В. Г. Рядчиков, 2013, 2016 и 2019).

Рационы с разным соотношением объемистых и концентрированных кормов (по СВ, %) 60:40 и 40:60 соответственно позволяют получить коэффициенты конверсии метионина в белок молока 0,74 и 0,60 (С. Р. Qin, 2009).

У жвачных, в т. ч. коров, как и у моногастричных животных, эффективность использования белка существенно изменяется в зависимости от его содержания в рационах: она снижается при повышении и повышается при снижении уровня белка в рационах (J. J. Olmos Colmenero, G. A. Broderick 2006) и, кроме того, зависит от

сбалансированности белка по лимитирующим АК (M. N. Haque, 2012; F. Giallongo, 2016, F. Giallongo, 2017) и обеспеченности обменной энергией (L. D. Doepel, 2004, C. Lee, 2015).

Результаты определения уровня биосинтеза молока в ответ на дуоденальную инфузию казеина в возрастающих количествах – 200, 400 и 600 г доказали, что эффективность конвертирования исходных компонентов в белок молока снижалась в последовательности $41,5 > 22,6 > 15,4$ %. Это противоречит данным по эффективности конверсии, полученным моделями NRC, 2001, CNCPS, 2000, и CSIRO, 2007. Поэтому использование фиксированных коэффициентов на всех вариантах кормления молочного скота не имеет достаточных оснований. Это было убедительно доказано исследованиями, показавшими существенное изменение коэффициентов трансформации обменных аминокислот в зависимости от обеспеченности рационов коров незаменимыми аминокислотами (таблица 5). Этот подход представляется наиболее правильным при разработке норм аминокислот. В таблице 5 приведены некоторые сведения по закономерностям использования аминокислот.

Таблица 5 – Коэффициенты использования НАК на производство белка молока в зависимости от общего снабжения АК (L. D. Doepel, 2004)

Аминокислоты	Уровень снабжения аминокислотами в % от оптимального обеспечения			
	50 %	75 %	100 %	125 %
Аргинин	0,71	0,57	0,49	0,44
Гистидин	1,09	0,88	0,76	0,68
Изолейцин	0,86	0,72	0,65	0,58
Лейцин	0,83	0,70	0,61	0,55
Лизин	0,90	0,76	0,68	0,60
Метионин	0,89	0,75	0,66	0,59
Фенилаланин	0,75	0,61	0,53	0,48
Треонин	0,82	0,67	0,60	0,55
Валин	0,86	0,71	0,62	0,56

Учитывая весьма существенные различия в нормативных данных потребности в аминокислотах, отсутствии четкого количественного нормирования НАК на ожидаемую и планируемую продуктивность коров, мы выявили необходимость разра-

ботки модели определения потребности высокопродуктивных коров в обменных белке и незаменимых аминокислотах (на примере наиболее лимитирующих аминокислот – лизина и метионина) факториальным методом

Выводы по литературному обзору.

На основании анализа публикаций отечественных и зарубежных ученых по вопросам аминокислотного питания коров можно сделать следующие выводы :

- доказано, что наиболее лимитирующими аминокислотами в рационах коров являются лизин и метионин;
- в специфических рационах, содержащих травяной силос, овсяную и ячменную дерть, гидролизованную перьевую муку и некоторые другие лимитирующей аминокислотой может оказаться также гистидин;
- данные о характере проявления недостатка остальных незаменимых аминокислот ограничены и нуждаются в специальном исследовании.

Имеются ограниченные и разрозненные данные о потребности коров в некоторых АК (NRC, 2001; ВНИИФБиП, CNCPS, 2000), при этом потребность в обменном лизине и обменном метионине выражена в процентах от обменного белка;

- привязка норм аминокислот к обменному белку неудобна для практического использования в молочном животноводстве, особенно учитывая то, что нормы лизина, полученные разными авторами, существенно различаются;

- необходима разработка универсальных норм, выраженных абсолютным количеством АК в граммах на ожидаемую и планируемую продукцию молока.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в учебно-производственном центре по молочному животноводству учхоза «Краснодарское» Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и на кафедре физиологии и кормления сельскохозяйственных животных Кубанского ГАУ в период с сентября 2017 по январь 2018 года.

Экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на период 2016–2020 г (тема 8: «Разработка новых методов и способов производства высококачественной продукции животноводства в Краснодарском крае на основе современных ресурсосберегающих адаптированных систем и технологий»; регистрационный номер АААА-А16-116022410037-1). Исследования по данной работе были выполнены в рамках раздела 8.1 темы 8: «Разработать методы оптимизации кормления, обеспечивающие нормализацию физиологических функций, повышение продуктивности, здоровья и воспроизводства сельскохозяйственных животных с высоким генетическим потенциалом». В числе главных ожидаемых научных результатов – определение потребности высокопродуктивных коров в незаменимых аминокислотах.

2.1 Факториальный метод определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах

Для разработки модели определения потребности коров в незаменимых аминокислотах мы применили следующие подходы:

- определении потребности в аминокислотах на: а) основной обмен (поддержание); б) биосинтез белков продукции (молоко, прирост живой массы, рост);
- расчет потребности в чистых и обменных белке и аминокислотах на основе знания аминокислотного состава белков молока, тела, ткани, органов и др;
- потребность в чистых и обменных белке и незаменимых аминокислотах на поддержание, рост, беременность и лактацию;
- аминокислотный состав продуктов (молоко, тело, плод др.);
- эффективность использования (конверсии) обменных белка и незаменимых аминокислот;
- разработка математических уравнений, определяющих количественную потребность лактирующих коров в обменных аминокислотах на продукцию молока (nm) и поддержание (nd);
- использование коэффициента перевода аминокислот дуоденального химуса в обменные (усвоенные) аминокислоты 0,8 по NRC-2001, коэффициентов трансформация обменных аминокислот в чистые их аналоги на поддержание по CNCPS (Корнельского университета, США), коэффициентов трансформации обменных аминокислот в чистые их аналоги в белках молока по Doerfel et al, 2004, а так же уравнений Swanson 1977-1982г. для определения эндогенных потерь белка и аминокислот, и других литературных источников.

В качестве модельного животного взята корова Голштинской породы, живая масса 600 кг, среднее суточный надой натурального молока на 12-ой неделе лактации после отела 35 кг, содержание жира в молоке 3,6 %, содержание СБ 3,3 %, чистого белка 3,15 %.

Одной из непростых задач, стоящих перед нами, был выбор из собственных и литературных данных коэффициентов трансформации обменных незаменимых аминокислот в чистые их аналоги в белке молока. По данным CNCPS, коэффициент трансформации метионина равен 1; Рядчикова; Шляховой – 0,82, Doerfel – 0,66; коэффициент трансформации лизина по CNCPS = 0,85; Рядчиков и Шляховой 2004, – 0,82, Doerfel – 0,68.

Мы пришли к выводу, что с теоретической точки зрения наиболее достоверными являются коэффициенты трансформации: лизина 0,68, метионина 0,66, по Doerfel et al 2004, поскольку эти коэффициенты ближе всего совпадают с общепризнанным коэффициентом трансформации обменного белка в чистый белок молока, равным 0,67.

2.2 Определение эффективности использования азота и аминокислот, обеспеченности рационов обменным белком и незаменимыми аминокислотами в зависимости от уровня белка и его рубцовой распадаемости в рационах лактирующих коров

Для оценки обеспеченности потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах в зависимости от уровня и распадаемости белка в опытных рационах проведены опыты в учебно-производственном центре по молочному животноводству учхоза «Краснодарское» Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина в период с сентября 2017 по январь 2019 года.

2.2.1 Животные, рационы и условия проведения опыта

Характеристика рационов (таблица 6): 1-ый рацион: 15,7 % СБ, НРБ:РРБ в процентах СВ= 7,6:8,2, в процентах СБ – 48,3:51,7 (можно принять округленно 50:50); 2-ой рацион: также 15,7 % СБ, НРБ:РРБ = 5,4:10,3 % СВ и 34,5:65,5 % СБ (35:65); 3-й рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ=9,0:8,7 % СВ и 51,1:48,9 % СБ (50:50); 4-ый рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ=6,3:11,4 % СВ и 35,5:64,5 % СБ (35:65).

Различие по распадаемости белка достигалось за счет включения в 1 и 3 рационы соевого жмыха «Белкофф», подвергнутого специальной обработке, с содержанием 68,6 % НРБ (производство завода «Кубаньагропрод», станица Тбилисская Краснодарского края), или соевого шрота в рационы 2 и 4 с низким (29,9 %) содержанием НРБ, производство «Группа компаний «Содружество» (Калинин-

градская область, г. Светлый). Рационы были выравнены по содержанию ОЭ в 1 кг СВ. В таблице 6 представлены сведения по составу опытных рационов коров.

Таблица 6 – Состав опытных рационов, % СВ

Компоненты	Рационы			
	1	2	3	4
Солома пшеничная	3,90	3,90	3,90	3,90
Силос кукурузный	27,90	27,10	24,40	25,30
Сенаж люцерновый	20,50	20,50	19,70	20,70
Кукуруза	16,76	17,67	16,42	16,51
Ячмень	7,81	8,81	6,40	5,90
Рапсовый жмых	7,70	7,60	10,20	10,10
Соевый жмых	12,20	-	15,70	-
Соевый шрот	-	10,80	-	13,90
Мегалак1	1,00	1,46	1,00	1,46
Премикс2	1,00	1,00	1,00	1,00
Соль	0,20	0,20	0,20	0,20
Сода пищевая	0,60	0,60	0,60	0,60
Руменезин	0,024	0,024	0,024	0,024
Биоспринт3	0,024	0,024	0,024	0,030
Био Токс	0,20	0,20	0,20	0,20
Ниацин	0,05	0,05	0,05	0,05
MgO	0,14	0,14	0,14	0,14
Смартамин4	0,05	0,05	0,05	0,05
содержится в 1кг/св				
ОЭ,МДж	11,05	11,11	11,26	11,24
СБ,г	157,54	157,73	177,13	176,41
НРБ, г	76,11	54,4	90,57	62,64
РРБ, г	81,38	103,26	86,67	113,83
НРБ, % СВ	7,61	5,44	9,06	6,26
РРБ,% СВ	8,18	10,3	8,67	11,4
НРБ,% СБ	48,3	34,5	51,1	35,5
РРБ,% СБ	51,7	65,5	48,9	64,5
НДК, г	340,44	340,49	333,31	337,6
фэНДК, г	255,1	282,57	236,02	244,74
КДК, г	201,62	218,81	201,34	204,64
НСУ	379,5	382,55	367,49	370,5
Са, г общий	7,67	8,08	7,92	7,33
- - доступный	4,13	4,017	4,13	3,84
Р, г общий	4,17	4,37	4,48	4,37
- - доступный	2,32	2,714	2,77	2,86
Mg, г	5,14	4,75	4,52	4,63
К, г	12,48	15,36	12,8	12,92
S, г	1,64	1,136	1,05	1,05
Na, г	2,87	2,825	2,86	2,78

Продолжение таблицы 6

Компоненты	Рационы			
	1	2	3	4
СІ, г	2,18	2,742	2,48	2,5
СЗ, г	67,37	71,92	69,25	67,53
СЖ, г	48,04	47,94	52,82	47,95

1. Защищенный жир 70 %.
2. Содержится в 1 кг премикса: Вит. А МЕ 1,8млн; Вит. Д₃ МЕ 0,36млн; Вит. Е 10 г; Вит Н 0,1 г; Cu 3 г; Zn 8 г; Mn 3,5 г; Co 0,05 г; I 0,3 г; Se 0,05 г; Mg 175 г; P 21,7 г; Na 40 г; Ca 102,1 г; антиоксидант 2,5 г; отруби 130 г; известняк 242 г.
3. Сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. 4. Защищенный метионин, акт. 70 %. 5. КАБ- катионно-анионный баланс.

Эксперимент проводили на четырех голштинских коровах-первотелках, близких по возрасту и массе тела. Животные в период 12±5 дней после отела были хирургически обустроены дуоденальными канюлями (Bar Diamond, Inc США). После 30-дневного восстановительного периода началось проведение эксперимента, который состоял из 4 периодов по 22 дня каждый, при этом адаптационный период при переводе на новый рацион составлял 12 дней, учетный – 10 дней (учет молока, кормов - 10 дней, отбор проб дуоденального химуса – 3 дня, круглосуточный сбор мочи и кала – 4 дня).

В начале адаптационного, в начале и конце учетного периодов коров взвешивали дважды. Распадаемость белка кормов определили на приборе «Искусственный рубец» (Ankom Daisy II фирмы Ankom США) (таблица 6).

На начало опыта коровы находились на 45±8 дней лактации после отела.

В течение опытных периодов осуществляли клиническое обследование коров, которое включало осмотр и определение температуры тела (ректально), оценку потребления корма, контроль молочной продуктивности (путем индивидуального учета надоя при двукратном доении в 07 часов утром и 19 часов вечером). Опыт проводился по схеме латинского квадрата (4x4) R. O. Kuehl, 2000 (таблица 7).

Таблица 7 – Схема проведения опыта

№ коровы	15560	15586	15618	15638
№ № рационов				
1 период:	1	2	3	4
2 период:	4	1	2	3
3 период:	3	4	1	2
4 период:	2	3	4	1

Скармливаемые рационы представляли собой полнорационные кормосмеси (ПРК), составленные в соответствии с нормами, разработанными по факториальному методу NRC-2001; В. Г. Рядчиков, 2015. Коров содержали в индивидуальных стойлах с резиновым покрытием пола, оборудованных индивидуальными кормушками и автопоилками, на привязи. Корм раздавали дважды в день: в 8.00 ч и 16.00 ч. Ежедневно коров выпускали в прогулочный дворик на два часа.

Задаваемую животным кормосмесь и ее остатки ежедневно взвешивали, на основании этого точно учитывали потребление корма. Образцы каждого корма рациона, ПРК и остатки собирали в течение последних 10 дней каждого опытного периода и высушивали при $t = 60^{\circ} \text{C}$ в течение 72 часов, затем размалывали на мельнице до размера 2 мм.

В случае, если образцы не успевали высушивать, их замораживали при $t = -20^{\circ} \text{C}$ для последующего анализа. Затем из собранных образцов за каждый день составляли на равной весовой основе один образец ПРК, и один образец остатков от каждой коровы.

Образцы отдельных кормов, ПРК, остатков и дуодельного химуса анализировали на содержание сухого вещества, органического вещества, азота (по Кьельдалю) – паровой дистиллятор UDK 139, НДК и КДК, в зерне – с α -амилазой, стабильной к теплу, в объемистых кормах - на приборах Fiwe 3 США по P. J. Van Soeste, 1982. Крахмал определяли в каждом отдельном корме, в ПРК и остатках (P. J. Van Soeste, 1982).

Аминокислоты в кормах и химусе из двенадцатиперстной кишки определяли после гидролиза в 6 Н HCL на аминокислотном анализаторе AAA-400 (Чехия).

Метионин и цистеин определяли после окисления навески корма и химуса надмуравьиной кислотой на том же анализаторе.

Макро- и микроэлементы в кормах определяли в аналитической лаборатории ЗАО «Премикс», город Тимашевск (Краснодарского края).

Перед проведением анализа замороженные образцы кала оттаивали в течение ночи при комнатной температуре, исследовали на содержание сухого и органического вещества путем высушивания при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 48 часов.

Для определения количества выделенного дуоденального химуса использовали в качестве инертного метчика Cr_2O_3 , который вводили коровам в корм в количестве 0,2 % СВ. Хром включали в корм за 4 дня до начала отбора проб дуоденального химуса. Расчет количества СВ химуса проводили по формуле (Ouellet, et al. 2012):

$$\text{СВ}_{\text{дх}} = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 (\text{корм}) \times \text{ПСВ}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 (\text{дуод. химус})} \quad (1),$$

где,

$\text{СВ}_{\text{дх}}$ – количество сухого дуоденального химуса, кг/д;

$\text{Cr}_2\text{O}_3 (\text{корм})$ – количество хрома в корме, г/кг СВ;

ПСВ – потребление сухого вещества, кг/д;

$\text{Cr}_2\text{O}_3 (\text{дуод. химус})$ – содержание окиси хрома в дуоденальном химусе, г/кг СВ.

Образцы химуса и кормов анализировали на содержание сухого и органического вещества, сырого жира (по Сокслету), сырого белка (по Кьельдалю), НДК и КДК (по Р. J. Van Soeste, 1982). Концентрацию хрома в химусе определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре (КФК-2 Ухл-4,2).

Состав кормов опытных рационов и информация по содержанию незаменимых аминокислот в них представлена в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Состав кормов опытных рационов, г/кг СВ

Питательные вещества	Солома пшеничная	Силос кукурузный	Сенаж люцерновый	Кукуруза зерно	Ячмень зерно	Рапсовый жмых	Соевый жмых (Белкофф)	Шрот соевый
ОВ, г	890	950	894	990	970	928	916	927
ОЭ, МДж	6,1	10,3	9,1	13,3	11,5	13,2	13,9	13,4
СБ, г	48	75,1	162,2	81,6	115	327	452	495
НРБ, г	36	19	32,2	38	34,5	207	310	148
РРБ, г	12	56,1	130	43,6	80,5	120	142	347
НДК, г	766	475	457,5	95	293	340	180	184
НСУ	70,0	375,0	222,7	773,0	549	146,0	207	230
КДК, г	494	279	310	34	72	200	142	163
Са,г	3,1	2,7	16,3	0,1	0,6	6,94	8,59	3,2
Р,г	1,2	3,02	3,85	3	3,5	9,65	6,69	6,5
СЗ, г	110	50,0	106	10	30	72,0	84	73
СЖ, г	6,5	25,6	33,6	40	13	116	77	18
Mg,г	0,96	1,88	3,2	1,08	1,16	3,72	2,33	2,83
К,г	13,02	11,3	24,7	3,35	3,59	11	18,8	18,6
S,г	0,68	1,07	1,7	0,71	0,33	1,67	1,05	0,9
Na,г	0,71	0,3	0,9	0,43	0,89	1,25	1,45	1,03
Cl, г	2,63	2,22	2,58	0,3	0,85	0,22	0,16	0,04
Вода, % НВ	8,7	71,1	69,8	10,5	11,4	7,2	10,4	11,5

Таблица 9 – Содержание незаменимых аминокислот в опытных рационах, г/кг СВ, г/100г СВ и г/д потребленного корма

АК	Рацион 1		Рацион 2		Рацион 3		Рацион 4	
	г/кг СВ	Всего в рационе, г/д	г/кг СВ	Всего в рационе, г/д	г/кг СВ	Всего в рационе, г/д	г/кг СВ	Всего в рационе, г/д
Лизин	7,85	167	7,74	171	9,04	200	9,13	197
Метионин	3,18	66	3,14	69	3,11	69	3,47	75
Гистидин	4,32	90	4,19	93	4,9	108	4,93	106
Аргинин	8,54	178	8,55	189	10,22	226	9,85	213
Фенилаланин	7,56	158	7,55	167	8,57	189	8,42	182
Треонин	6,74	141	6,74	149	7,6	168	7,56	163
Лейцин	13,72	287	13,76	304	16	354	15,31	331
Изолейцин	6,81	142	6,83	151	7,72	171	11,83	256
Валин	9,41	197	8,1	179	9,08	201	9,07	196
Триптоф	1,73	36	1,75	39	1,99	44	2,06	44
Сумма нак	69,86	1462	68,35	1511	78,23	1730	81,63	1763

Переваримость питательных веществ (СВ, ОВ, N, НДК, КДК, СЖ) и баланс N устанавливали по результатам проведения 4-дневного балансового опыта, в течение которого точно учитывалось количество съеденных животными кормов и выделенных кала и мочи от каждой коровы путем круглосуточного их сбора.

Отбор химуса из двенадцатиперстной кишки проводили согласно методики ВНИИФБиП. После удаления пробки из дуоденальной канюли накопленный химус в отростке канюли удаляли и перекрывали поток химуса в тощую кишку. Образцы дуоденального химуса отбирали каждые 3 часа в течение последних 3-х дней каждого опытного периода; объем каждой пробы составил 250 мл (таблица 10).

Таблица 10 – График отбора дуоденального химуса

1 день	7-00	10-00*	13-00	16-00*	19-00	22-00*	1-00	4-00*
2 день	8-00*	11-00	14-00*	17-00	20-00*	23-00	2-00*	5-00
3 день	9-00	12-00*	15-00	18-00*	21-00	24-00*	3-00	6-00*

Примечание: * дни взятие проб.

Время отбора – в начале каждого 3-х часового периода: каждый день 8 проб, за 3 дня – 24 пробы, которые были объединены в 1 пробу; таким образом, объем за один день составил:

$$250 \text{ мл} \times 8 = 2000 \text{ мл}; \text{ за 3 дня} - 6000 \text{ мл}.$$

На рисунке 3 представлены разные этапы опыта с отбором проб химуса из двенадцатиперстной кишки.

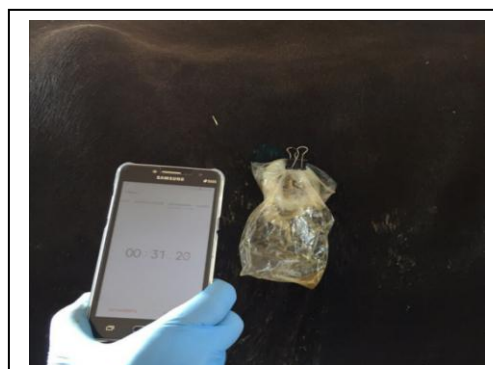


Рисунок 3 – Общий вид канюли; дуоденальный химус в полиэтиленовом мешочке

Каждую пробу химуса замораживали при температуре -20°C и все пробы за каждые сутки объединяли в одну. Химус, собранный за 3 дня от каждой коровы, объединяли в одну пробу; всего от 4 коров за каждый период было собрано 4 пробы, за 4 периода – 16 проб дуоденального химуса. Хранили объединенные за сутки пробы в 3-5 литровых емкостях при $t = -20^{\circ}\text{C}$ до времени проведения анализа. Поскольку канистры при заморозке не должны разрушаться, их качество предварительно проверяли с водой при замораживании до -20°C .

Замороженные образцы химуса из дуоденума оттаивали при комнатной температуре, объединяли за 3-х дневный период в одну пробу сырого химуса в объеме 250 мл от каждой коровы и лиофилизировали на лиофильной сушке («Иней-4» № П5.10-Э6510-4 завода г. Пущино, Россия) для последующего определения СВ и ОВ азота (по Кьельдалю), аминокислот, сырой золы СЗ (в сухом остатке) - путем сжигания в муфельной печи при $t = 450^{\circ}\text{C}$. Определение концентрации микробного азота в сыром химусе проводили по пуриновым основаниям в соответствии с методикой ВНИИФБиП.

Отбор и исследование крови. Гематологические исследования (сыворотки крови) выполнены в Краснодарском научно-исследовательском ветеринарном институте.

Отбор проб крови проводили в последний день каждого периода. Совместно с ветеринарными специалистами хозяйства кровь для исследования отбирали до утреннего кормления, в специальные вакуумные пробирки фирмы VenosafeTerumo (Бельгия), с использованием одноразовых игл; отбор крови производили из подхвостовой вены. От каждой коровы была набрана кровь в пробирки без антикоагулянта.

В сыворотке крови определяли общий белок (колориметрически), белковые фракции (нефелометрически) (Gornal, et al., 1949), мочевины (цветной реакцией с диацетилмонооксимом и тиосемикарбазидом), глюкозу (ферментативно) (Trinder, 1969), и Триглицериды (Fassati and Prencipe, 1982), Холестерин (D. S. Young, 2001). активность трансаминаз – с помощью наборов фирмы «ДДС». Выполнили также

комплекс исследований крови на маркеры функции печени и почек (Schirmeister, 1964), и минеральные элементы (И. П. Кондрахин 2004, D. S. Young, 2001).

Отбор и исследование молока. Контроль молочной продуктивности осуществляли путем ежедневного индивидуального взвешивания надоя при двукратном доении (в 7:00 часов утра и 19:00 часов вечера). Из свежего молока мы брали пробы, помещали в холодильник и охлаждали при $t +4^{\circ}\text{C}$; далее определяли содержание жира и сырого белка на приборе Ultra sonic milk analyzer «лактан» model 500.

Отбор и исследование мочи. Общее количество мочи определяли по результатам ее отбора от каждой коровы в ходе круглосуточного дежурства. Из суточного отбора брали пробу в размере 5 %, пробы за 4 дня объединяли. Мочу за каждый день отбирали в полиэтиленовые канистры объемом 20 л. Для предотвращения роста микробов и испарения аммиачного азота ($\text{NH}_3\text{-N}$) обеспечили поддержание в пробах мочи и кала pH ниже 3; для этого в мочу добавляли 10 % HCl в соотношении по объему 1:100, и 10 капель формалина в расчете на 1 литр мочи. Общее количество суточной мочи от каждой коровы взвешивали, тщательно перемешивали и отбирали 5 % пробу. Суточные образцы мочи от каждой коровы объединяли и хранили при $t = -20^{\circ}\text{C}$. В моче определяли содержание общего азота по Кьельдалю, аммиака, мочевины (Е. Л. Харитонов, 2011). В свежей моче определяли pH во время сбора в течение дня.

Использованные уравнения

1. Определение кажущейся переваримости (КПР) СВ в рубце

$$\text{КПРСВ(кг)} = \text{ПСВ(кг)} - \text{СВДХ} \text{ (Ouellet, et al. 2017)}.$$

2. определение истинной переваримости СВ в рубце

$$\text{ИПРСВ (кг/д)} = \text{ПСВ(кг)} - \text{СВДХ} - \text{ЭСВ (кг/д)} \quad (3)$$

(ЭСВ) эндогенное сухое вещество определяли по количеству микробной биомассы в составе СВ дуоденом

Сухую биомассу (кг) определяли по количеству микробного азота в СВ дуоденома; микробный азот определяли по количеству пуринов в химусе.

1 кг СВ микробной биомассы содержит 71,6 г азота (по данным Reynal, et al., 2003)

3. Определение переваримости ОВ в рубце ($ОВ = СВ - СВЗ$)

Кажущаяся переваримость ОВ в рубце

$КПРОВ(кг/д) = ПОВ(кг/д) - МБДХ(кг/д)$, (4), где:

МБДХ – микробная биомасса в дуоденальном химусе

4. Определение содержания количества общего N в дуоденальном химусе (г/д):

общий N в ДХ(г/д) = $N \% СВДХ \times СВДХ$ (г/д); (5)

5. Определение NH_3-N – в чашках Конвея (В. М. Domingue, et al., 1991).

6. MN (г/д) определяли по содержанию микробного азота в СВДХ по пуриновым остаткам в химусе;

Количество биомассы:

$$МБ(г) = 7,16 \times \text{количество ДХ}(г) \quad (6)$$

7. MN (микробный N) определяли путем вычитания из общего MN азота нуклеиновых кислот долю микробной биомассы, которая составляет 20 %, а на чистый микробной азот приходится 80 %

$$NЧМБ = OMN \times 0,80 \quad (7)$$

Производственная проверка разработанных рационов

Комплекс исследований по определению потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах, выполненный по схеме латинского квадрата, рассматривали в качестве подготовки для оценки разработанного рациона в условиях молочно-товарной фермы на общем поголовье 93 коровы. Схема исследования отражена в (таблице 11).

Таблица 11 – Оценка проверяемого рациона

Показатель	Группа		
	1 – контроль	2 - опыт	3 – опыт
Поголовье коров, гол.	16	16	16
Характеристика питания коров (на 1 гол./сут)	Рацион хозяйства: лизин 160 г/д; метионин 55 г/д	Опытный рацион: лизин 171 г/д; метионин 69	Опытный рацион: лизин 200 г/д; метионин 69
Изучаемые показатели			
Учетный период, дней	14		
Контролируемые показатели	1. Среднесуточный удой, кг 2. Качественные показатели молока (содержание жира и белка) 3. Удой на группу за период опыта, кг 4. Метаболические заболевания, гол./% 5. Затраты корма на 1 кг молока		

Животных контрольной и опытных групп содержали в одном корпусе при одинаковых условиях: содержание стойловое, беспривязное, требования по микроклимату соблюдены.

Молочную продуктивность коров определили путем индивидуального учета надоя при двукратном доении (7:00 ч и 19:00 ч). Содержание жира и белка в молоке определяли на приборе ULTRA SONIC MILK ANALYZER «Лактан» model 500. Произвели необходимые вычисления по определению затрат корма на производство единицы продукции.

В ходе ежедневного осмотра подопытного поголовья коров выявляли животных с клиническими признаками кетоза, ацидоза рубца, ламинита (основных обменных заболеваний молочных коров, обусловленных нарушением питания (О. Г. Шляхова, 2013)).

Математическая обработка экспериментальных показателей

Математическую обработку данных провели в программе SAS Institute (2003). SAS Users Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC. Duncan D. B. (1955). Multiple ranges and multiple F-test. Biometric, 11:1042.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Модель определения норм потребности в незаменимых аминокислотах для лактирующих коров

3.1.1 Потребность на продукцию молока (пм) и поддержание жизни (пд)

Для выполнения запланированных исследований были отобраны коровы, которые имели минимальные различия по живой массе, возрасту, времени отела, а также были клинически здоровы. Соответствие физиологической норме оценивали на основании анализа морфологических и основных биохимических показателей крови – количества форменных элементов, гемоглобина, концентрации общего белка, соотношения альбуминовой и глобулиновой фракций, а также гликемии. Значения всех контролируемых показателей отвечали требованиям видовой и возрастной нормы.

В соответствии с контролируемыми показателями (процентное содержание белка, среднесуточный удой молока на одну корову) произвели расчет потребности организма в чистых и обменных молочном белке, лизине и метионине.

1. Определение содержания чистых белка, лизина и метионина в суточном надое молока:

$$\text{ЧБ (г/д)} = \text{Б} \times \text{М}, \quad (\text{уравнение 1})$$

где ЧБ – количество чистого белка в суточном надое молока, г/д;

Б – содержание чистого белка в молоке, г/кг;

М – суточный надой молока, кг.

Содержание чистого лизина и метионина в суточном надое молока:

$$\text{ЧЛ(г/д)} = (\text{Л} \times \text{ЧБ}) / 100, \quad (\text{уравнение 2})$$

где ЧЛ – количество чистого лизина в белке суточного надоя молока, г/день;

Л – содержание лизина в белке молока: 7,9 г/100 г ЧБ (таблица 3) (В. Г.

Рядчиков, 2019).

$$\text{ЧМ(г/д)} = (\text{М} \times \text{ЧБ}) / 100, \quad (\text{уравнение 3})$$

где ЧМ – количество чистого метионина в белке в расчете на весь объем молока, надоенного за сутки, г/д;

М – справочное содержание метионина в молочном белке (2,6 г на 100 г ЧБ) (таблица 13) (В. Г. Рядчиков, 2019).

2. Определение потребности в ОБ, ОЛ и ОМ на построение ЧБ молока.

Потребность в обменном белке (ОБ) на биосинтез ЧБ молока рассчитывали, используя коэффициент трансформации, содержащийся в справочнике NRC, (2001), его значение – 0,67. Исследованиями В. Г. Рядчикова и соав. 2016) получено аналогичное значение коэффициента конверсии ОБ в ЧБ молока – 0,67. Анализ других публикаций по данному вопросу показал, что ряд авторов считают значение коэффициента 0,67 завышенным, и фактически конверсия составляет не более 57 %, т.е. коэффициент не выше 0,54 (С. Lee, 2015), 0,44 (S. I., Arriola Apelo, 2014). Опубликованы значения этого коэффициента на уровне 0,42 (Н. Lapierre, 2018) и даже 0,40 (М. D. Hanigan, R. R. White, 2007). Эти данные имеют достаточно серьезное обоснование, поскольку в практическом молочном скотоводстве эффективность использования исходного белка корма не превышает 25-30 %. Приемлемо считать концентрацию ОБ в СБ на уровне 65 %, что при коэффициенте 0,67 позволяет определить уровень преобразования ОБ в ЧБ молока: 43,6 % ($65 \times 0,67$). Таким образом, фактический коэффициент конверсии – 0,44, что значительно ниже, чем справочные данные NRC. При разработке собственной модели с использованием коэффициента трансформации ОБ в ЧБ, равного 0,4, были получены неправдоподобно высокие показатели затрат обменного и сырого белка. Это стало фактором, продиктовавшим необходимость при современных принципах нормирования рационов применять в расчетах коэффициент 0,67. Вероятно, высокие затраты ОБ на ЧБ молока связаны с недостаточной полнотой учета всех сторон затрат ОБ на основной обмен; очевидна необходимость новых масштабных исследований в этом направлении.

$$\text{ОБпм (г/д)} = \text{ЧБ}/0,67 \quad (\text{уравнение 4})$$

где ОБпм – потребность в обменном белке на производство молока, г/д.

Потребность в обменном лизине (ОЛпм) на биосинтез белка молока с использованием коэффициента конверсии 0,68 (таблица 5) (D. D. Pacheco, 2004):

$$\text{ОЛпм (г/д)} = \text{ЧЛ}/0,68, \quad (\text{уравнение 5})$$

где ОЛпм – потребность в обменном лизине на отложение ЧЛ в ЧБ на производство молока, г/д.

Потребность в обменном метионине на биосинтез белка молока рассчитывали с использованием коэффициента 0,66 (таблица 4) (D. D. Pacheco, 2004):

$$\text{где ОМпм (г/д)} = \text{ЧМ}/0,66, \quad (\text{уравнение 6})$$

ОМпм – потребность в обменном метионине на отложение ЧМ в ЧБ на производство молока, г/д.

Б. Потребность на поддержание

А: В соответствии с живой массой модельного животного (600 кг) была определена потребность в метионине на поддержание мышечных белков и внутренних органов по уравнению Swanson (1977).

Б: затраты на поверхностный белок (шерсть, клетки эпидермиса) определяются по уравнению Swanson (1977).

В. Эндогенные потери белка пищеварительной системы определяются по модели NRC, 2001. На основании сделанных расчетов факториальным методом мы разработали нормы обменных незаменимых аминокислот для лактирующих коров: потребность в обменных лизине и метионине, выраженная в процентах от обменного белка, составила соответственно 7,3 % и 2,4 %. Эти значения оказались практически аналогичными нормам NRC, 2001: 7,2 % (лизин) и 2,4 % (метионин), установленными методом пострубцовой инфузии разных количеств этих аминокислот в двенадцатиперстную кишку коров через канюлю. Эти результаты дают основание считать проверенный в ходе нашей работы факториальный метод определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах

вполне действенным. Считаем необходимым отметить, что наша модель позволяет установить нормы потребности во всех 10 незаменимых аминокислотах, что отличает ее от моделей, предлагаемых NRC, 2001. Более того, в нашей модели нормы аминокислот даны в г/кг на производство молока и в г/кг^{0,75} (метаболической живой массы, на поддержание жизни), что позволяет в практических рационах рассчитывать абсолютную потребность коровы в аминокислотах в г/голову/день.

1. Потребность в ОБ и АК на поддержание жизни определяли по расчетным их затратам на основной обмен, который зависит от количественного значения эндогенных потерь азота с вторичной мочой, белоксодержащих компонентов с поверхности тела (перхоть, волосы, кератиновые отслоения), эндогенных азотсодержащих веществ переднего отдела (ротовая полость, пищевод, преджелудки, сычуг), а также обменного фекального азота среднего и нижнего отделов пищеварительного тракта (тонкий и толстый кишечник).

Для верной оценки величины эндогенных затрат требуется знать массу тела коровы (живую массу, ЖМ), особенности физиологического состояния в данный период жизни (беременность, величина прироста живой массы, фаза лактации), продуктивность; надо обязательно учитывать количественную величину потребления сухого вещества (ПСВ), органического вещества (ПОВ), а также количество переваримых питательных компонентов диеты (ППВ).

Расчетное потребление сухого вещества (ПСВ) в зависимости от массы тела коровы, величины удоя, содержания жира в молоке с учетом периода лактации определяли по приведенной ниже формуле D. K. Roseler, 1997:

$$\text{ПСВ (кг/д)} = (4 \% \text{ М} \times 0,372 + \text{ЖМ}^{0,75} \times 0,0968) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{НЛ} + 3,67))}), \text{ (уравнение 7)}$$

где 4 % М – суточный надой молока в перерасчете на жирность 4 %, кг;

ЖМ^{0,75} – метаболическая (обменная) живая масса коровы, кг;

e = 2,718 – основание натурального логарифма;

НЛ – неделя лактации после даты отела.

2. Потребность в ОБ на поддержание определяли с использованием

коэффициент конверсии ОБ в ЧБ – 0,67 (NRC-2001).

2.1 Определение потребности в ОБ по эндогенному белку мочи (ЭБМ) и эндогенному поверхностному белку (ЭПБ).

Эндогенный азот представлен в моче азотсодержащими соединениями – продуктами метаболизма белков (мочевина, аммиак, креатин, билирубин и др., которые образуются в ходе основного обмена белка тканей). Эти продукты принято суммарно обозначать термином «чистый эндогенный белок мочи» (ЧЭБМ); для их количественного определения использовали формулу E. Swanson, 1977:

$$\text{ЧЭБМ (г/д)} = 2,75 \times \text{ЖМ}^{0,5}, \quad (\text{уравнение 8})$$

где 2,75 г – количество азота, содержащегося в 1 кг ЖМ^{0,5}.

Потребность в ОБ на поддержание определенного уровня ЧЭБМ:

$$\text{ОБпд ЧЭБМ (г/д)} = \text{ЧЭБМ}/0,67 \quad (\text{уравнение 9})$$

Потребность в аминокислотах (ОЛ и ОМ) на поддержание ЧЭБМ:

$$\text{ОЛпд ЧЭБМ (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ЧЭБМ})/100)/0,85; \quad (\text{уравнение 10})$$

$$\text{ОМпд ЧЭБМ (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ЧЭБМ})/100)/0,85, \quad (\text{уравнение 11})$$

где Л и М – соответственно содержание лизина и метионина в ЧЭБМ (в общем белке мышц и структур внутренних органов крупного рогатого скота), составляющее 8,0 г (лизин) и 2,4 г (метионин) в 100 г белка (таблица 3) (В. Г. Рядчиков, 2005).

0,85 – коэффициент использования ОЛ и ОМ на поддержание (CNCPS, 2000).

Чистый эндогенный поверхностный белок – ЧЭПБ (в структуре эпидермиса, шерсти, различных кожных секретов) определяют по формуле (E. Swanson, 1982):

$$\text{ЧЭПБ (г/д)} = 0,2 \times \text{ЖМ}^{0,60} \quad (\text{уравнение 12}).$$

Потребность в обменном белке (ОБ) на образование ЧЭПБ:

$$\text{ОБпд ЧЭПБ (г/д)} = \text{ЧЭПБ}/0,67 \quad (\text{уравнение 13})$$

Потребность в ОЛ и ОМ на поддержание ЧЭПБ:

$$\text{ОЛпд ЧЭПБ (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ЧЭПБ})/100)/0,85; \quad (\text{уравнение 14})$$

$$\text{ОМпд ЧЭПБ (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ЧЭПБ})/100)/0,85, \quad (\text{уравнение 15})$$

где Л и М – соответственно содержание лизина и метионина в ЧЭПБ, равное 4,7 г (лизин) и 1,1 г (метионин) в 100 г белка (Таблица 3) (S. J. Ainslie, 1993).

3. Определение эндогенного белка пищеварительного тракта.

Эндогенный сырой белок переднего отдела пищеварительного тракта (ЭСБПО) включает: белки слюны (муцин и другие), остатки эпителиальных клеток дыхательных путей, фрагменты слущивающихся эпителиальных клеток ротовой полости, пищевода, рубца, сетки, книжки и сычуга, а также белки-ферменты и мукоидный белок сычуга. Значимая доля источников эндогенного белка деградирует под влиянием ферментов микроорганизмов рубца, поэтому не достигает тонкого кишечника. Данные ряда авторитетных исследователей (D. R. Ouellet, 2002 и 2013) дали основание комитету по питанию молочного скота NRC (2001) для предложения принять за эталонное количество эндогенного азота 1,9 г (11,9 эндогенного сырого белка переднего отдела пищеварительной трубки (ЭСБПО) на 1 кг потребленного сухого вещества, что отражено в соответствующих формулах:

$$\text{ЭСБПО} = 11,9 \times \text{ПСВ}, \quad (\text{уравнение 16})$$

где ПСВ – потребление СВ, кг/день.

В результате ранее проведенных исследований установлено, что в дуоденум поступает не более половины (50 %) сырого эндогенного белка переднего отдела, а показатель его переваримости составляет 80 % (NRC, 2001). Это позволило рассчитывать выход чистого эндогенного белка (ЧЭБПО) из СЭБПО, используя коэффициент 0,4:

$$(50 \times 80) / 100 = 40.$$

Расчетное количество ЧЭБПО при таком показателе конверсии следует выполнить, используя формулу:

$$\text{ЧЭБПО (г/д)} = \text{СЭБПО} \times 0,4 \quad (\text{уравнение 17})$$

Потребность в обменном белке на поддержание ЧЭБПО (ОБпдЧЭБПО) определяли по уравнению:

$$\text{ОБпд ЧЭБПО (г/д)} = \text{ЧЭБПО} / 0,67 \quad (\text{уравнение 18})$$

Потребность в ОЛ и ОМ на поддержание ЧЭБПО:

$$\text{ОЛ}_{\text{пд}} \text{ ЧЭБПО (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ЧЭБПО}) / 100) / 0,85); \quad (\text{уравнение 19}).$$

$$\text{ОМ}_{\text{пд}} \text{ ЧЭБПО (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ЧЭБПО}) / 100) / 0,85), \quad (\text{уравнение 20})$$

где Л и М – содержание лизина и метионина в ЧЭБПО (рубцовый изолят), равное соответственно 7,7 и 1,6 г/100 г (таблица 3) (Н. Н. Stein, 1999).

3.1 При расчетах потребности организма на поддержание структуры и жизнедеятельности в обменном фекальном белке (ОФБ) среднего и нижнего отделов пищеварительного тракта жвачных учитывали, что часть ОФБ эндогенного происхождения включает бактерии, бактериальные остатки, накопившиеся в слепой и ободочной кишках, кератинизированные клетки слизистой кишечника и другие компоненты (NRC, 2001).

При определении обменного фекального азота у жвачных на полусинтетических низкобелковых рационах было установлено, что его количество составляет 4,7 г (29,4 СВ) в расчете на 1 кг потребленного сухого вещества корма. На основании рекомендаций NRC-2001 было принято решение округлить полученную величину количества фекального белка до 30 г/кг СВ. С учетом этого округления формула для определения количества ОФБ имеет следующий вид:

$$\text{ОФБ (г/д)} = 30 \times \text{ПСВ (кг)} \quad (\text{уравнение 21})$$

Согласно публикациям (NRC, 2001 и другим), растворимая фракция обменного фекального азота составляет около 30 %, тогда как 70 % ОФН представлено фрагментами бактериальных клеток и отслоениями эндотелия кишечника. Сведения по количественному значению вклада в этот азот микробного сырого белка (МСБ), сформированного в рубце и не переваренного в кишечнике, в обменный фекальный белок, недостаточны и фрагментарны. В то же время, несмотря на отсутствие общего мнения о количестве непереваренного МСБ, содержащегося в кале животных, принято считать, что 50 % МСБ, не переваренного в кишечнике, присутствует в кале, но его остальная часть (50 %) переваривается в среднем и нижнем отделах кишечника.

При выполнении расчета ОБОФБ необходимо предварительно определить количество микробного обменного белка. Апробированы два способа определения: 1) по сумме потребленных животным переваримых питательных веществ (СППВ); 2) по содержанию в диете распадаемого в рубце белка (РРБ).

В 1 кг СВ стандартных рационов лактирующих коров в среднем содержится 65 г сырой золы, или 6,5 %. Таким образом, на долю органического вещества (ОВ) в 1 кг СВ приходится:

$$\text{ОВ (кг/кг СВ)} = 1,0 \times 0,935 = 0,935; \text{ПОВ} = \text{ОВ кг/кг СВ} \times \text{ПСВ кг.}$$

Переваримость сухого органического вещества у коров в среднем равна 74 %, поэтому количество ППВ в 1 кг СВ:

$$\text{ППВ, кг/кг СВ} = 0,935 \times 0,74 = 0,692,$$

$$\text{СППВ, кг/д} = \text{ППВ, кг/кг СВ} \times \text{ПСВ кг/день}$$

При продуктивном кормлении коров установлено 2-4-кратное превышение потребности в энергии по сравнению с потребностью на поддержание, а переваримость органического вещества снижается на 8 %. Поэтому с 8 % поправкой количество СППВ составит:

$$\text{СППВ, кг} = \text{ППВ, кг/кг СВ} \times 0,92 \times \text{ПСВ (кг)} \quad (\text{уравнение 22})$$

Установлено, что в рубце коров, независимо от направления продуктивности (мясное либо молочное), образуется в среднем одинаковое количество микробного сырого белка (МСБ) – 130 г в расчете на 1 кг ППВ (S. L. Laflin, 2004). Примерно 20 % азота МСБ содержится в нуклеиновых кислотах, а количество истинного микробного белка в МСБ приближено к 80 %. Его переваримость в тонком кишечнике составляет 80 %. Следовательно, значение коэффициента конверсии МСБ в обменный микробный белок равняется 0,64: $(80 \times 80 / 100 = 64)$, а формула уравнения для определения ОБмб:

$$\text{ОБмб, г/д} = 130 \times \text{СППВ кг} \times 0,64, \text{ где} \quad (\text{уравнение 23})$$

СППВ – сумма переваримых питательных веществ с 8 % поправкой, кг/д.

Уравнение определения потребности в обменном белке на образование обменного фекального белка на поддержание:

$$\text{ОБофб (г/д)} = (\text{ПСВ(кг)} \times 30 - 0,5((\text{ОБмб}/0,80) - \text{ОБмб})) \quad (\text{уравнение 24})$$

где ПСВ – потребление сухого вещества, кг/день;

ОБмб – микробный обменный белок, г/д.

Далее представлен расчет потребности в обменном лизине и обменном метионине на поддержание уровня обменного фекального белка (ОФБ):

$$\text{ОЛпд ОФБ (г/д)} = ((\text{Л} \times \text{ОФБ}) / 100) / 0,85; \quad (\text{уравнение 25})$$

$$\text{ОМпд ОФБ (г/д)} = ((\text{М} \times \text{ОФБ}) / 100) / 0,85, \quad (\text{уравнение 26})$$

где Л и М – содержание лизина и метионина в ОФБ кишечного изолята: 5,4 и 1,9, г/100 г белка соответственно) (таблица 3) (В. Г. Рядчиков, 1981).

Расчет суммарной потребности в обменном белке на производство молока и поддержание приведен ниже:

$$\text{ОБпм+пд (г/д)} = \text{ОБ пм} + \text{ОБпд ЧЭБМ} + \text{ОБпд ЧЭПБ} + \text{ОБпд ЧЭБПО} + \text{ОБпдОФБ}; \quad (\text{уравнение 27})$$

Суммарная потребность в ОЛ и ОМ на производство молока и поддержание:

$$\text{ОЛпм+пд (г/д)} = \text{ОЛпм} + \text{ОЛпд ЧЭБМ} + \text{ОЛпд ЧЭПБ} + \text{ОЛпд ЧЭБПО} + \text{ОЛпдОФБ}; \quad (\text{уравнение 28})$$

$$\text{ОМпм+пд (г/д)} = \text{ОМпм} + \text{ОМпд ЧЭБМ} + \text{ОМпд ЧЭПБ} + \text{ОМпд ЧЭБПО} + \text{ОМпдОФБ} \quad (\text{уравнение 29})$$

Потребность в ОБ, ОЛ и ОМ на поддержание:

$$\text{ОБпд (г/д)} = \text{ОБ пм} + \text{пд} - \text{ОБпм}; \quad (\text{уравнение 30})$$

$$\text{ОЛпд (г/д)} = \text{ОЛ пм} + \text{пд} - \text{ОЛпм}; \quad (\text{уравнение 31})$$

$$\text{ОМпд (г/д)} = \text{Ом пм} + \text{пд} - \text{ОМпм}; \quad (\text{уравнение 32})$$

В. Расчет потребности в обменных белке, лизине и метионине в численном выражении.

Расчеты потребности в ОБ, ОЛ, ОМ, а также в остальных обменных незаменимых аминокислотах для коровы живой массой 600 кг были выполнены с использованием уравнений, приведенных выше. Исходные показатели: 12-я неделя после отела, суточный надой молока – 35 кг, содержание сырого белка в молоке – 3,3 %, содержание чистого белка (без мочевины) – 3,15 %; содержание

жира в молоке – 3,6 %.

Расчет потребности в сухом веществе (СВ) выполнили по уравнению Roseler, et al., 1997:

$$\text{ПСВ (кг/д)} = (0,372 \times 4 \% \text{ М} + 0,0968 \times \text{ЖМ}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{НЛ} + 3,67))}), \text{ где}$$

$1 - e^{(-0,192 \times (\text{НЛ} + 3,67))}$ – единица минус логарифм уравнения, приведенного в степени.

1. Содержание чистых (нетто) белка, лизина и метионина в чистом белке всего объема молока, полученного за сутки:

$$\text{ЧБ (г/д)} = 31,5 \times 35 = 1102,5 \approx 1103 \text{ г}, \quad (\text{уравнение 1})$$

где 35 – суточный надой молока, кг;

31,5 граммов – содержание чистого белка в 1 кг молока (3,15 %)

$$\text{ЧЛ (г/д)} = (1102,5 \times 7,90) / 100 = 87,08 \text{ г} \quad (\text{уравнение 2})$$

где 7,90 – содержание лизина в суммарном белке молока, г/100 г; (7,9 %);

$$\text{ЧМ} = (1102,5 \times 2,60) / 100 = 28,70 \text{ г} \quad (\text{уравнение 3})$$

где 2,6 – содержание метионина в суммарном белке молока, г/100 г (2,6 %)

(В. Г.Рядчиков 2004).

2. Потребность в обменных белке (ОБ), лизине (ОЛ) и метионине (ОМ) используемых на синтез ЧБ, ЧЛ и ЧМ молока (n_m):

$$\text{ОБ}_{n_m} \text{ (г/д)} = 1102,5 / 0,67 = 1646 \text{ г} \quad (\text{уравнение 4})$$

где 0,67 – коэффициент использования ОБ_{n_m} в ЧБ по NRC – 2001;

$$\text{ОЛ}_{n_m} \text{ (г/д)} = 87,1 / 0,68 = 128,1 \quad (\text{уравнение 5})$$

где 0,68 – коэффициент использования ОЛ_{n_m} на образование ЧЛ в общем белке общего надоя молока в течение одних суток.

$$\text{ОМ}_{n_m} \text{ (г/д)} = 28,7 / 0,66 = 43,4 \quad (\text{уравнение 6})$$

где 0,66 – коэффициент использования ОМ_{n_m} , на образование ЧМ в общем-белке суммарного надоя молока в течение одних суток.

3. Определение потребности на поддержание структуры и жизнедеятельности организма

1. Потребность в чистом эндогенном белке мочи (ЧЭБМ):

$$\text{ЧЭБМ (г/день)} = 2,75 \times 24,49 = 67,40 \quad (\text{уравнение 8})$$

где 24,49 – живая масса коровы в степени 0,5 ($600,0 \text{ кг}^{0,5}$)

$$\text{Обн} \text{д ЭБМ (г/день)} = 67,40 / 0,67 = 100,50 \quad (\text{уравнение 9})$$

где 0,67 – коэффициент использования ОБ в ЧЭБМ (NRC – 2001).

Потребность в ОЛ на образование ЧЭБМ:

$$\text{ОЛн} \text{д ЧЭБМ (г/день)} = ((8,0 \times 67,4) / 100) / 0,85 = 6,3 \quad (\text{уравнение 10})$$

$$\text{ОМн} \text{д ЧЭБМ (г/д)} = ((2,4 \times 67,4) / 100) / 0,85 = 1,9 \quad (\text{уравнение 11})$$

где 8,0 – усредненная концентрация лизина в общем белке скелетных и гладких мышц и внутренних органов коровы (сердце, печень, почки), г/100 г;

2,4 – содержание метионина в общем белке скелетных и гладких мышц и внутренних органов коровы (сердце, печень, почки), г/100 г; белка (В. Г. Рядчиков, 2004).

0,85 – коэффициент эффективности использования ОЛ и ОМ в организме лактирующих коров на поддержание жизни (CNCPS, 2000).

Потребность в чистом эндогенном поверхностном белке на поддержание определена с использованием уравнения 12:

$$\text{ЧЭПБ (г/день)} = 0,20 \times 46,4 = 9,30, \quad (\text{уравнение 12})$$

где 46,40 – живая масса коровы в степени 0,6 ($600 \text{ кг}^{0,6}$)

По уравнению 13 вычисляли потребность в ОБ на поддержание ЧЭПБ:

$$\text{Обн} \text{д ЧЭПБ (г/день)} = 9,30 / 0,67 = 13,90 \text{ г} \quad (\text{уравнение 13})$$

Потребность организма в ОЛ и ОМ на поддержание ЧЭПБ выполнена с помощью уравнений 14 и 15:

$$\text{ОЛн} \text{д ЧЭПБ (г/день)} = ((4,70 \times 9,30) / 100) / 0,85 = 0,50 \quad (\text{уравнение 14})$$

$$\text{ОМн} \text{д ЧЭПБ (г/день)} = ((1,10 \times 9,30) / 100) / 0,85 = 0,10, \quad (\text{уравнение 15})$$

где 4,7 и 1,1 – содержание соответственно лизина и метионина в ЧЭПБ, г/100 г.

2. Для корректного вычисления потребности в ОБ, ОЛ и ОМ на поддержание эндогенного и обменного белка пищеварительного тракта необходимы точные сведения о количественном потреблении сухого вещества (ПСВ) и переваримых питательных веществ (ППВ)

$$\text{ПСВ (кг/день)} = (0,372 \times 4 \% \text{ ЖМ} + 0,0968 \times \text{ЖМ}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (12+3,69))})$$

Детализация расчета потребления сухого вещества:

$$\text{а) } 4 \% \text{ молоко} = (35 \times 3,60) / 4 = 31,50; \text{ ОЖМ} = 600^{0,75} = 121,20 \text{ кг};$$

$$\text{ПСВ (кг/день)} = 0,372 \times 31,50 + 0,0968 \times 121,20 = 23,50 \text{ кг}$$

Уточняющая поправка для периода лактации:

$$\text{а) } 12 + 3,69 = 15,69;$$

$$\text{б) } -0,192 \times 15,69 = -3,012;$$

$$\text{в) } 2,718^{-3,012} = 1/2,718^{3,012} = 1/20,35 = 0,05$$

$$\text{г) } 1 - 0,05 = 0,95;$$

$$\text{Таким образом, ПСВ составило: } 23,5 \times 0,95 = 22,30 \text{ (кг/день)}$$

Уравнение 16 позволило выполнить определение эндогенного сырого белка переднего отдела пищеварительного тракта (ЭСБПО):

$$\text{ЭСБПО (г/день)} = 11,90 \times 22,30 = 265,40; \quad (\text{уравнение 16})$$

Далее выполнено вычисление потребности в чистом эндогенном белке переднего отдела пищеварительной системы коровы:

$$\text{ЧЭБПО (г/день)} = 265,40 \times 0,40 = 106,20; \quad (\text{уравнение 17})$$

Необходимое количество обменного белка на поддержание ЧЭБПО вычисляли по уравнению 18:

$$\text{ОБпд ЧЭБПО (г/день)} = 106 / 0,67 = 158,4; \quad (\text{уравнение 18})$$

Требуемое количество обменного лизина и обменного метионина (ОЛ и ОМ) для обеспечения потребности на поддержание ЧЭБПО рассчитано с использованием уравнений 19 и 20:

$$\text{ОЛпд ЧЭБПО (г/день)} = ((7,7 \times 106,2) / 100) / 0,85 = 9,62; \quad (\text{уравнение 19})$$

$$\text{ОМпд ЧЭБПО (г/день)} = ((1,6 \times 106,2) / 100) / 0,85 = 2,0, \quad (\text{уравнение 20})$$

где 7,7 и 1,6 – содержание соответственно лизина и метионина: г/100 г ЧЭБПО (Н. Н. Stein, 1999).

$$\text{ОФБ (г/д)} = 30 \times 22,3 \text{ (кг)} = 669 \quad (\text{уравнение 21})$$

Уравнение 22 позволяет выполнить расчет суммы переваримых питательных веществ (СППВ), поступивших из рубца в кишечник (70-75 % от массы потенциально питательных веществ в составе корма):

$$\text{СППВ (кг/день)} = 0,692 \times 22,3 \times 0,92 = 14,2 \quad (\text{уравнение 22})$$

В уравнении 23 приведен расчет обменного микробного белка по СППВ:

$$\text{ОБМСБ (г/день)} = (130 \times 14,2) \times 0,64 = 1181, \quad (\text{уравнение 23})$$

где 14,2 – СППВ, кг.

Расчеты потребности в ОБ, ОЛ и ОМ среднего и нижнего отделов пищеварительного тракта по обменному фекальному белку приведены в уравнениях 24-26:

$$\text{ОБОФБ (г/день)} = (22,3 \times 30 - 0,5((1181/0,80) - 1181)) = 521,4 \quad (\text{уравнение 24})$$

Определение ОЛ и ОМ для ОБОФБ:

$$\text{ОЛ}_{нд} \text{ ОБОФБ (г/день)} = ((5,4 \times 521) / 100) / 0,85 = 33,1 \quad (\text{уравнение 25})$$

$$\text{ОМ}_{нд} \text{ ОБОФБ (г/день)} = ((1,9 \times 521) / 100) / 0,85 = 11,6 \quad (\text{уравнение 26})$$

где 5,4 и 1,9 – содержание лизина и метионина соответственно в кишечном изоляте, г/100 г (таблица 3) (В. Г. Рядчиков, 1981).

3.1.2 Потребность в обменных аминокислотах в процентах от обменного белка, результаты расчета норм потребности лактирующих коров в ОБ, ОЛ и ОМ

Суммарная потребность в ОБ, ОЛ и ОМ на производство молока (*пм*) и поддержание (*нд*):

$$\text{Обпм} + \text{нд (г/день)} = 1645,5 + 100,5 + 13,9 + 158,4 + 521,4 = 2439,7 \approx 2440 \quad (\text{уравнение 27})$$

Суммарная потребность в ОЛ и ОМ на производство молока и поддержание:

$$\text{Олпм} + \text{нд (г/день)} = 128,1 + 6,3 + 0,5 + 14,3 + 9,6 + 33,1 = 177,7 \approx 178 \quad (\text{уравнение 28})$$

$$\text{Омпм} + \text{нд (г/день)} = 43,4 + 1,9 + 0,1 + 2,0 + 11,65 = 59,0 \quad (\text{уравнение 29})$$

Суммарная потребность ОБ на поддержание:

$$\text{Обнд (г/день)} = 100,6 + 13,9 + 158,4 + 521 = 794,2 \quad (\text{уравнение 30})$$

Суммарная потребность в ОЛ и ОМ на поддержание:

$$\text{ОЛпд} = 177,7 - 128,1 = 49,6; \text{ОМпд} = 59,0 - 43,4 = 15,6 \quad (\text{уравнения 31 и 32})$$

Потребность ОЛ и ОМ на производство молока и поддержание, % $\text{ОБ}_{\text{лм}+\text{нд}}$:

$$\text{ОЛ}_{\text{лм}+\text{нд}} (\% \text{ ОБ}_{\text{лм}+\text{нд}}) = (177,7/2439,7) \times 100 = 7,28;$$

$$\text{ОМ}_{\text{лм}+\text{нд}} (\% \text{ ОБ}_{\text{лм}+\text{нд}}) = (59,0/2439,7) \times 100 = 2,42$$

Потребность в ОЛ и ОМ на производство молока, % $\text{ОБ}_{\text{лм}}$:

$$\text{ОЛ}_{\text{лм}} (\% \text{ ОБ}_{\text{лм}}) = (128,1/1646) \times 100 = 7,78;$$

$$\text{ОМ}_{\text{лм}} (\% \text{ ОБ}_{\text{лм}}) = (43,5/1646) \times 100 = 2,64$$

Потребность в ОЛпд и ОМпд на поддержание в % от ОБпд:

$$\text{ОЛпд} (\% \text{ ОБпд}) = (49,6/794,2) \times 100 = 6,24;$$

$$\text{ОМпд} (\% \text{ ОБпд}) = (15,6/794,2) \times 100 = 2,0$$

Потребность в ОБлм, ОЛлм и ОМлм на 1 кг молока, содержание чистого белка:

$$\text{ОБ}_{\text{лм}} (\text{г/кг}_{\text{м}}) = 1646/35 = 47 \text{ г};$$

$$\text{ОЛ}_{\text{лм}} (\text{г/кг}_{\text{м}}) = 128,1/35 = 3,7; \text{ОМ}_{\text{лм}} (\text{г/кг}_{\text{м}}) = 43,5/35 = 1,2$$

где 35 – суточный надой молока;

Потребность в ОБнд, ОЛнд и ОМнд на поддержание:

$$\text{ОБ}_{\text{нд}} (\text{г/кг}^{0,75}) = 794/121,2 = 6,6;$$

$$\text{ОЛ}_{\text{нд}} (\text{г/кг}^{0,75}) = 49,59/121,2 = 0,41;$$

$$\text{ОМ}_{\text{нд}} (\text{г/кг}^{0,75}) = 15,55/121,2 = 0,14, \text{ где } 121,2 \text{ – метаболическая живая масса}$$

коровы живой массой 600 кг

В соответствии с вышеприведенными уравнениями была определена потребность в остальных незаменимых аминокислотах (таблица 12):

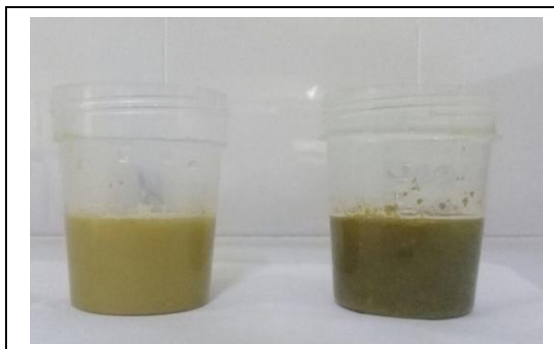


Рисунок 4 – Дуоденальный химус, полученный с помощью канюли на двенадцатиперстной кишке

Таблица 12 – Потребность молочных коров в обменном белке (ОБ) обменных незаменимых аминокислотах (ОНАК) на производство молока (*пм*), поддержание (*пд*), определенная по факториальной модели

Амино кислоты	<i>пм</i> , г/день *	<i>пд</i> , г/день **	<i>пм+пд</i> , г/день	<i>пм</i> , % ОБ <i>пм</i>	<i>пд</i> , % ОБ <i>пд</i>	<i>пм+пд</i> , % ОБ <i>пм+пд</i>	<i>пм</i> , г/кгМ ***	<i>пд</i> , г/кг ^{0,75}	<i>пм+пд</i> , г/кгСВ
Лиз	130,0	50,0	178,0	7,80	6,24	7,30	3,70	0,41	8,00
Мет	42,0	16,0	59,0	2,60	2,0	2,40	0,95	0,14	2,60
Аргин	81,0	38,0	119,0	4,90	4,80	4,90	2,30	0,31	5,30
Гисти	42,0	20,0	61,0	2,60	2,50	2,50	1,20	0,16	2,70
Изолей	95,0	43,0	138,0	5,80	5,40	5,70	2,70	0,35	6,20
Лейц	175,0	73,0	248,0	10,70	9,10	10,20	5,00	0,60	11,10
Фенил	98,0	54,0	151,0	5,90	6,80	6,20	2,80	0,44	6,80
Треон	74,0	60,0	134,0	4,50	7,60	5,90	2,10	0,50	6,00
Трипт	25,0	14,0	38,0	1,50	1,70	1,60	0,70	0,11	1,70
Вал	112,0	64,0	174,0	6,70	8,10	7,14	3,20	0,53	7,80
ОБ, г	1645,0	794,0	2440,0				47,01	6,60	109,40

* Надой молока – 35 кг/день, общее количество белка – 1104 г

** Живая масса коровы – 600 кг, обменная масса – 121,2 кг

*** молока 35 кг/д с содержанием 33 г/кг сырого и 31,5 г чистого белка

3.1.3 Обсуждение результатов разработки модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах

На основании анализа обширного материала, содержащегося в авторитетных научных публикациях, а также совокупности данных, полученных в результате собственных исследований, нами был разработан с помощью факториального метода новый вариант модели определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах. В качестве примера были взяты наиболее лимитирующие (критические) аминокислоты – лизин и метионин.

Получены доказательства того, что разработанная модель позволила объективно определить потребность организма коровы в названных АК на производство белка молока и поддержание в процентах от обменного белка (ОБ): соответственно по лизину – 7,28 %, по метионину – 2,4 %, что практически идентично нормам NRC–2001 (7,2 и 2,4 % соответственно), которые были определены с использованием dose-response моделей. Нашими исследованиями установлена также потребность в гистидине, который в современных публикациях также относят к лимитирующим аминокислотам; по проверяемой модели она составила 2,5 % ОБ, что близко к данным других исследователей: 2,4 и 2,7 % ОБ, (L. D. Doerel, 2004; H, Lapiere, 2014). Такая схожесть результатов доказывает действенность предлагаемого варианта факториальной модели. Предложенный метод определения норм потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах не требует больших затрат на проведение трудоемких исследований, применяемых в dose-response моделях.

Особо отмечаем, что привязка норм аминокислот к ОБ не может удовлетворять требованиям при составлении практических рационов путем манипулирования разным количеством белка в кормосмесях. Для практического применения рекомендаций по аминокислотному питанию коров на молочно-товарных фермах требуются нормы, выраженные в абсолютных количествах аминокислот на единицу продукции и поддержание жизнедеятельности, как это осуществляется для нормирования энергии, белка, биологически активных веществ на ожидаемую и

планируемую продуктивность. По предлагаемой модели определена потребность на суточный надой молока и поддержание в граммах в день: на биосинтез 1 кг молока, г/кг; на поддержание, г/кг^{0,75} метаболической живой массы коров, на СВ рациона, г/кг (таблица 3). Это новые показатели, соответствующие современным требованиям практического животноводства.

Анализ выявил значимые различия в величинах потребности лактирующих коров в отдельных аминокислотах на продукцию молока и поддержание. Например, потребность в лизине, метионине, лейцине в процентах от ОБ на продукцию молока выше, чем на поддержание, а потребность в фенилаланине, треонине, триптофане и валине, напротив, на поддержание выше, чем на продукцию молока. Это объясняется высоким содержанием указанных аминокислот в кишечных изолятах. Потребность в обменных аминокислотах на производство белка молока очень близко соответствует аминокислотному профилю молочного белка.

Разработанная модель позволяет с высокой точностью определить потребность на производство молока (*пм*) при условии, если содержание сырого белка молока составляет 3,3 % (33 г/кг), или 3,15 % чистого белка (31,5 г/кг). В случае, если содержание СБ или ЧБ в молоке оказывается выше или ниже указанных выше показателей, то требуется выполнить соответствующий перерасчет норм потребности в обменных аминокислотах учетом содержания белка.

Например, если содержание белка в молоке оказалось равным 3 % СБ, то необходимо рассчитать, сколько это составляет в процентах от нормативного СБ – 3,3%: $(3 \times 3,3) / 100 = 99,9 \%$; следовательно, если норма лизина составляет 3,6 %, то расчет выглядит так: $(3,6 \times 99,9) / 100 = 3,6$. Таким образом, потребность в обменном лизине на 1 кг молока при содержании сырого белка 3 % составит 3,6 г/кг.

Аналогично следует выполнять расчеты для остальных аминокислот в случае, если содержание СБ в молоке превышает стандартное (3,3 %), и составляет 3,5 %. Алгоритм перерасчета по увеличению сырого белка будет следующим: $(3,5 / 3,3) \times 100 = 106,1$. Далее требуется произвести перерасчет нормы лизина:

$(3,6 \times 106,1) / 100 = 3,8$. Следовательно, при содержании СБ в молоке 3,5% норма обменного лизина составит 3,8 г/кг молока.

3.2 Оценка сбалансированности рационов лактирующих коров по обменным (усвояемым) незаменимым аминокислотам в процентах от потребности

3.2.1 Особенность состава рационов по содержанию СБ, НРБ, РРБ и незаменимых аминокислот

Содержание незаменимых аминокислот, в том числе наиболее лимитирующих – лизина и метионина, в 1 кг сухого вещества рационов с одним и тем же содержанием СБ находилось в близких пределах (лизин при 15,7 % СБ в первом рационе – 7,85, во втором – 7,74 г/кг СБ; метионина соответственно 3,18 и 3,14 г/кг СБ). В 3-ем и 4-ом рационах при 17,7 % СБ содержание лизина, соответственно 9,04 и 9,13, метионина – 3,11 и 3,17 г. В то же время количество АК, выраженное в % СБ, не зависело от уровня СБ. Так, лизин: в 1-ом – 5,0; 2-ом – 4,93; 3-ем – 5,11 и 4-ом – 5,16. Содержание метионина было ниже в 3-ем и 4-ом рационах по сравнению с его уровнем в 1-ом и 2-ом рационах: 1 – 2,03; 2 – 2,00; 3 – 1,76 и 4 – 1,76 %. Общее количество потребленных аминокислот (г/д) зависело от количества съеденного корма (таблица 13). Оно было наименьшим у коров на 1-ом рационе, который подался в меньшем количестве.

Между всеми рационами не было каких-либо существенных различий по концентрации обменной энергии (ОЭ), нейтрально -(НДК) и кислотно -(КДК) детергентной клетчатке, содержанию общего и доступного кальция и фосфора и добавляемых к рациону других компонентов.

Таблица 13 – Содержание СБ, НРБ,РРБ, лизина и метионина в опытных рационах

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, % СВ	15,7	15,7	17,7	17,7
НРБ, % СВ	7,6	5,4	9,1	6,26
РРБ, % СВ	8,18	10,3	8,7	11,4
НРБ, г/кгСВ	76,1	54,4	90,6	62,6
РРБ, г/кг СВ	81,4	103,2	86,7	113,8
НРБ, % СБ	48,3	34,5	51,1	35,5
РРБ, % СБ	51,7	65,5	48,9	64,5
Соотношение НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Лизин, г/кгСВ	7,85	7,74	9,04	9,13
Метионин, г/кгСВ	3,18	3,14	3,11	3,17
Лизин, г/рацион	164	171	200	198
Метионин, г/рацион	66	69	69	71

Таблица 14 – Содержание незаменимых аминокислот в опытных рационах

АК	Рационы											
	1			2			3			4		
	г/кг СВ	г/100 г СВ	По- треб ле- ни, г/д	г/кг СВ	г/100 г СВ	По- треб ле- ни, г/д	г/кг СВ	г/100 г СВ	По- треб ле- ни, г/д	г/кг СВ	г/100 г СВ	По- треб ле- ни, г/д
Лизин	7,85	5,00	167	7,74	4,93	171	9,04	5,11	200	9,13	5,16	197
Метионин	3,18	2,03	66	3,14	2,00	69	3,11	1,76	69	3,12	1,76	71,0
Гистидин	4,32	2,75	90	4,19	2,67	93	4,9	2,77	108	4,93	2,79	106
Аргинин	8,54	5,44	178	8,55	5,45	189	10,2	5,77	226	9,85	5,56	213
Фенилал	7,56	4,82	158	7,55	4,81	167	8,57	4,84	189	8,42	4,76	182
Треонин	6,74	4,29	141	6,74	4,29	149	7,6	4,29	168	7,56	4,27	163
Лейцин	13,7	8,74	287	13,8	8,76	304	16	9,04	354	15,3	8,65	331
Изолейци	6,81	4,34	142	6,83	4,35	151	7,72	4,36	171	7,9	4,46	171
Валин	9,41	5,2	197	8,1	5,16	179	9,08	5,13	201	9,07	5,12	196
Триптоф	1,73	1,10	36	1,75	1,11	39	1,99	1,12	44	2,06	1,16	44
НАК	69,9	44,5	1462	68,3	43,5	1511	78,2	44,2	1730	77,3	43,7	1677

3.2.2 Эффективность использования азота корма, образование микробного белка, выход аминокислот, состав дуоденального химуса в зависимости от содержания и распадаемости СБ в рационах

При анализе дуоденального химуса установлено, что поступление азота в двенадцатиперстную кишку на двух рационах с 15,7 % СБ на 9,1 % и 11 % больше, чем было потреблено. Вероятно, это избыточное количество обусловлено наличием в дуоденуме эндогенного рубцового азота (таблица 15). Содержание аммонийного азота ($\text{NH}_3\text{-N}$) в дуоденальном химусе оказалось невысоким, в пределах 8,6 – 11,8 г/д, но при этом оно было более высоким при содержании сырого белка 17,7 %, а также на 2-м и 4-м рационах, если соотношение НРБ:РРБ составляло 35 %:65 %.

Таблица 15 – Потребление, поступление и переваримость N в пищеварительном тракте лактирующих коров в зависимости от уровня и распадаемости СБ

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	7,6:8,1	5,4:10,3	7,6:8,1	5,4:10,3
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Потребление N, г/д	527±1,83	551±1,41	626±1,83	610±1,63
Поступило N в дуоденум ¹ , г/д	575±3,37	612±1,83	616±2,94	586±2,94
% от потребленного	109,1±0,93	111,0±0,14	98,4±0,40	96,1±0,40
$\text{NH}_3\text{-N}$, г/д	8,6±0,18	9,6±0,17*	10,9±0,18**	11,8±0,50***
HAN^2 , г/д	566±3,49	602±1,94**	615±2,82***	574±3,04*
СЭНРЗ, г/д	41,0±2,16	44,0±2,58	44,0±1,83	43,0±2,45
НАМСЭНРДХ4, г/д	525±3,90	558±1,64*	578±3,68*	531±2,65
МНДХ5, г/д	308±12,84	337±14,06**	307±12,82	344±14,28***
ЭнМНР6, г/д	62±4,50	65±2,45	65±3,16	64±3,30
ЭкзНДХ7, г/д	463±6,83	493±2,89**	513±5,77***	467±4,66*
% от потребл. N	88±1,03	89±0,66	82±0,49	77±0,84
ЭкзМН8, г/д	246±12,9	272±11,7	242±14,3	280±17,4
% от ЭкзНДХ	53±2,32	55±2,63	47±2,80	60±3,35
ННРБ9, г/д	217±9,7	221±14,1**	271±14,4***	187±14,7*
% от ЭкзНДХ.	47±2,32	45±2,63	53±2,80	40±3,35
МНДХБезННК10, г/д	246±10,27**	270±11,24***	246±10,25**	275±11,43***
МБДХ11, г/д	1583±64,21	1688±70,28	1538±64,09	1719±71,42
НРБДХ12, г/д	1356±60,8	1381±88,2	1694±90,2	1169±91,3
Общ.БДХ, г/д	2894±13,56	3069±20,12**	3232±32,02***	2888±24,76

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Поступило N в дуоденум - содержание общего азота, % СВ: у коров на первом рационе $3,68 \pm 0,24$; на втором $3,73 \pm 0,17$; на третьем $3,78 \pm 0,31$; на четвертом $3,81 \pm 0,32$;

1. HAN – неаммонийный N ($N_{\text{дуоден}} - \text{NH}_3 \text{ N}$);
2. СЭНР – свободный эндогенный N рубца в составе дуоденального химуса $1,98$, г/кг потребленного сухого вещества (Ouellet, et al., 2010).
3. НАМСЭНРДХ - неаммонийный несвободный эндогенный азот рубца в дуоденальном химусе ($\text{NAN} - \text{СЭНДХ}^3$),
4. МНДХ – микробный азот дуоденального химуса определяют по концентрации MN, % СВ: % СВ: первый рацион $1,99 \pm 0,14$; второй рацион $2,11 \pm 0,20$; третий рацион $1,89 \pm 0,17$; четвертый рацион $2,23 \pm 0,21$.
5. ЭнМНР - эндогенный микробный азот рубца дуоденального химуса равен $2,95 \times \text{ПСВ}$ кг/д (Ouellet et al., 2010).
6. ЭкзНДХ – экзогенный (кормовой) азот дуоденального химуса ($\text{НАМСЭНРДХ}^4 - \text{ЭнМНР}^6$) экзогенный (кормовой) N ($\text{МНДХ}^5 - \text{ЭнМНР}^6$)
7. ЭкзМН – экзогенный микробный азот ($\text{МНДХ}^5 - \text{ЭнМНР}^6$)
8. ННРБ – азот не распадаемого в рубце белка ($\text{ЭкзНДХ}^7 - \text{ЭкзМН}^8$)
9. МНДХБезННК – микробный азот дуоденального химуса без азота нуклеиновых кислот ($\text{МНДХ} \times 0,8$) (NRC-2001)
10. МБДХ – микробный белок дуоденального химуса (МНДХБезННК^{10} , г/д $\times 6,25$)
11. НРБДХ – нераспадаемый в рубце белок в дуоденальном химусе ($\text{ННРБ}^9 \times 6,25$)

В рубце происходит образование эндогенного азота. По данным Ouellet, et al., 2010, немикробный свободный азот составляет $1,98$ г/кг потребленного СВ. Этот азот определяется в надосадочной жидкости раствора дуоденального химуса трихлоруксусной кислоты. Это количество свободного эндогенного азота по рационам было в пределах $41 - 44$ г., который, как мы считаем, необходимо вычесть из общего количества HAN. Таким образом, общее количество неаммонийного и несвободного эндогенного азота в дуоденальном химусе (НАМСЭНРДХ) составило: 1 рац. – 525 , 2 рац. – 558 , 3 рац. – 578 , 4 рац. – 531 . Максимальный выход азота 578 оказался на 3 рационе с соотношением НРБ:РРБ $50:50$. Максимальное количество микробного азота в дуоденальном химусе (МНДХ) оказалось у коров на 2 и 4 рационах при повышенном содержании РРБ в рационах (337 и 344 г/д против 308 и 307 г/д на 1 и 3 рационах) ($P < 0,05$). Эти данные свидетельствуют о том, что при повышенном содержании распадаемого в рубце белка, процессы биосинтеза микробного белка усиливаются. Такие же результаты наблюдали в своих исследованиях (Wang, et al., 2007, J. D. Kaufman, 2017, R. Tacoma, et al., 2017 M. Savari, et

al., 2018). Однако, следует подчеркнуть, что общий микробный азот представляет собой сумму эндогенного микробного азота рубца, количество которого составляет 2,95 г/кг потребленного СВ, и экзогенного микробного азота, образовавшегося из кормового азота.

Количество эндогенного микробного азота по рационам составлял от 62 до 65 г/д. Выход экзогенного азота дуоденального химуса (ЭкзНДХ) составило в % от потребленного 88-89 % на рационах с 15,7 %, на рационах с 17,7 % СВ он оказался существенно ниже, у коров на 3-ем рационе 82 % на 4-ом 77 %. Это свидетельствует, о том что использование азота при более низком уровне белка оказывается более эффективным.

Выход экзогенного микробного азота (ЭкзМН) в процентах от экзогенного азота дуоденального химуса (ЭкзНДХ) составил по рационам: первый рацион – 53 %; второй рацион – 55 %; третий рацион – 47 %; четвертый рацион – 60 %. Выход НРБ в составе дуоденального химуса оказался ниже: первый рацион – 47 %; второй рацион – 45 %; 3 третий рацион – 53 %; четвертый рацион – 40 %.

Таким образом, выход микробного азота, за исключением данных по третьему рациону, был выше выхода НРБ, а с учетом микробного эндогенного азота рубца поступление микробного белка в тонкий кишечник составляло примерно 2/3 от общего количества дуоденального белка. Поэтому получено основание считать, что снабжение организма аминокислотами на 2/3 осуществляется за счет микробного белка, и на 1/3 – за счет НРБ.

3.2.3 Выход аминокислот в дуоденум, обеспеченность рационов обменными незаменимыми аминокислотами, молочная продуктивность лактирующих коров

В соответствии с моделью потребности лактирующих коров рассчитывают потребность в обменных (усвояемых) незаменимых аминокислотах. Потребность на продукцию молока (ПМ) и поддержание (ПД) мы считаем наиболее удобной формой балансирования рационов по аминокислотам (таблица 16)

Таблица 16 – Потребность коров в обменном белке (ОБ) обменных незаменимых аминокислотах (ОНАК) на производство молока (*пм*), поддержание (*пд*)

Аминокислоты	пм, г/кгМЗ	пд, г/кг0,75	пм+пд, г/кгСВ
Лизин	3,6	0,41	8,0
Метионин	1,2	0,14	2,6
Аргинин	2,3	0,31	5,3
Гистидин	1,2	0,16	2,7
Изолейцин	2,7	0,35	6,2
Лейцин	5,0	0,60	11,1
Фенилаланин	2,8	0,44	6,8
Треонин	2,1	0,50	6,0
Триптофан	0,7	0,11	1,7
Валин	3,2	0,53	7,8
ОБ, г	47,01	6,6	109,4

Концентрация лизина на 100 г АК в дуоденальном химусе оказалась выше, чем концентрация лизина в СВ рационов: химус 1 рац. – 6,35; 2 – 6,42; 3 – 6,34; 4 – 6,42; в СВ рационов 1 – 5,0; 2 – 4,93; 3 – 5,11; 4 – 5,16.

Таким образом, содержание лизина увеличилось в белке дуоденального химуса примерно на 10 %. Содержание метионина в белке дуоденального химуса составило 1,7-1,8 %; в СВ рационов соответственно 1 – 2,01; 2 – 1,89; 3 – 1,83; 4 – 1,96. Эти данные показывают, что содержание метионина в результате микробной ферментации понижается по сравнению с его содержанием в кормах.

Особенно заметно снижение в расчете на 100 г АК содержания гистидина: в корме 2,75 – 2,67 г/100 г СВ, в химусе 2,5-2,6 г/100 г АК.

Общий выход НАК в составе дуоденального химуса оказался весьма значительным, но он был ниже на 1-ом рационе на 15 % на 2-ом на 2 %, на 3-ем на 13% и на 4-ом на 19 % по сравнению с общим количеством НАК в соответствующих рационах. При этом трудно отметить какую-либо связь между потерей АК в процессе пищеварения с уровнем СВ, соотношением РРБ в рационах. Например, самые низкие потери АК – в количестве 2 % – отмечены у коров на 2-ом рационе

при соотношении РРБ:НРБ = 35:65, хотя при таком соотношения РРБ:НРБ у коров на 4-ом рационе потери НАК составили 19 %. Сравнивая содержания АК в корме и химусе, выраженное соответственно в % СВ и % АК % / НАК+ЗАК, можно отметить весьма существенное повышение содержания лизина, изолейцина.

Таблица 17 – Концентрация аминокислот в дуоденальном химусе, % СВ и г/100г суммы АК

АК	Рационы							
	1		2		3		4	
	% СВ	г/100гАК	% СВ	г/100г К	% СВ	г/100 АК	% СВ	г/100гАК
Лизин	1,23	6,35	1,43	6,42	1,42	6,34	1,44	6,42
Мет	0,39	2,01	0,42	1,89	0,41	1,83	0,44	1,96
Гистидин	0,49	2,53	0,58	2,60	0,57	2,54	0,57	2,54
Аргинин	0,9	4,65	1,02	4,58	1,03	4,60	1,02	4,55
Изолейцин	1,04	5,37	1,18	5,30	1,2	5,36	1,21	5,39
Лейцин	1,81	9,34	2,1	9,43	2,06	9,20	2,1	9,36
Фенилалани	1,05	5,42	1,21	5,43	1,2	5,36	1,2	5,35
Треонин	0,93	4,80	1,13	5,07	1,12	5,00	1,13	5,04
Валин	1,31	6,76	1,51	6,78	1,51	6,74	1,54	6,86
Сумма НАК	9,15	47,24	10,58	47,49	10,52	46,96	10,65	47,46
Аспар,Кислота	2,01	10,38	2,32	10,41	2,33	10,40	2,35	10,47
Серин	0,93	4,80	1,09	4,89	1,09	4,87	1,1	4,90
Глутамат	2,44	12,60	2,84	12,75	2,8	12,50	2,8	12,48
Пролин	0,74	3,82	0,88	3,95	0,82	3,66	0,88	3,92
Глицин	1,86	9,60	2,1	9,43	2,33	10,40	2,14	9,54
Аланин	1,15	5,94	1,32	5,92	1,28	5,71	1,33	5,93
Тирозин	0,81	4,18	0,84	3,77	0,9	4,02	0,87	3,88
Цистин	0,28	1,45	0,31	1,39	0,33	1,47	0,32	1,43
Σ ЗАК	10,22	52,76	11,7	52,51	11,88	53,04	11,79	52,54
Σ НАК + ЗАК	19,37	100,00	22,28	100,00	22,40	100,00	22,44	100,00

По-видимому, снижение общего количества НАК в химусе обусловлено снижением таких АК, как гистидин, аргинин, метионин, треонин. Вместе с тем, существенно увеличился выход в дуоденальном химусе лизина за счет его высокого содержания в микробном белке (таблица 18).

Таблица 18 – Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров на рационах с разным содержанием и распадаемостью СБ, г/день

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ,	15,7%		17,7%	
НРБ:РРБ, % СВ	7,6:8,1	5,4:10,3	7,6:8,1	5,4:10,3
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Лизин	190,7±1,99	228,8±1,13**	231,5±1,00***	221,8±1,04*
Мет	60,5±1,21	67,2± 0,72**	66,5±0,19**	67,9±0,79 ***
Гистидин	76,1±0,78	93± 0,90***	92,6±0,60***	87,6±1,14**
Аргинин	139,5±3,16	163,2±0,14***	167,9±0,61***	157,1±1,11**
Изолейцин	161,2±1,64	188,8±0,80**	195,6±0,96***	186,3±1,33**
Лейцин	280,6±1,19	336±0,80***	335,8±1,83***	323,4±1,32**
Фенилаланин	162,8±0,99	193,6±1,91***	195,6±0,63***	184,8±0,76**
Треонин	144,2±0,26	180,8±0,79***	182,6±0,52***	174±1,33**
Валин	203,1±1,19	241,6±0,30***	246,1±0,47***	237,2±1,59**
Сумма НАК	1418,8±5,96	1692,5±1,38***	1713,2±1,75***	1640,3±2,88**
Аспар, кислота	311,6±0,57	371,2±2,00***	379,8±1,28***	361,9±0,77**
Серин	144,2±0,92	174,4±1,45***	177,7±0,65***	169,4±1,89**
Глютамат	378,2±4,77	454,4±1,11***	456,4±1,53***	431,2±5,34**
Пролин	114,7±1,29	140,8±0,80***	133,7±1,75*	135,5±0,81**
Глицин	288,3±2,60	336±1,25**	379,8±0,73***	329,6±0,69*
Аланин	178,3±1,29	211,2±1,04***	208,6±1,75**	204,8±1,13*
Тирозин	125,6±0,53	134,4±2,66**	146,7±4,11***	134±2,37**
Цистин	43,4±2,96	49,6±0,54***	53,8±0,91***	49,3±0,92**
∑ ЗАК	1584,3±8,31	1872±3,33**	1936,6±3,96***	1815,7±4,32*
∑ НАК + ЗАК	2824,7±12,14	3355,4±4,74***	3435,7±5,22**	3249,3±5,14*

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Обменный белок и обменные аминокислоты представляют собой истинно переваримые белки и аминокислоты экзогенного происхождения. Чтобы определить их количество, необходимо из дуоденального потока белка и аминокислот исключить эндогенные источники, которые поступают в рубец в виде слущивающегося эпителия дыхательных путей, ротовой полости, пищевода и слизистой рубца, а также слюны, мочевины, поступающей в рубец из крови. Исследования с меченым лейцином и мочевиной показали, что рубцовый свободный эндогенный азот, поступающий в дуоденум, составляет 1,98 г/кг потребленного СВ. Этот азот мы исключили из общего дуоденального азота. Кроме того, в рубце образуется значительное количество микробного белка из эндогенных источников азота. Ко-

личество такого азота составляет 2,95 г/кг потребленного СВ. Этот азот мы также исключили из общего азота поступившего в дуоденум. Однако, микробный белок эндогенного происхождения вместе с микробным белком экзогенного происхождения в составе дуоденального химуса поступают в тонкий отдел кишечника, где перевариваются до аминокислот и не зависимости от происхождения эти аминокислоты используются на биосинтез белка молока и обменные процессы. Поэтому мы сочли нецелесообразным исключить эндогенный микробный белок из общего снабжения коров аминокислотами.

Таблица 19 – Выход обменных (усвояемых) аминокислот в дуоденальном химусе в зависимости от уровня и распадаемости СБ, г/день

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СВ	7,6:8,1	5,4:10,3	7,6:8,1	5,4:10,3
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Лизин	149,4±4,66	169,1±0,70*	176,1±0,97***	169,5±1,98*
Мет	48,4±0,97	53,9±0,51**	53,2±0,17**	54,2±0,72***
Гистидин	60,8±0,62	74,5±0,76***	74,1±0,48***	70,7±1,72**
Аргинин	111,6±2,53	118,7±2,92***	122,3±1,56***	107,5±2,63**
Изолейцин	105,4±14,16	116,5±1,12**	119,4±1,94***	115,4±2,46**
Лейцин	212,4±16,39	224,2±1,13***	224,3±0,82***	216,7±0,92**
Фенилаланин	130,2±0,79	124,4±0,84***	124,9±1,25***	119,2±0,34**
Треонин	115,3±1,15	146,4±1,43***	146,1±0,33***	140,1±1,04**
Валин	136,7±14,89	156,3±0,21***	157,5±0,97***	152,4±2,40**
Сумма НАК	1070,3±31,31	1184,0±3,07***	1197,8±5,92***	1145,6±7,20**
Аспар. Кислот	249,4±3,57	297,2±1,72***	302,4±3,25***	291,7±4,21**
Серин	115,7±1,76	140,0±1,49***	142,3±0,39***	136,4±2,63**
Глутамат	303,5±4,59	363,7±0,83***	364,8±1,59***	347,7±8,27**
Пролин	91,7±1,03	112,8±0,68***	1075,6±2,56*	108,4±0,60**
Глицин	230,7±2,08	268,8±1,12**	298,2±1,05***	269,2±3,73*
Аланин	142,7±1,03	169,1±0,88***	167,2±1,52**	164,2±1,37*
Тирозин	100,2±0,42	107,3±2,28**	117,3±1,03***	107,2±1,73**
Цистин	35,1±2,37	39,8±0,38***	42,6±1,77***	39,8±1,17**
Σ ЗАК	1269,1±10,13	1498,5±1,22**	1492,7±124,56**	1464,6±18,14*
Σ НАК + ЗАК	2339,4±34,9	2682,5±3,24**	2692,3±122,6**	2610,1±24,65*

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Переваримость белка микробного происхождения и НРБ по данным NRC – 2001, а следовательно и аминокислот составляет 80 %. Поэтому, умножит общее

количество дуоденальных аминокислот на коэффициент 0,8 мы получаем количество истинно переваримых (обменных аминокислот).

Таблица 20 – Обеспеченность коров ОНАК на (пм) и (пд) на рационах с разным содержанием СБ г/гол/день и в % от норм потребности

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
Потребность в ОАК на <i>пд+пм</i> , г/день:				
Лизин на <i>пд+пм</i> , г/день:	187,4	191,8	195	192
количество ОЛиз	152,6	183,0	185,2	177,4
Обеспеченность, %	81,4	95,4	95,0	92,4
Метионин на <i>пд+пм</i> , г/день:	61,3	63	63,9	63,1
количество ОМет	48,4	53,8	53,2	54,3
Обеспеченность, %	79,0	85,4	83,3	86,1
Гистидин на <i>пд+пм</i> , г/день:	60,9	74,4	74,1	70,1
количество ОГис	63,6	65,3	66,3	65,5
Обеспеченность ОГ, %	95,8	113,9	89,5	93,4
Аргинин на <i>пд+пм</i> , г/день:	122,2	125,8	127,4	126
количество обменный Арг	111,6	130,56	134,32	125,68
Обеспеченность, %	91,3	103,8	105,4	99,8
Изолейцин на <i>пд+пм</i> , г/день:	141,9	146	148	146,2
количество ОИзол	129,0	151,0	156,5	149,0
Обеспеченность, %	90,9	103,4	105,7	101,9
Лейцин <i>пд+пм</i> , г/день:	257,1	264,7	268,3	265
количество ОЛейц	224,5	268,8	268,6	258,7
Обеспеченность, %	87,3	101,5	100,1	97,6
фенилаланин на <i>пд+пм</i> , г/день:	156,1	159,6	162,6	160,8
количество Офенил	130,2	154,9	156,5	147,8
Обеспеченность, %	83,4	97,1	96,2	91,9
Валин на <i>пд+пм</i> , г/день:	136,9	140,6	142,1	140,9
количество ОВали	162,5	193,3	196,9	189,8
Обеспеченность, %	89,5	103,5	104,2	101,5
Треонин на <i>пд+пм</i> , г/день:	84,2	104,1	102,8	99,4
количество ОТрео	136,9	140,6	142,1	140,9
Обеспеченность, %	61,5	74,0	72,3	70,5

*Расчеты потребности на *пд* и *пм* по отдельности даны в приложениях 14 и 15

Мы произвели расчет обеспеченности ОАК в соответствии с нормами потребности для коров, получавших рационы с разным содержанием СБ – 15,7 и

17,7 % и разным соотношением НРБ:РРБ при каждом уровне белка: соответственно 50:50 и 35:65 % СБ. Расчет потребности на пд представлен в таблице 20.

Потребность коров в обменном лизине на 2-ом и 3-ем рационах удовлетворена на 95,2 % при недостатке 5 % общего лизина, что вполне приемлемо; на 4-ом рационе – 92,4 %, и особенно неудовлетворительно на 1-ом рационе, который недостаточно поедался животными – 81,4 %. Значительно хуже обстоял вопрос с обеспеченностью обменным метионином: 1-й рацион – 72,9%; 2-й – 85%; 3-й – 77,7 %; 4-й – 81,7 %.

Неудовлетворительный баланс в рационах ОМ следует объяснить двумя причинами: во-первых, недостаточной отработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин белка молока. В научной литературе представлено три разных коэффициента: равный 1,0 по данным Корнельского университета, 0,82 – по данным В.Г. Рядчикова и О.Г. Шляховой, 2015 г., и 0,66 – по L, Doerfel, and H, Lapierre et al., 2010 г.

При построении факториальной модели мы использовали самый низкий коэффициент – 0,66, полученный на базе более 200 исследований. Естественно, потребность в метионине вышла весьма высокой. По-видимому, предстоит работа по уточнению коэффициента трансформации обменного метионина и уточнение норм обменного метионина.

Если принять коэффициент трансформации ОМ в чистый метионин белка молока = 0,82 (В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, 2013) вместо 0,66 (Doerfel, et al., 2010), мы получим обеспеченность рационов ОМ, близкую к потребности (95-98 %) за счет снижения потребности на производство молока с 1,2 до 1,0 г (таблица 21).

Вторая причина – это недостаток метионина в рационах, который можно устранить за счет белков, богатых метионином, или добавок защищенного синтетического метионина. Обеспеченность остальными НАК – гистидином, треонином, валином, аргинином, фенилаланином – находится на уровне 100 % и более.

Таблица 21 – Обеспеченность рационов метионином в перерасчете с коэффициентом 0,82 трансформации обменной аминокислоты в чистую аминокислоту

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	7,6:8,1	5,4:10,3	7,6:8,1	5,4:10,3
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Потребность в метионине на поддержание, г/кг ^{0,75}	16,7	16,6	16,6	16,7
Потребность на <i>пм</i> , г/день	37,4	38,7	39,4	38,7
Потребность на <i>пм+пд</i>	53,8	55,3	56	55,4
Поступлен. ОМ, г/день	48,4	53,8	53,2	54,3
Обеспеченность метионином, % от потребность	90	97,3	95	98

Рассматривая показатели продуктивности коров, следует отметить, что наиболее высокие надои оказались на 2-ом и 3-ем рационах, которые лучше других были сбалансированы по обменному лизину и метионину.

Первый рацион с соотношением НРБ:РРБ = 50:50 коровы поедали хуже, чем остальные рационы (20,9 кг СБ против 22,1 кг СБ во второй и третьих группах), низкое содержание распадаемого белка РРБ отрицательно сказалось на аппетите коров, что, по-видимому, обусловлено недостаточным образованием аммонийного азота, необходимого для роста бактерий. Подобные результаты наблюдались в ряде работ других исследователей, когда РРБ составлял ниже 9 % СБ (J. D. Kaufman, et al. 2017;2018) 3 рацион с более высоким содержанием СБ 17,7 % при таком соотношении НРБ:РРБ = 50:50, как в первом рационе, не вызывал снижение аппетита у коров. По-видимому, коровам на 3 рационе было достаточно РРБ 113,8 г/кгСБ по сравнению с 81,4 г/кг СБ в первом рационе для осуществления нормальных ферментативных процессов в рубце.

Корова на первом рационе потребляла 1701 г/д РРБ, а на третьем рационе – 2515 г/д РРБ, или на 814 г РРБ больше. В опытах (E. D. Batista, 2016; Bahrani-yekdangi, et al., 2014) при соотношении НРБ:РРБ 50:50 и содержание СБ 18 % не наблюдалось разницы в потреблении СБ по сравнению с потреблением на рацио-

не с соотношением НРБ:РРБ 35:65. По-видимому, при высоком уровне СБ в рационе процентное содержание РРБ может быть более низким, чем при пониженном содержании СБ и не оказывать отрицательного влияния на потребление корма.

Самые высокие надои молока были на втором и 3-ем рационах, которые лучше других были сбалансированы по обменным лизину и метионину, что свидетельствует о важности нормирования рационов лактирующих коров по незаменимым аминокислотам (Таблица 22).

Таблица 22 – Суточный надой молока, содержание и выход молочного жира и белка у коров на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	7,6:8,1	5,4:10,3	9,1:8,7	6,3:11,4
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Потребление СБ, кг	20,9±0,16	22,1±1,28	22,1±0,99	21,6±0,87
Потребление СБ, % ЖМ	3,56±0,06	3,75±0,12	3,75±0,08	3,68±0,03
Надой натурального молока, кг/д	37,4±0,67*	38,7±0,85**	39,4±0,74**	38,7±0,76**
Надой, скорректированный на 3,4 % жира, кг	39,6±0,27	42,3±0,34	43,6±0,29	42,6±0,30
Содержание жира, %	3,68±0,14	3,72±0,39*	3,76±0,24**	3,74±0,36**
Выход жира, г/день	1376±50,61	1440±150,68	1481±93,20	1447±140,89
Содержание сырого белка, %	3,23±0,05	3,27±0,09	3,25±0,07	3,27±0,13
Выход белка, г/день	1208±18,11	1266±34,69	1281±28,07	1266±51,38
Выход белка, г/гНорма	2,30±0,04	2,28±0,03	2,05±0,05	2,08±0,03
Затраты СБ на 1 кг молока, кг	0,56	0,57	0,56	0,56
Живая масса коров в начале, кг	565	577	579	583
Живая масса коров в конце, кг	577	589	589	591
Среднесут. прирост ЖМ, кг	0,125	0,136	0,114	0,091

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

Нормы потребности в обменных аминокислотах на производство кг молока рассчитаны на концентрацию сырого белка в молоке 3,3 % (33 г/кг) или 3,15 % чистого белка (31,5 г/кг). Молоко опытных коров по содержанию сырого белка оказалось близким к норме содержанию СБ в молоке от 3,23 до 3,27 %. Поэтому

каких либо перерасчетов на изменение содержания белка в молоке делать не следует. В тех случаях, когда содержание белка будет заметно ниже или выше указанных нормативов, необходимо будет сделать корректировку норм потребности в обменном лизине и метионине на количество в процентах изменения содержания белка в молоке. Например, содержание сырого белка в молоке оказалось = 3,0 %, что составляет от нормы $(3/3,3) \times 100 = 91$ %. Следовательно, формула для корректного вычисления нормы лизина: $(3,6 \times 91)/100 = 3,28$ г/кг молока.

Таким образом потребность в обменном лизине на 1 кг молока с содержанием белка 3,0 % будет составлять не 3,60 г, а 3,28 г. Такая же корректировка делается при пересчете норм в случаях, если содержание белка окажется выше нормативных показателей.

3.3 Биохимические показатели крови

Разное содержание СБ и разные соотношения НРБ:РРБ оказали существенного влияния на концентрацию общего белка в плазме крови. Однако, можно отметить пониженное количество общих альбуминов у коров на 2-ом и 4-ом рационах с соотношением НРБ:РРБ равном 35:65 ($P < 0,001$) (таблица 23). В то же время в плазме крови коров на этих же рационах достоверно выше концентрация гамма-глобулинов ($P < 0,0001$), ответственных за иммунитет, по сравнению их концентрацией у коров на 1-ом и 3-ем рационах с НРБ:РРБ = 50:50. Если положительное действие высокого РРБ на иммунологическую реактивность подтвердится, то на это необходимо обратить более пристальное внимание.

Концентрация глюкозы у коров на всех рационах физиологически вполне достаточная.

Повышенное содержание СБ в 3-ем и 4-ом рационах отразилось на более высокой концентрации в плазме крови животных мочевины по сравнению с тем на рационах с 15,7 % СБ ($p < 0,001$).

Таблица 23 – Биохимические показатели сыворотки крови и мочи

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	7,6:8,1	5,4:10,3	9,1:8,7	6,3:11,4
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Сыворотка крови				
Белок г/л	78,8±4,40	79,2±1,45**	79,2±2,04**	80,7±1,64***
Альбумины, %	45,6±3,98***	31,9±0,89	45,6±0,65***	40,2±0,82**
α глобулины, %	15,9±0,87	15,1±0,67	15,7±0,94	15,6±0,80
β глобулины, %	11,6±1,07**	7,7±0,71*	6,8±0,46	7,4±1,71*
γ глобулины, %	26,6±1,44	47,4±0,67***	32,3±0,90*	44,2±1,17**
Глюкоза мм/л	3,3±0,25**	3,2±0,18*	3,4±0,14**	3,1±0,21
Мочевина мм/л	7,6±0,54**	7,4±0,25**	7,1±0,07	8,9±0,21***
Холестерин мм/л	7,3±0,23**	6,6±0,24*	6,0±0,30	7,1±0,33**
Триглицерид мм/л	0,16±0,02	0,12±0,02	0,16±0,01	0,11±0,02
Щелочная фосфатаза, ЕД/л	144,8±2,52	140,5±1,29	141,5±1,29	163,0±1,15
Каротин, %	0,46±0,01	0,47±0,06	0,45±0,03	0,44±0,04
AST, ЕД/л	113,5±1,28**	103,0±1,83	144,5±2,62***	101,5±1,91*
ALT, ЕД/л	37,5±1,94**	30,5±1,12	42,0±0,86***	43,8±1,90***
Са мм/л	2,5±0,10	2,4±0,10	2,3±0,15	2,5±0,13
Р мм/л	1,8±0,05	2,2±0,21	2,2±0,21	2,1±0,18
Ca/P	1,33±0,05	1,04±0,05	0,10±0,10	1,19±0,05
Zn мг/л	131,7±5,18	136,7±3,52	129,1±2,91	150,8±2,84
Cu мг/л	101,7±2,91	107,3±4,85	95,2±2,65	107,5±2,12
Моча				
NH ₃ -N, мг%	4,19±0,31*	3,66±0,09	4,98±0,13**	8,38±0,35***
Мочевина, мг%	8,2±0,30	10,9±0,28**	9,3±0,32*	12,7±1,14***

Достоверность разницы в значениях отмечается: *P<0,05; **P>0,01; ***P>0,001

На рационах с повышенным содержанием РРБ отмечается более низкое содержание триглицеридов, более низкая активность АСТ (p<0,001); по другим показателям – холестерину, щелочной фосфатазе, АЛТ, концентрации минеральных веществ трудно отметить специфическое действие уровня СБ и соотношения фракций. Концентрация аммонийного азота NH₃-N и мочевины в моче коров находилась в прямой зависимости от уровня РРБ в рационе (p<0,001). Видимо, пониженное потребление корма коровами на 4-ом рационе обусловило высокий уровень аммония в моче и его предшественника в крови – мочевины; эти показа-

тели у коров указанной группы оказались наиболее высокими. По концентрации холестерина, триглицеридов, АСТ, АЛТ, Са, Zn, Cu не было отмечено различий.

3.4 Оценка разработанных рационов с оптимальным соотношением лизина и метионина

В результате опыта на оперированных коровах были выявлены рационы № 2 и № 3, различающиеся содержанием СБ и соотношением аминокислот лизина и метионина, при скармливании которых были получены высокие показатели молочной продуктивности. Финальный этап исследования заключался в проверке этих рационов в производственных условиях. Результаты исследования отражены в таблице 24.

Таблица 24 – Оценка проверяемых рационов (с 14 по 28 дни лактации)

Показатель	Группа		
	1 – контроль	2 - опыт	3 – опыт
Поголовье коров, гол.	16	16	16
Характеристика питания коров (на 1 гол./сут)	лизин 160 г/день; метионин 55 г/день	лизин 171 г/день; метионин 69 г/день	лизин 200 г/день; метионин 69 г/день
Среднесуточный удой на 1 гол., кг	36,8±0,92	38,8±0,85	39,1±0,64
Содержание жира в молоке, %	3,69±0,14	3,71±0,41	3,75±0,33
Содержание белка в молоке, %	3,23±0,04	3,27±0,08	3,25±0,11
Удой на группу за период опыта, кг	8243,2	8691,0	8758,4
Затраты СВ корма на 1 кг молока, кг	0,62	0,57	0,56
Затраты кормов, руб. на 1 кг молока	10,5	8,8	9,1

Анализ полученных в ходе работы результатов позволяет утверждать, что применение проверяемых диет оказывает влияние на молочную продуктивность и качественные показатели молока первотелок, аналогичное показателям в опыте на

оперированных коровах. Выявлены общие тенденции: повышение показателя среднесуточного удоя, содержания жира и белка в молоке (величины более выражены на рационе № 3). За 14 дней во 2-й опытной группе было получено на 447,8 кг молока больше, чем в контроле (превышение составляет 5,40 %), а в 3-й – на 515,2 кг (превышение по отношению к контролю составляет 6,24 %).

Проверяемые рационы позволили снизить затраты корма на единицу продукции: в опытных группах это снижение в сравнении с использованием рациона хозяйства составило 8,1 % (группа № 2) и 9,7 % (группа № 3). В денежном выражении применение рациона № 2 позволяет удешевить питание животных на 1,7 руб. на каждый 1 кг молока, а использование рациона № 3 – на 1,4 руб.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Затраты кормов в денежном выражении на 1 кг молока были неодинаковыми. Они оказались ниже на рационах с 15,7 % СБ (8,8; 8,9 руб.), по сравнению с затратами на рационах с 17,7 % СБ (9,1; 9,3 руб.). Результаты отражены в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет себестоимости и рентабельности производства молока

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
НРБ:РРБ, % СВ	7,6:8,1	5,4:10,3	9,1:8,7	6,3:11,4
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Сред.сут. надой молока, кг	37,4	38,7	39,4	38,7
Общ.надой за учетный период (40 дн.), кг	1496	1548	1576	1548
Затраты кормов, руб. на кг молока	8,9	8,8	9,1	9,3
В % от общей себестоимости	45,2	45,1	45,0	45,1
Себестоимость 1 кг молока, руб.	19,7	19,5	20,2	20,6
Себестоимость общ. надоя молока, руб.	29471	30186	31835	31889
Цена реализации молока в 2018 г., руб.	23,7	23,7	23,7	23,7
Реализация молока, руб.	35455	36688	37351	36687
Прибыль от реализации молока, руб.	5984	6502	5516	4798
Рентабельность производства молока, %	17	22	17	15

В целом затраты на корма составили 45 – 45,2 %. На остальные затраты хозяйства приходилось 54,8 – 55 %. Себестоимость 1 кг молока составила по рационам: 1 рац. -19,7; 2 - 19,5; 3 - 20,2; 4 - 20,6. Самая низкая себестоимость и са-

мая высокая чистая прибыль от реализации молока получена при 15,7 % СБ на 2 рационе, который лучше других сбалансирован по обменным незаменимым аминокислотам. С повышением уровня сырого белка в рационах повышалась стоимость кормов и, несмотря на повышение надоя на 3 рационе, рентабельность молока на нем оказалась ниже, чем на 2 рационе (17 против 22 %). Эти данные свидетельствуют о необходимости оптимизации уровня белка в рационах коров за счет снижения расхода дорогостоящих белковых кормов. При пониженном содержании СБ в рационах важно учитывать соотношение НРБ:РРБ и содержание обменных (усвояемых) незаменимых аминокислотах, которое по данным наших опытов было более оптимальным во 2 рационе = 35:65 % СБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

1. На основе факториального метода разработаны нормы потребности лактирующих коров во всех незаменимых аминокислотах на поддержание ($\text{кг}^{0,75}$) и производство молока (кг), позволяющие производить расчет потребности в зависимости от суточного надоя молока (кг) и ЖМ ($\text{кг}^{0,75}$).

2. Проведенные исследования по определению потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах, с использованием предлагаемого варианта факториальной модели, показали действенность этой модели. Абсолютная потребность для получения 38 кг молока за сутки ($1102,5 \text{ г/дн}$ чистого молочного белка) от коровы живой массой 590 кг составила: ОЛиз̃ 193 г, ОМет̃ 63,5 г/дн, а выраженная в % ОБ, – соответственно 7,28 % и 2,42 %, что близко совпадает с нормами по моделям NRC-2001, рассчитанными по результатам ответной реакции коров на дозу пострубцового инфузирования растворов лизина и метионина. На базе нашей модели выполнено определение потребности во всех 10 незаменимых аминокислотах.

3. Для применения норм в практике молочного животноводства предлагаем делать расчеты суточной потребности в ОБ, ОЛиз, ОМет и ОГист на ожидаемую и планируемую продукцию молока, равные соответственно, г/кг молока: ОБ̃ 47, ОЛиз̃ 3,7, ОМет̃ 0,95; ОГист̃ 1,2; по затратам на поддержание (г/кг 0,75): ОБ̃ 6,6, ОЛиз̃ 0,41, ОМет̃ 0,14, ОГист̃ 0,16. Предлагаемые нормы требуют всесторонней оценки в научных исследованиях и практике.

4. При оценке выхода дуоденального азота необходимо учитывать наличие в нем эндогенного азота рубца, количество которого, по данным Ouellet, et al. (2010), составляет в виде свободного эндогенного и микробного эндогенного азота, соответственно, 1,98 г и 2,95 г на каждый 1 кг потребленного СВ. Общий выход экзогенного (кормового) азота в % от потребленного на рационах с 15,7 % СВ был выше (88-89 %), чем на рационах с 17,7 % СВ (77-82 %), что

свидетельствует о более эффективном использовании азота при пониженном содержании СБ.

5. Выход в дуоденум микробного азота экзогенного и эндогенного происхождения находится на уровне 60-70 % от общего количества дуоденального азота, на азот НРБ остается 30-40 %. Поэтому обеспечение коров незаменимыми аминокислотами в большей мере осуществляется за счет микробного белка.

6. Обеспеченность второго и третьего рационов обменным лизином по разработанным нормам потребности составила 95 %. Надой молока на этих рационах оказался наиболее высоким.

7. Обеспеченность второго и третьего рационов обменным метионином составила в среднем 84,4 %, то есть значительно хуже, чем обеспеченность обменным лизином. Такое положение объясняется неотработанностью коэффициентов трансформации обменного метионина в чистый метионин молочного белка. Поэтому требуется дальнейшая работа по уточнению коэффициента трансформации обменного метионина.

8. При повышенном содержании СБ в рационах (17,7 %) наиболее оптимальным соотношением НРБ:РРБ от СБ является 50:50. При соотношении НРБ:РРБ 35:65, по-видимому, создается избыточное количество РРБ и, как следствие, снижение эффективности использования азота корма. Об этом свидетельствует повышение концентрации мочевины в крови и моче и, особенно, высокая концентрация в моче $\text{NH}_3\text{-N}$.

9. Более высокая экономическая эффективность производства молока получена при содержании в рационе 15,7 % СБ при соотношении НРБ:РРБ = 35:65 % СБ и при более полной обеспеченности обменными лизином и метионином.

Рентабельность производства молока у коров на этом рационе составила 22 % по сравнению с рентабельностью 15-17 % на рационах с более высоким уровнем белка (17,7 % СБ). Снижение количества белка при кормлении коров при условии его сбалансированности по обменным незаменимым аминокислотам является более выгодным, чем кормление по рационам с высоким уровнем (17,7 %) СБ.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения эффективности производства молока предлагаем использовать нормирование рационов лактирующих коров по незаменимым аминокислотам. В качестве примерных норм потребности в наиболее лимитирующих обменных незаменимых аминокислотах лизине и метионине предлагаем обеспечить в корме содержание лизина – 3,6 г, метионина – 1,2 г на получение 1 кг молока при содержании в нем 3,3 % СБ и 3,15 % чистого белка.

Предлагаем принять за норму потребность в лизине и метионине на поддержание жизнедеятельности соответственно 0,41 и 0,14 г/кг^{0,75}. При других концентрациях сырого чистого белка молока требуется внести поправку в нормы указанных аминокислот на производство молока.

Предлагаем придерживаться оптимального содержания СБ в рационах коров – 15,7 % при соотношении в его составе НРБ:РРБ = 35:65.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Полученные результаты показали целесообразность дальнейших исследований по совершенствованию модели определения потребности в аминокислотах по следующим направлениям:

- определение их затрат на поддержание биосинтеза белка молока, тканей и органов и уточнение на этой основе коэффициентов использования аминокислот на продукцию молока и поддержание;
- разработка идеальных по аминокислотному профилю низкобелковых рационов как за счет корректировки натуральными компонентами, так и за счет использования препаратов аминокислот, защищенных от распада в рубце, с целью повышения эффективности использования белка в организме и снижения уровня загрязнения окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, В. И. Нормирование энергетических затрат у лактирующих коров / В. И. Агафонов // Актуал. проблемы биологии в животноводстве : материалы IV Междунар. науч. конф. – Боровск, 2006. – С. 17-18.
2. Аитова, М. Д. Аминокислотная питательность кормов для жвачных животных и методы ее определения / М. Д. Аитова // Тр. / ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1989. – Т. 36. – С. 110–118.
3. Аитова, М. Д. К вопросу аминокислотного питания коров / М. Д. Аитова, В. И. Горбачев // Белково-аминокислот. питание с.-х. животных : материалы всесоюз. совещ. - Боровск, 1987. – С. 19-28.
4. Аитова, М. Д. Метаболизм аминокислот в преджелудках коров / М. Д. Аитова // Тр. / ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1983. – Т. 26. – С. 11-22.
5. Аитова, М. Д. Нормирование аминокислотного питания коров / М. Д. Аитова // Зоотехния. – 1990. – № 7. – С. 39-41.
6. Аитова, М. Д. Синтез аминокислот в преджелудках коров / М. Д. Аитова, А. Соммер // Тез. докл 33 ежегод. конф. Европ. ассоц. по животноводству. – М., 1982. – С. 1-9.
7. Айснер, И. Защищенные аминокислоты в кормлении коров / И. Айснер // Комбикорма. – 2015. – № 3. – С. 49-52.
8. Алиев, А. А. Достижения физиологии пищеварения сельскохозяйственных животных в XX веке / А. А. Алиев // С.-х. биология. – 2007. – № 2. – С. 12-23.
9. Аллисон, Д. Биологическая оценка белков / Д. Аллисон // Белки и аминокислоты в питании человека и животных. - М. : Иностр. лит., 1952. – С. 18-21.
10. Аминокислоты в желудочно-кишечном тракте коров / Н. В. Курилов, А. А. Пташкин, Н. Д. Поташевский, А. М. Соловьев // С.-х. биология. – 1969. – № 1. – С. 77-82.

11. Аминокислоты, их производные и регуляция метаболизма / А. А. Кричевская, А. И. Лукаш, В. С. Шугалей, Г. И. Бондаренко. - Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 1983. – С. 216-226.
12. Баканов, В. Н. Кормление сельскохозяйственных животных / В. Н. Баканов, В. К. Менькин. - М. : Агропромиздат, 1989. – 506 с.
13. Баландин, В. Я. Образование аммиака, ЛЖК и микробного белка при скармливании протеина, защищенного от распада в рубце / В. Я. Баландин, Н. В. Курилов // Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. - 1980. - Вып. 1(57). – С. 19-23.
14. Бергнер, Х. Научные основы питания сельскохозяйственных животных / Х. Бергнер, Х. А. Кетц ; пер. с англ. – М. : Колос, 1973. – 598 с.
15. Березин, А. В. Синтез микробного белка в рубце коров при разном отношении растворимой и распадаемой фракции протеина корма в рационе / А. В. Березин // Актуал. проблемы биологии в животноводстве : материалы IV Междунар. науч. конф. - Боровск, 2006. – С. 18-20.
16. Березовская, Н. Н. Об изменении процессов синтеза и переаминирования аминокислот в печени крыс при белковой недостаточности / П. Н. Березовская // Биохимия. – 1970. – Т. 21, № 4. – С. 45-57.
17. Боярский, Л. Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л. Г. Боярский. - Ростов-н/Д : Феникс, 2001. – 414 с.
18. Буряков, Н. Азотистый обмен и переваримость питательных веществ у баранчиков при скармливании рационов с разным уровнем протеина / Н. Буряков, М. Бурякова, Т. Клименко // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. – 2006. - № 8. – С. 52-56.
19. Вальдман, А. Р. Аминокислоты в системе биологически активных веществ животного организма / А. Р. Вальдман // Белково-аминокислотное питание с.-х. животных : материалы всесоюз. совещ. - Боровск, 1987. – С. 87.
20. Васильев, Н. В. Оценка белковой питательности кормов / Н. В. Васильев // Зоотехния. - 1994. – № 2. – С. 9-11.

21. Викторов, П. И. Повышение протеиновой питательности кормов и белкового питания животных / П. И. Викторов // Зоотехния. - 1999. - № 7. - С. 9-12.
22. Вайзенен, Г. Н. Аминокислотное питание коров в условиях промышленной технологии производства молока / Г. Н. Вайзенен // Рекомендации по рациональному, кормлению животных. – Калининград : Кн. изд-во, 1979. – С. 65-72.
23. Галочкина, В. П. Новый способ оценки влияния количества и качества сырого протеина корма на его переваримость в желудочно-кишечном тракте бычков / В. П. Галочкина // Зоотехния. – 2006. – № 9. – С. 4-7.
24. Гридин, В. Значение протеина в рационе высокопродуктивных коров / В. Гридин // Молоч. и мяс. скотоводство. - 1999. – № 5. – С. 5.
25. Девени, Т. Аминокислоты, пептиды, белки / Т. Девени, Я. Гергей ; пер. с англ. А. Н. Маца ; под ред. Р. С. Незлина. – М. : Мир, 1976. – 368 с.
26. Девяткин, А. И. Новое в кормление крупнорогатого скота / А. И. Девяткин, Е. И. Ткаченко. - М. : Колос, 1983. – 188 с.
27. Денисов, Н. И. Кормление высокопродуктивных коров / Н. И. Денисов. - М. : Россельхозиздат, 1982. – 120 с.
28. Дмитроченко, А. П. Кормление молочных коров / А. П. Дмитроченко. - М. : Колос, 1954. – 161 с.
29. Дмитроченко, А. П. Кормление сельскохозяйственных животных / А. П. Дмитроченко, П. Д. Пшеничный. – Л. : Колос, 1975. – 480 с.
30. Дульнев, В. И. Влияние силосного типа кормления на здоровье животных / В. И. Дульнев // Ветеринария. - 1996. – № 12. – С. 27-29.
31. Душкин, Е. В. Состояние печени коров по фазам репродуктивного цикла и во время ее жировой инфильтрации в период раздоя при разных уровнях кормления / Е. В. Душкин // Ветеринария Кубани. – 2006. – № 6. – С. 21.
32. Ерсков, Э. Р. Протеиновое питание жвачных животных / Э. Р. Ерсков. - М. : Агропромиздат, 1985. – 482 с.

33. Жеребцов, П. И. Обмен и биосинтез белка / П. И. Жеребцов, А. И. Солнцев, В. Ф. Вракин. - М. : Колос, 1968. – 368 с.
34. Зельнер, В. Р. Потребность жвачных в аминокислотах / В. Р. Зельнер // Сел. хоз-во за рубежом. - 1971. - № 7. – С. 6-12.
35. Изучение пищеварения у жвачных / Н. В. Курилов, Н. А. Севастьянова, В. Н. Коршунов (и др.) // Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных : сб. науч. тр. - Боровск, 1989. - Т. XXXVI. – С. 63-66.
36. Изучение пищеварения у жвачных животных : метод. указания / Н. В. Курилов, Н. А. Севастьянова, В. Н. Коршунов (и др.). – Боровск, 1987. – 194 с.
37. Кальницкий, Б. Д. К вопросу о нормировании аминокислотного питания молочных коров / Б. Д. Кальницкий, Е. Л. Харитонов // Докл. РАСХН. – 2004. - № 3. – С. 24-27.
38. Кальницкий, Б. Д. Процессы ферментации белка в преджелудках жвачных и возможности оптимального нормирования белкового (аминокислотного) питания молочных коров / Б. Д. Кальницкий, Е. Л. Харитонов // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар, 2005. – С. 131–410.
39. Капланский, С. Л. Влияние малобелковой диеты на процессы дезаминирования, переаминирования и синтеза аминокислот в печени и почках / С. Л. Капланский, Н. Березовская, Ж. Шмерлинг // Биохимия. – 1945. - Т. 10. – С. 5-6.
40. Кельнер, О. Кормление сельскохозяйственных животных / О. Кельнер. – М. : Сельхозгиз, 1933. – 412 с.
41. Киреенко, Н. Расщепляемость протеина и переваримость сухого вещества рапсового жмыха у бычков / Н. Киреенко // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. - 2006. – № 8. – С. 45-48.
42. Компьютерное моделирование белково-витаминных компонентов, сбалансированных по содержанию незаменимых аминокислот / Р. И. Шаззо, Л. Д. Ершова, Г. Н. Павлова (и др.) // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2007. – № 6. – С. 7-14.

43. Кондрахин, И.П., Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И.П. Кондрахин, А.В. Архипов, В.И. Левченко, Г.А. Таланов, Л.А. Фролова, В.Э. Новиков. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
44. Корчинский, П. Н. Кормление высокопродуктивных животных / П. Н. Корчинский. – М. : Колос, 1976. – 254 с.
45. Краснощекова, Т. А. Обоснование системы полноценного кормления крупного рогатого скота в условиях Амурской области : автореф. дис. д-ра с.-х. наук. - Л. : Пушкин, 1987. – 24 с.
46. Кроткова, А. Н. Обмен веществ у жвачных животных / А. Н. Кроткова, Н. В. Курилов. – М. : Колос, 1966. – 79 с.
47. Курилов, Н. В. Влияние нераспадаемого протеина на пищеварение жвачных животных / Н. В. Курилов, В. Н. Коршунов, Н. А. Севастьянова // Тр. / ВНИИФБиП с.-х. животных. - Боровск, 1986. – № 32. – С. 23-33.
48. Курилов, Н. В. Процессы пищеварения и пути совершенствования кормления жвачных животных / Н. В. Курилов // С. х. биология. - 1973. – Т. 7, № 6. – С. 937-944.
49. Курилов, Н. В. Распад протеина корма в рубце и его влияние на обмен аминокислот в желудочно-кишечном тракте молочных коров / Н. В. Курилов, В. А. Девяткин // Оптимизация кормления с.-х. животных : сб. науч. тр. - Дубровицы, 1989. – Вып. 53. – С. 10-17.
50. Курилов, Н. В. Современный подход к нормированию протеинового питания жвачных животных / Н. В. Курилов // Вестн. с.-х. науки. - 1987. – № 11. – С. 124-132.
51. Курилов, Н. В. Физиология и биохимия питания жвачных / Н. В. Курилов, А. П. Кроткова. – М. : Колос, 1971. – 432 с.
52. Курилов, П. Н. Физиолого-биохимическое обоснование повышения эффективности использования протеина жвачными животными на основе его расщепляемости в рубце : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / П. Н. . Курилов. – Дубровицы, 1990. – 49 с.

53. Лабуда, Я. Кормление высокопродуктивных животных / Я. Лабуда. – М., 1976. – 138 с.
54. Ленг, Л. Влияние нераспадающегося белка в рубце на обеспеченность организма животными / Л. Ленг // Науч. тр. / Ин-т физиологии с.-х. животных. – Братислава, 1980. – С. 111-133.
55. Майстер, А. Биохимия аминокислот / А. Майстер. – М. : Иностр. лит., 1961. – 530 с.
56. Мороз, З. М. Сбалансированное кормление молочных коров / З. М. Мороз. – Л., 1976. – 99 с.
57. Обмен азота в организме бычков при скармливании защищенных форм ферментного препарата / Г. К. Дускаев, Г. И. Левахин, И. В. Моисеев, Л. А. Лебедянцева // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. Биоэлементология. – 2006. – № 2. – С. 36-37.
58. Олль, Ю. К. Потребность молочных коров в протеине / Ю. К. Олль // Тр. / Эстонской СХА. – 1976. – Т. 106. – С. 29-30.
59. Оптимизация уровня концентратов в рационе коров в переходный период / В. Г. Рядчиков, Д. П. Дубинина, Т. А. Сень, О. Г. Шляхова // Зоотехния. – 2012. – № 1. – С. 10-13.
60. Пиункова, С. А. Влияние аминокислот на активность фосфатазного комплекса капустной белянки (*Pieris brassicae* L.) / С. А. Пиункова, А. С. Коницев, Ю. Б. Филиппович // Приклад. биохимия и микробиология. – 1999. – Т. 35, № 6. – С. 657-661.
61. Погосян, Д. Г. Эффективные способы защиты протеина кормов от избыточной распадаемости в рубце жвачных животных / Д. Г. Погосян, И. Г. Рамазанов // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2008. – № 1. – С. 37-40.
62. Попов, А. С. Влияние степени распада протеина в рубце на использование коровами неструктурных полисахаридов / А. С. Попов // Бюл. / ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1984. – № 1. – С. 34-37.

63. Попов, И. С. Протеиновое питание животных / И. С. Попов, А. П. Дмитро-
ченко, В. М. Крылов. – М. : Колос, 1975. – 368 с.
64. Потехин, С. А. Эффективность использования азота коровами в зависимости
от распадаемости протеина кормов / С. А. Потехин, Л. Ф. Кондратьева // *Докл. РАСХН*. - 2002. - № 4. – С. 47-51.
65. Протеиновое питание молочных коров / Б. Д. Кальницкий (и др.). - Боровск :
ВНИИФБиП, 1998. – 28 с.
66. Распадаемость кормового белка важный фактор эффективности использо-
вания азота и молочной продуктивности лактирующих коров / В. Г. Рядчиков,
А. А. Солдатов, Е. Л. Харитонов, О. Г. Шляхова, А. А. Тантави // *Эффектив.
животноводство*. – 2019. – № 3 (151). – С. 42-49.
67. Рационы с разной распадаемостью протеина для коров / П. И. Викторов, С.
А. Потехин, А. А. Солдатов, Ю. К. Мураз // *Зоотехния*. - 1993. – № 10. – С. 9-
11.
68. Рядчиков, В. Г. Аминокислотное питание молочных коров / В. Г. Рядчиков // *Фундам. и приклад. аспекты кормления с.-х. животных и технология кормов :
материалы конф., посвящ. 120-летию М. Ф. Томмэ, 14-16 июня 2016 г.* – Дуб-
ровицы, 2016. – С. 400-404.
69. Рядчиков, В. Г. Концентрация аминокислот в плазме крови у коров в пере-
ходный период, трансформация обменного белка, лизина и метионина в их
компоненты молока в зависимости от уровня белка в рационе / В. Г. Рядчи-
ков, О. Г. Шляхова // *Тр. / КубГАУ*. – 2013. – № 5(44). – С. 212-225.
70. Рядчиков, В. Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Амино-
кислотный состав : (справ. пособ.) / В. Г. Рядчиков, Е. Н. Головкин, И. Г. Бес-
каравайная ; РАСХН ; КубГАУ. - Краснодар : КубГАУ, 2003. – 732 с.
71. Рядчиков, В. Г. Обмен веществ у многострочных животных при балансе и
имбалансе аминокислот и пути повышения биологической ценности белка
зерна злаковых культур : дис. ... д-ра биол. наук. – Краснодар, 1981. – 540 с.

72. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. - СПб. : Лань, 2015. – 632 с.
73. Рядчиков, В. Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Осборна до наших дней). В кн.: Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов /В. Г, Рядчиков//Материалы конференции в КубГАУ под эгидой РАСХН 23 марта 2004г. // г. Краснодар; под ред. В.Г. Рядчикова. – Краснодар, 2005 г. – С. 17-61.УДК 636.084.087.74
74. Рядчиков, В. Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Осборна до наших дней) / В. Г. Рядчиков // Аминокислот. питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар : КубГАУ, 2005. – С. 17–69.
75. Сварич, Д. А. Влияние распадаемости (растворимости) сырого протеина кормов на молочную продуктивность коров : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Д. А. Сварич. - Ставрополь, 2003. – 24 с.
76. Сварич, Д. А. Продуктивность коров при разной распадаемости протеина в рубце / Д. А. Сварич, В. И. Трухачев, Н. З. Злыднев // Проблемы биологии продуктив. животных. - 2007. – № 2. – С. 103-113.
77. Семенович, Т. В. Изменение аминокислотного состава молока коров при введении седимина / Т. В. Семенович, А. С. Мижевикина // Вестн. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – 2012. – Т. 2, № 23. – С. 99-102.
78. Слесарев, И. К. Защита расщепляемости протеина высокобелковых кормов и карбамида / И. К. Слесарев, И. В. Стащенко // Зоотехния. - 1994. – № 7. – С. 14-17.
79. Солун, А. С. Особенности обмена азота в рубце жвачных / А. С. Солун, Мохамед Ель Ашри // Сел. хоз-во за рубежом. - 1965. – № 3. – С. 76-78.
80. Солун, А. С. Совершенствование кормления высокопродуктивных коров / А. С. Солун, Н. И. Попов // Животноводство. – 1979. – № 1. – С. 29-32.
81. Степень использования субстратов рационов и энергетический обмен у молодняка крупного рогатого скота при разной распадаемости протеина корма /

- В. В. Михайлов, В. И. Агафонов, М. В. Сорокин, А. М. Коровяцкий // С.-х. биология. – 2005. – № 6. – С. 35-39.
82. Сущенков, С. Ф. Аминокислотное питание высокопродуктивных коров / С. Ф. Сущенков // Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1988. – № 4. – С. 11-14.
 83. Тараканов, Б. В. Влияние аминокислот на ферментативную активность микрофлоры рубца/ Б. В. Тараканов // Зоотехния. – 2003. – № 6. – С. 11-13.
 84. Ткачев, И. Ф. Вопросы аминокислотного питания сельскохозяйственных животных / И. Ф. Ткачев // Кормление с.-х. животных. – Л., : Колос, 1966. – С. 353 - 365.
 85. Ткачев, И. Ф. Кормовой концентрат лизина в рационах поросят при раннем отъеме / И. Ф. Ткачев, М. П. Чумак // Тр. / КСХИ. – 1970. – Вып. 28 (56). – С. 228 - 232.
 86. Турчинский, А. В. Влияние распадаемости протеина корма на рубцовое пищеварение и усвоение азота овец / А. В. Турчинский // Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. - Боровск, 1986. – Вып. 5. – С. 29-33.
 87. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учетом доступности питательных веществ / В. И. Агафонов, Б. Д. Кальницкий, А. В. Лысов (и др.) // Тр. / ВНИИФБиП с.-х. животных. – 2007. – № 1(15). – С. 125-134.
 88. Физиология сельскохозяйственных животных. / Н. А. Шманенков, А. А. Алиев, Н. В. Курилов (и др.). – Л. : Наука, 1978. – 744 с.
 89. Харитонов, Е. Л. Нормирование питания жвачных животных на принципах субстратной обеспеченности метаболизма / Е. Л. Харитонов, Б. Д. Кальницкий // Актуал. проблемы биологии в животноводстве : материалы 3 Международ. конф. – Боровск, 2001. – С. 10-20.
 90. Харитонов, Е. Л. Методические и инструментальные подходы к изучению физиологических и биохимических процессов образования конечных продуктов переваривания питательных веществ кормов // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2008. – №4. – С. 1-27.

91. Харитонов, Е. Л. Организация научно-обоснованного кормления высокопродуктивного молочного скота : науч. рекомендации / Е. Л. Харитонов, В. И. Агафонов, Л. В. Харитонов. – Боровск :ВНИИФБиП с.-х. животных, 2008. – 106 с.
92. Харитонов, Е. Л. Повышение протеиновой питательности кормов для молочных коров : метод. положения / Е. Л. Харитонов, Д. Г. Погосян. – Боровск :ВНИИФБиП с.-х. животных, 2011. – 64 с.
93. Харитонов, Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота / Е. Л. Харитонов. – Боровск : Оптима Пресс, 2011. – 372 с.
94. Швакель, Е. В. Азотистый обмен и молочная продуктивность коров при разном уровне обменного протеина в рационе и инфузии бета-аминокислот в кишечник : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Швакель ; ВНИИФБиП. - Боровск, 2009. – 26 с.
95. Шляхова, О. Г. Биохимические показатели крови высокопродуктивных коров в переходный период / О. Г. Шляхова // Науч. обеспечение агропром. комплекса : материалы 5-всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых / КубГАУ. - Краснодар, 2011. – С. 398 400.
96. Шманенков, Н. А. Достижение науки и практики в области белково-аминокислотного питания сельскохозяйственных животных / Н. А. Шманенков // Белково-аминокислот. питание с.-х. животных : материалы всесоюз. совещания. - Боровск, 1987. – С. 3-10.
97. Шпильман, И. Д. Совершенствование протеинового и энергетического питания высокопродуктивных коров / И. Д. Шпильман // Сел. хоз-во за рубежом. - 1977. – № 9. – С. 33-37.
98. A critique of dose response plots that relate changes in content and yield of milk protein to predicted concentrations of lysine in metabolizable protein by the NRC (2001), CPM-Dairy (v.3.0.10) and AMTS. Cattle (v.2.1.1) models / N. Whitehouse, C. Schwab, D. Luchini, B. Sloan // J. Dairy Sci. – 2010. – Vol. 93 (E-suppl. 1). – P. 447.

99. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy / J. D. O'Connor, C. J. Sniffen, D. G. Fox, W. Chalupa // J. Anim. Sci. – 1993. – Vol. 71. – P. 1298-1311.
100. Acetate as a precursor of amino acids of casein in the intact dairy cow / A. L. Black, M. Kliber, A. H. Smith, D. N. Stewart // Biochen. Biophys. Acta. – 1957. – N 23. – P. 54.
101. Allen M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle / M. S. Allen // J. Dairy Sci. - 2000. – Vol. 83. – P. 1598–1624.
102. Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle / M. Sok, D. R. Ouellet, J. L. Firkins (et al.) // J. Dairy Sci. - 2017. – Vol. 100. – P. 5241–5249.
103. Amino acid limitation and flow at duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of lysine and methionine limitation / C. G. Schwab, C. K. Bozak, N. L. Whitehouse, M. M. A. Mesbah // J. Dairy Sci. – 1992. – Vol. 75. – P. 3486–3502.
104. Arginine nutrition and fetal brown adipose tissue development in diet-induced obesesh sheep / M. C. Satterfield, K. A. Dunlap, D. H. Keisler (et al.) // Amino Acids. – 2012. – N 43. – P. 1593–1603.
105. Arginine nutrition and fetal brown adipose tissue development in nutrient-restricted sheep / M. C. Satterfield, K. A. Dunlap, D. H. Keisler (et al.) // Amino Acids. – 2013. – N 45. – P. 489–499.
106. Bach A. Nitrogen metabolism in the rumen / A. Bach, S. Calsamiglia, M. D. Stern // J. Dairy Sci. – 2005. – Vol. 88, (E. Suppl.). – P. 9-21.
107. Baker D. H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry / D. H. Baker // Amino Acids. – 2009. – N 37. – P. 29–41.
108. Benefield B. C. Evaluation of rumen-protected methionine sources and period length / B. C. Benefield, R. F. Patton, M. J. Stevenson // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 44-48.
109. Birds A. Modeling ruminant digestion and metabolism / A. Birds // Nutr. Abst.Rev. – 1981. – Vol. 51. – P. 789.

110. Boucher S. E Intestinal digestibility of amino acids in rumen undegradable protein estimated using a precision-fed cecectomized rooster bioassay: II. Distillers dried grains with solubles and fish meal / S. E. Boucher, S. Calsamiglia, C. M. Parson // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 605-667.
111. Broderick G. A. Effect of dietary protein concentration and degradability on response to rumen-protected methionine in lactating cows / G. A. Broderick, M. J. Stevenson, R. A. Patton // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 2719–2726.
112. Broderick G. A. Effect of supplementing rumen protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows / G. A. Broderick, M. J. Stevenson, R. A. Patton // J. Dairy Sci. – 2008. – Vol. 91. – P. 1092–1102.
113. Broderick G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows / G. A. Broderick // J. Dairy Sci. – 2003. – Vol. 86. – P. 1370–1381.
114. Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle / C. K. Reynolds, E. Kebreab, A. Bannink (et al.) // Wageningen Academic Publishers. – 2010. – P. 48-57.
115. Clark J. H. Symposium: Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle: Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows / J. H. Clark, T. H. Klusmeyer, M. R. Cameron // J. Dairy Sci. – 1992. – Vol. 75. – P. 2304-2323.
116. CNCPS. Contribution of endogenous secretions and urea recycling to nitrogen metabolism : Proc. Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers / D. R. Ouellet, D. Valkeners, G. Holtrop (et al.) // Dpt. Anim. Science, Cornell University. – NY, 2007. – P. 1
117. Colombini S. Effect of quantifying peptide release on ruminal protein degradation determined using the inhibitor in vitro system / S. Colombini, G. A. Broderick, and M. K. Clayton // J. Dairy Sci. – 2011. Vol. 94. P. 1967– 1977. doi: 10.3168/jds.2010-3523

118. Comparison of mammary amino acid utilization in dairy cows fed a corn straw or mixed forage diet / C. Qin, P. Sun, D.P. Bu (et al.) // J. Animal Sci. – 2009. – Vol. 92, E-Suppl. 2/3. - P. 754.
119. CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. – 648 p.
120. CNCPS. 2000. The Cornell University Nutrient Management Planning System. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS version 4.0, November 3rd, 2000. Model Documentation.
121. Development and Evaluations for Prediction of Feed Intake for Lactating Holstein Dairy Cows / D. K. Roseler, D. G. Fox, L. E. Chase (et al.) // J. Dairy Sci. – 1997. – Vol. 80. – P. 878-893.
122. Dietary supplementation of aspartate enhances intestinal integrity and energy status in weanling piglets after lipopolysaccharide challenge / D. Pi, Y. Liu, H. Shi (et al.) // J. Nutr Biochem. – 2014. – N 25. – P. 456 –462.
123. Doepel, L. Changes in production and mammary metabolism of dairy cows in response to essential and nonessential amino acid infusions / Doepel, L. and Lapierre H. // J. Dairy Sci. 2010.– Vol. 93. P. 3264–3274. [https:// doi .org/ 10 .3168/ jds .2009 – 3033](https://doi.org/10.3168/jds.2009-3033). Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H. Lapierre. 2010
124. Domingue, B. M. Voluntary intake and rumen digestion of a low quality roughage by goats and sheep/ Francoise; Dellow, D. W.; Barry, T. N. 1991b// Journal of agricultural science. – 1999. – Vol. 117. P. 111-120.
125. Downes A. M. On amino acids essential for the tissnes of the sheep / A. M. Downes // Biol. Sci. – 1961. – N 14. – P. 254.
126. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows / A. N. Hristov, R. P. Etter, J. K. Ropp, K. L. Grandeén. // J. Anim. Sci. – 2004. – N 82. – P. 3219–3229.

127. Effect of dietary fiber on endogenous nitrogen flows in lactating dairy cows / D. R. Ouellet, M. Demers, G. Zuur (et al.) // J. Dairy Sci. - 2002. – Vol. 85. – P. 3013–3025
128. Effect of dietary protein level and ruman-protected amino acid supplementation on amino acid utilization for milk protein in lactating dairy cows / C. Lee, F. Giallongo, A.N. Hristov (et al.) // J. Dairy Sci. - 2015. – Vol. 98. – P. 1885-1902.
129. Effect of Different Forms of Methionine on Lactational Performance of Dairy Cows / H. Rulquin, B. Graulet, L. Delaby, J. C. Robert // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 4387–4394.
130. Effect of level of metabolizable protein on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows / C. Wang, J. X. Liu, Z. P. Yuan (et al.) // J. Dairy Sci. – 2007. – Vol. 90. – P. 2960–2965.
131. Effect of method of conservation of timothy on endogenous nitrogen flows in lactating dairy cows / D. R. Ouellet, R. Berthiaume, G. Holtrop (et al.) // J. Dairy Sci. – 2010. – Sep. 93(9). – P. 4252-4261.
132. Effect of selenium yeast on rumen fermentation, lactation performance and feed digestibilities in lactating dairy cow / C. Wang, Q. Liu, W.Z. Yang, Q. Dong // Livestock Science. - 2009. – Vol. 126, Iss. 1. - P. 239 -244.
133. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early Holstein cows / S. Davidson, B. A. Hopkins, D. E. Diaz (et al.) // J. Dairy Sci. – 2003. – Vol. 86. – P. 1681–1689.
134. Effects of creep feeding and supplemental glutamine or glutamine plus glutamate (Aminogut) on pre- and post-weaning growth performance and intestinal health of piglets / R. A. Cabrera, J. L. Usry, C. Arrellano (et al.) // J. Anim Sci Biotechnol. – 2013. – N 4. – P. 29.
135. Effects of decreasing metabolizable protein and rumen-undegradable protein on milk production and composition and blood metabolites of Holstein dairy cows in early lactation / H. Bahrami-yekdangi, M. Khorvash, G. R. Ghorbani (et al.) // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol. 97. – P. 3707–3714

136. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization / T. Barros, M. A. Quaassdorff, M. J. Aguerre (et al.) // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100. – P. 5434-5448.
137. Effects of reduced dietary protein and supplemental rumen-protected essential amino acids on the nitrogen efficiency of dairy cows / S. I. ArriolaApelo, A. L. Bell, K. Estes (et al.) // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol. 97. – P. 56-88.
138. Effects of replacing soybean meal with canola meal or treated canola meal on ruminal digestion, omasal nutrient flow, and performance in lactating dairy cows / E. M. Paula, G. A. Broderick, M. A. C. Danes(et al.) // J. Dairy Sci. - 2018. – Vol. 101. – P. 1–12.
139. Effects of rumen-degradable protein:rumen undegradable protein ratio and corn processing on production performance, nitrogen efficiency, and feeding behavior of Holstein dairy cows / M. Savari, M. Khorvash, H. Amanlou (et al.) // J. Dairy Sci. – 2018. – Vol. 101(2). – P. 1111-1122.
140. Effects of rumen-protected methionine, lysine, and histidine on lactation performance of dairy cows / F. Giallongo, M. T. Harpe, J. Oh (et al.) // J. Dairy Sci. – 2016. – Vol. 99. – P. 4437–4452
141. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage / E. D. Batista, E. Detmann, E. C. Titgemeyer, S. C. Valadares Filho (et al.) // J. Anim. Sci. 2016 . – Vol 94(E. Suppl.). – P. 94-201.
142. Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal canal / S. J. Krizan, S. Ahvenjarvi, H. Volden, G. A. Broderick // J. Dairy Sci. – 2010. – Vol. 93. – P. 1138–1147.
143. Fassati, P. Clinical chemistry / P. Fassati, L. Prencipe. – 1982. P. 2077. www.bio-diagnostic.com.

144. Gressley T. F. Effects of low rumen degradable protein or abomasal fructan infusion on diet digestibility and urinary nitrogen excretion in lactating dairy cows / T. F. Gressley, L. E. Armentano // J. Dairy Sci. – 2007. – Vol. 90. – P. 1340–1353.
145. Gornal, A.C. J. Biological Chemistry / A.C. Gornal, C. J. Baradawill, M.M. David. – 1949. P.177-751. www.bioiagnostic.com.
146. Hanigan M. D. The current state of amino acid and protein requirement models / M. D. Hanigan, R. R. White // J. Anim. Sci. – 2007. - Vol. 93, Suppl. – P. 648-657.
147. Hansen Peter J. Influence of Dietary Protein and Amino Acids on Reproduction in Dairy Cows WCDS / Peter J. Hansen // Advances in Dairy Technology. – 2016. – Vol. 28. – P. 209-216.
148. Haque M. N. Milk protein responses in dairy cows to changes in postruminal supplies of arginine, isoleucine and valine / M. N. Haque, H. Rulquin, S. Lemosquet // J. Dairy Sci. - 2013. – Vol. 96(1). – P. 420–430.
149. Higgs R. J. Development and evaluation of equations in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System to predict nitrogen excretion in lactating dairy cows / R. J. Higgs, L. E. Chase, M. E. Van Amburgh // J. Dairy Sci. – 2012. – Vol. 95. – P. 2004–2014.
150. Histidine deficiency has a negative effect on lactational performance of dairy cows / F. Giallongo, M. T. Harper, J. Oh (et al.) // J. Dairy Sci. - 2017. – Vol. 100(4). – P. 2784–2800.
151. Huhtanen P. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows / P. Huhtanen, A. N. Hristov. // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 3222–3232.
152. Huhtanen P. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a metaanalysis. Can. / P. Huhtanen, M. Hetta, C. Swensson // J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 91. – P. 529–543.

153. Influence of essential amino acid balancing post-partum on lactation performance by dairy cows through a meta-analysis / L. F. Ferraretto, C. S. Ballard, C. J. Sniffen, I. Shinzato // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – Vol. 99, (Suppl. 1). – P. 718.
154. Ipharraguerre I. R. Rumen fermentation and intestinal supply of nutrients in dairy cows fed rumen-protected soy products / I. R. Ipharraguerre, J. H. Clark, D. E. Freeman // *J. Dairy Sci.* – 2005. – Vol. 88. – P. 2879-2892.
155. Kaufman J. D. Lowering rumen degradable protein maintained energy-corrected milk yield and improved nitrogen-use efficiency in multiparous lactating dairy cows exposed to heat stress / J. D. Kaufman, K. R. Kassube, A. G. Ríos // *J. Dairy Sci.* – 2017. – Vol. 100. – P. 1–14.
156. Kaufmann W. Protein utilization. Feeding strategy for the high yielding dairy cow / W. Kaufmann // Broster ed. - 1979. – Vol. 90. – P. 113.
157. Kuehl R. O. Design of experiments: statistical principles in research design and analysis / R. O. Kuehl // Duxbury Press, Pacific Grove, CA. 2000.
158. Lactation response to soybean meal and rumen-protected methionine supplementation of corn silage-based diets / H. Nursoy, M. G. Ronquillo, A. P. Faciola, G. A. Broderick // *J. Dairy Sci.* – 2017. – Vol. 101. – P. 1–12.
159. Laflin S. L. Rumen cannulation and utilization of a donor animal / S. L. Laflin, D. P. Gnad, P. H. Walz // *The Bovine Practitioner*. - 2004. – Vol. 38 (1). – P. 54-58.
160. Lapierre. Estimation of histidine requirement in lactating dairy cows/Ouellet D.R. and Lobley G.E // *J. Anim. Sci* Vol. – 2014– N. – 92, Vol. 97. P. 172–188.
161. Larsen M. Abomasal protein infusion in postpartum transition dairy cows: effect on performance and mammary metabolism / M. Larsen, H. Lapierre, N. B. Kristensen // *J. Dairy Sci.* - 2014 – Vol. 97. – P. 5608–5622.
162. Lee C. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet / C. Lee, A. N. Hristov, T. W. Cassidy // *J. Dairy Sci.* – 2012. – Vol. 95. – P. 6042–6056.
163. Lei J. Nutritional and regulatory role of branched-chain amino acids in lactation / J. Lei, D. Feng, Y. Shang // *Front Biosci.* – 2012. – N 17. – P. 2725–2739.

164. Liebe D. M. Meta-Analysis of Endophyte-Infected Tall Fescue Effects on Cattle Growth Rates / D. M. Liebe and R. R. White // Dept. of Animal and Poultry Science, Virginia Tech. – 2018. – N 1. – P. 1–39.
165. Lowering rumen-degradable and rumen-undegradable protein improved amino acid metabolism and energy utilization in lactating dairy cows exposed to heat stress / J. D. Kaufman, K. G. Pohler, J. T. Mulliniks, A. G. Rius¹ . // J. Dairy Sci. – 2017. – Vol. 101. – P. 386–395.
166. Martineau R. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses / R. Martineau, D. R. Ouellet, H. Lapierre // J. Dairy Sci. – 2013. – Vol. 96. – P. 1701–1714.
167. Meta-analysis to predict the effects of metabolizable amino acids on dairy cattle performance / I. J. Lean, M. B. de Ondarza, C. J. Sniffen (et al.) // J. Dairy Sci. - 2018. – Vol. 101. – P. 340-364.
168. Metabolic effects of abomasal l-carnitine infusion and feed restriction in lactating Holstein cows / D. B. Carlson, N. B. Litherland, H. M. Dann (et al.) // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 4819–4834.
169. Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach / H. Rulquin, P. M. Pisulewski, R. Vérité, J. Guinard // Livestock Production Science. – 1993. – N 37. – P. 69-90.
170. Milk production of dairy cows fed differing concentrations of rumen-degraded protein / K. F. Kalscheur, R. L. Baldwin VI, B. P. Glenn, R. A. Kohn // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 249–259.
171. Milk protein as a Function of amino acid supply / L. Doepel, D. Pacheco, J. J. Kennelly(et al.) // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 1279-1297.
172. Milk protein synthesis in response to the provision of an “ideal” amino acid profile at 2 levels of metabolizable protein supply in dairy cows / M. N. Haque, H. Rulquin, A. Andrade (et al.) // J. Dairy Sci. – 2012. – Vol. 95. – P. 5876-5887.
173. Minimally-invasive catheterization of the portal, hepatic and cranial mesenteric veins and the abdominal aorta for quantitative determination of hepatic metabolism

- in dairy cows / A. Starke, K. Wussow, L. Matthies (et al.) // The Veterinary Journal. – 2011. – Vol. 192. – P. 403–411.
174. Moraes L. E. Minimizing environmental impacts of livestock production using diet optimization models / L. E. Moraes, J. G. Fadel // Sustainable Animal Agriculture. E. Kebreab, ed. CABI. – Boston : MA, 2013. – P. 67–82.
 175. NRC - National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Nutrient requirements of domestic animals. - Washington : National Academy Press, 2001. – 547 p.
 176. Olmos Colmenero J. J. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows / J. J. Olmos Colmenero, G. A. Broderick // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 1694-1703.
 177. Pacheco D. Ability of commercially available dairy ration programs to predict duodenal flows of protein and essential amino acids in dairy cows / D. Pacheco, R. A. Patton, C. Parys // J. Dairy Sci. – 2012. – Vol. 95. – P. 937–63.
 178. Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers / S. J. Ainslie, D. G. Fox, T. C. Perry (et al.) // J. Anim. Sci. – 1993. – Vol. 71. – P. 1312-1319.
 179. Production efficiency in ruminants: feed, nitrogen, and methane / J. Dijkstra, J. France Ellis (et al.) // In Sustainable animal agriculture – 2013. – Vol 75 (ed. E Kebreab). P. 10-25.
 180. Protein evaluation for ruminants: the DVE/OEB system. CVB Documentation report nr / S. Tamminga, G. G. Brandsma, (et al.) // Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands. – 2007. –Vol (53) – P. 35-45. <http://edepot.wur.nl/336208> 10.1017/S0021859610000912.
 181. Raffrenato E. Technical note: Improved methodology for analyses of acid detergent fiber and acid detergent lignin / E. Raffrenato, M. Van Amburgh // J. Dairy Sci. - 2011. – Vol. 94. – P. 3613-3617.
 182. Ratio of dietary rumen degradable protein to rumen undegradable protein affects nitrogen partitioning but does not affect the bovine milk proteome produced by

- mid-lactation Holstein dairy cows / R. Tacoma, J. Fields, D. B. Ebenstein(et al.) // J. Dairy Sci. – 2017. – Vol. 100(9). – P. 7246-7261.
183. Relationships between circulating plasma concentrations and duodenal flows of essential amino acids in lactating dairy cows / R. A. Patton, A. N. Hristov, C. Parys, H. Lapierre // J. Dairy Sci. – 2015. – Vol. 98(7). – P. 4707–4734.
 184. Review: Converting nutritional knowledge into feeding practices: a case study comparing different protein feeding systems for dairy cows / H. Lapierre, M. Larsen, D. Sauvant (et al.) // Animal. – 2018. – P. 1-10.
 185. Robinson P. H. Impacts of manipulating ration metabolizable lysine and methionine levels on the performance of lactating dairy cows: a systematic review of the literature / P. H. Robinson // Livestock Science. - 2010. – Vol. 127(2-3). – P. 115-126.
 186. Satter L. D. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle / L. D. Satter, R. E. Roffler // J. Dairy Sci. – 1975. – Vol. 58. – P. 1219-1237.
 187. Schirmeister, J. Dtsch. Med Wschr / J. Schirmeister et al. – 1964. P. 89-1940. www.bio-diagnostic.com.
 188. Schwab C. G. Maximizing milk components and metabolizable protein utilization through amino acid formulation / C. G. Schwab, G. N. Foster // Proceeding of the Cornell I Nutrition Conference for Feed Manufacturers, New York, Oct. 20-22, 2009. - New York, 2009. – P. 236-243.
 189. Schwab C. G. Protected proteins and amino acids for ruminants / C. G. Schwab // Biotechnology in Animal Feeds. – 1995. – N 15. – P. 115–141.
 190. Stahel P. Use of dietary feather meal to induce histidine deficiency or imbalance in dairy cows and effects on milk composition / P. Stahel, N. G. Purdie, J. P. Cant // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol. 97(1). – P. 439-445.
 191. Swanson E. W. Factors for computing requirements of protein for maintenance of cattle / E. W. Swanson // J. Dairy Sci. – 1977. – Vol. 60. –P. 1583-1593.
 192. Swanson E. W. Estimation of metabolic protein requirements to cover unavoidable losses of endogenous nitrogen in maintenance of cattle / E.W. Swanson

- // Protein Requirement for Cattle: Symposium. F.N. Owens, ed. MP-109, Oklahoma State University, Stillwater. – 1982. – P. 183-197.
193. Supplementary concentrate type affects nitrogen excretion of grazing dairy cows / F. J. Mulligan, P. Dillon, J. J. Callan (et al.) // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 3451-3460.
 194. The cornell net carbohydrate and protein system: current and future approaches for balancing of amino acids / M. E. Van Amburgh, T. R. Overton, L. E. Chase McGilliard (et al.) // Proceeding of the Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers, New York, Oct. 20-22, 2009. - New York, 2009. – P. 28-37.
 195. The effect of feeding level and physiological status on total flow and amino acid composition of endogenous protein at the distal ileum in swine / H. H. Stein, N. L. Trottier, C. Bellaver, R. A. Easter // J. Anim. Sci. - 1999. – Vol. 77. – P. 1180-1187.
 196. The effect on the performance of dairy cattle of plant protein concentration and of urea or urea-phosphate supplementation in the diet / I. Bruckental, H. Tagari, S. Amir (et al.) // Anim. Prod. - 1986. – Vol. 43. – P. 73-82.
 197. Trinder, P. Annal Clininal Biochemistry / P. Trinder. – 1971. P. 6-24. www.bio-diagnostic.com.
 198. US EPA (Environmental Protection Agency). Reactive Nitrogen in the United States: An Analysis of Inputs, Flows, Consequences, and Management Options. A Report of the EPA Science Advisory. 2011. https://www.researchgate.net/publication/237545094_US_EPA_Science_Advisory_Bord_Integrated_Nitrogen_Committee_INC
 199. Varel V. H. Conservation of nitrogen in cattle feedlot waste with urease inhibitors / V. H. Varel, J. A. Nienaber, H. C. Freely // J. Anim. Sci. – 1999. – N 77. – P. 1162-1168.
 200. Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock, Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.

201. Vyas D. Meta-analysis of milk protein yield responses to lysine and methionine supplementation / D. Vyas, R. A. Erdman // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 5011-5018.
202. Wallace R. J. Role of peptides in rumen microbial metabolism / R. J. Wallace, C. Atasoglu, C. J. Newbold // Asian-Australasian Journal of Animal Science. – 1999. – N 12. – P. 139-147.
203. What is the True Supply of Amino Acid for a Dairy Cow? / H. Lapierre, D. Pacheco, R. Bertiaume (et al.) // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol 89 (E. Suppl.). – P. 1-14.
204. Wu G. Recent advances in swine amino acid nutrition / G. Wu // J Anim Scim Biotechnol. – 2010.
205. Young, D.S. Effects of disease on Clinical Lab / D.S. Young // Tests 4th ed AACC.2001 . spinreact@spinreact.com.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Потребление и переваримость сухого вещества (СВ) в зависимости от уровня и распадаемости белка в рационах коров

Коровы	Потребле- ние СВ, кг/д	Перешло в дуоденум, кг/д	КПСВ, кг	ИПСВ, кг	МИДХ. % СВ	МИДХ. г/д	держаться г кг Микроб- ня 113ио-	Азот в микробной биомассе	Перевари- мость азот
1 Рацион									
	20,5	15,4	5,2	9,4	1,99	305,5	71,6	4,3	11,1
	21	15,7	5,3	9,7	1,99	311,6	71,6	4,5	11,3
	21,3	14,7	6,6	10,7	1,99	293,1	71,6	4,1	10,6
	20,8	16,3	4,5	9,0	1,99	324,0	71,6	4,5	11,8
В среднем	20,9	15,5	5,4	9,7	1,99	308,5	71,6	4,3	11,2
2 Рацион									
	23	15,8	7,2	12,1	2,11	334,2	71,6	4,7	11,2
	22,1	16,2	5,9	10,9	2,11	341,0	71,6	4,8	11,4
	22	15,2	6,8	11,3	2,11	320,7	71,6	4,5	10,7
	21,3	16,8	4,5	9,0	2,11	354,5	71,6	5,0	11,9
В среднем	22,1	16,0	6,1	10,8	2,11	337,6	71,6	4,7	11,3
3 Рацион									
	21,7	16,1	5,6	8,6	1,89	305,1	71,6	4,3	11,9
	21,7	16,5	5,2	8,3	1,89	311,1	71,6	4,3	12,1
	22,5	15,5	7,0	12,6	1,89	292,8	71,6	4,1	11,4
	22,5	17,1	5,4	10,9	1,89	323,6	71,6	4,5	12,6
В среднем	22,1	16,3	5,8	10,1	1,89	308,1	71,6	4,3	12,0
4 Рацион									
	21,5	15,2	6,3	11,0	2,23	340,1	71,6	4,8	10,5
	21,8	15,6	6,3	11,1	2,23	346,8	71,6	4,8	10,7
	21,7	14,6	7,1	11,6	2,23	326,3	71,6	4,6	10,1
	21,4	16,2	5,2	10,3	2,23	360,6	71,6	5,0	11,1
В среднем	21,6	15,4	6,2	11,0	2,23	343,4	71,6	4,8	10,6

Переваримость сырого жира (СЖ), %

Коровы	Потребление СВ, кг/д	Содержание СЖ, %СВ корме	Потреблено СЖ, г/д	Выделено кала, кг/д	Содержание СЖ в СВ кала, %	Содержание СЖ в кале, г/д	Переварено СЖ, г/д	Коэффициент переваримости N, %
	21,11	4,8	1013	8,30	1,3	112	901	88,95
	20,9	4,8	1003	6,60	1,9	128	875	87,25
	20,8	4,8	998	6,67	1,5	104	894	89,54
В сред- нем	20,9	4,8	1003	7,2	1,6	115	888	88,58
	23,8	4,79	1140	7,57	1,5	116	1024	89,83
	21,8	4,79	1044	7,50	1,8	139	905	89,69
	20,7	4,79	992	7,10	1,4	101	891	89,83
	22,0	4,79	1054	6,70	1,6	107	947	89,82
В сред- нем	22,1	4,79	1058	7,2	1,5	108	950	89,79
	21,9	5,28	1156	7,6	1,9	143	1013	87,67
	20,86	5,28	1101	7,26	1,7	125	976	88,67
	23,21	5,28	1225	8,23	1,5	126	1099	89,79
	22,42	5,28	1184	8,44	1,5	128	1056	89,16
В сред- нем	22,1	5,28	1167	7,8	1,3	104	1040	89,16
	21,3	4,79	1020	7,10	1,3	93	927	90,88
	20,5	4,79	982	6,10	1,5	95	887	90,29
	22,5	4,79	1078	8,10	1,3	108	970	90,02
	22,0	4,79	1054	7,60	1,4	105	949	90,07
В сред- нем	21,6	4,79	1035	7,2	1,4	100	935	90,32

Переваримость азота, %

Коровы	Потребление СВ, кг/д	Содержание N, %СВ корма	Потреблено N, г/д	Выделено кала, СВ кг/д	Содержание N в СВ кала, %	Содержание N в ка- ле, г/д	Переварено N, г/д	Коэффициент пере- варимости N, %
1 группа								
	21,1	2,5	530	8,3	2,0	167	363	68,5
	20,9	2,5	525	6,6	2,3	154	371	70,6
	20,8	2,5	522	6,7	2,4	160	362	69,4
В сред- нем	20,9	2,5	525	7,2	2,2	160	365	69,5
2 группа								
	23,8	2,5	597	7,6	2,3	174	423	71,0
	21,8	2,5	547	7,5	2,0	150	397	72,6
	20,7	2,5	522	7,1	2,0	146	376	72,1
	22,0	2,5	545	6,7	2,2	150	395	72,5
В сред- нем	22,1	2,5	553	7,2	2,1	155	398	72,1
3 группа								
	21,9	2,8	620	7,6	2,3	175	445	71,8
	20,86	2,8	591	7,3	2,5	183	408	69,0
	23,21	2,8	657	8,2	2,3	192	465	70,8
	22,42	2,8	635	8,4	2,1	180	455	71,7
В сред- нем	22,1	2,8	626	7,8	2,3	183	443	70,8
4 группа								
	21,3	2,83	603	7,1	2,3	169	434	71,9
	20,5	2,83	580	6,1	2,6	158	422	72,8
	22,5	2,83	637	8,1	2,2	178	459	72
	22,0	2,83	623	7,6	2,3	171	452	72,6
В сред- нем	21,6	2,83	611	7,2	2,3	169	442	72,3

Состав рационов для коров

Компоненты	1	2	3	4
Солома	0,9	0,9	0,9	0,9
Силос кук.	19,9	19,9	17,7	18,4
Сенаж люц.	14,4	14,4	13,7	14,4
Кукуруза	3,96	4,20	3,85	3,88
Ячмень	1,87	2,11	1,52	1,40
Рапс.жмых	1,73	1,73	2,27	2,27
Соев.жм.(белкофф)	2,89	-	3,68	-
Соев.шрот	-	2,58	-	3,31
Премикс Дойные П60-1-25%	0,21	0,21	0,21	0,21
Соль	0,041	0,041	0,041	0,041
Сода	0,124	0,124	0,124	0,124
Руменезин	0,005	0,005	0,005	0,005
Биоспринт	0,005	0,005	0,005	0,005
Био-ТОКС	0,041	0,041	0,041	0,041
Ниацин	0,010	0,010	0,010	0,010
MgO	0,03	0,03	0,03	0,03
Мегалак	0,21	0,31	0,21	0,31
Смартамин	0,014	0,014	0,014	0,014
Итого	46,34	46,61	44,31	45,35

Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров на рационах с разным содержанием и распадаемостью СБ, г/д (рацион 1)

АК	1 Рацион					В среднем
Лизин	191	192	188	189,5	193	190,7
Метионин	62	59	60	60,2	61,5	60,5
Гистидин	75	76	76	76,1	77,2	76,1
Аргинин	143	140	139	134,5	141	139,5
Изолейцин	163	161,5	161,6	160,8	159	161,2
Лейцин	279	281,5	280,3	280,1	282	280,6
Фенилаланин	163	162,9	164,2	161,5	162,3	162,8
Треонин	144,2	144,6	143,9	144,4	144,3	144,3
Валин	204,5	202,6	201,4	203,8	203,4	203,1
Сумма НАК	1424,7	1420,1	1414,4	1410,9	1424	1418,8
Аспар, Кислот	312,1	311,9	312,3	311,4	310,9	311,7
Серин	144,8	144,6	143,4	144,6	146	144,7
Глутамат	388	378,6	377,2	376,2	378,1	379,6
Пролин	115	115,3	116,2	113,2	113,4	114,6
Глицин	290	291	284,2	288,5	288	288,3
Аланин	178	178,6	180	178,9	176,5	178,4
Тирозин	126	125,5	125,3	125	124,6	125,3
Цистин	43,7	46,5	47,2	42	40,2	43,9
Σ ЗАК	1597,6	1592	1585,8	1579,8	1578	1586,6
Σ НАК + ЗАК	3022,3	3012,1	3000,2	2990,7	3001	3005,3

Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров на рационах с разным содержанием и распадаемостью СБ, г/д (рацион 2)

АК	2 Рацион						В среднем
Лизин	229	227	230	229,8	228	229	228,8
Метионин	67,1	68	68	67,2	66,5	66,3	67,2
Гистидин	93,5	94,5	92	92,6	93	92,4	93,0
Аргинин	162	165	163,2	163,4	162	163,8	163,2
Изолейцин	189,4	188,6	188,4	190	188,3	187,8	188,8
Лейцин	335	337	335	336	335	335,5	335,6
Фенилаланин	194	192,2	193,5	193,6	195	193,4	193,6
Треонин	181	180	181,4	180,1	180,2	181,9	180,8
Валин	241,8	242	241,2	241,6	241,5	241,3	241,6
Сумма НАК	1692,8	1694,3	1692,7	1694,3	1689,5	1691,4	1692,5
Аспар, Кислот	371,2	370,5	370,4	369,9	375,2	370,1	371,2
Серин	173,2	172,5	175,1	176,5	174	175	174,4
Глутамат	454	456,2	454,3	455,2	453,6	453,2	454,4
Пролин	140,5	140,2	140,5	141,2	142,3	140,3	140,8
Глицин	337	335	334	337,2	336,6	336,2	336,0
Аланин	211,3	212,5	212,3	210,6	209,9	210,5	211,2
Тирозин	136	136,5	136,4	135,4	130,2	132	134,4
Цистин	50	49,7	49,8	50,1	48,9	48,9	49,6
Σ ЗАК	1873,2	1873,1	1872,8	1876,1	1870,7	1866,2	1872,0
Σ НАК + ЗАК	3566,0	3567,4	3565,5	3570,4	3560,2	3557,6	3564,5

Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров на рационах с разным содержанием и распадаемостью СБ, г/д (рацион 3)

АК	3 Рацион						В среднем
Лизин	232	230,6	231	229	230	230,5	230,5
Метионин	66,5	66,4	66,8	66,3	66,7	66,5	66,5
Гистидин	92,5	93,0	91,5	93,2	92,8	92,6	92,6
Аргинин	168,0	168,8	167,8	167,8	166,9	168,0	167,9
Изолейцин	195,8	196,0	197,0	194,9	195,6	194,2	195,6
Лейцин	335,2	334,5	335,0	334,9	338,0	336,9	335,8
Фенилаланин	196,0	195,6	194,6	196,5	195,4	195,6	195,6
Треонин	182,9	183,0	182,6	182,4	182,9	181,6	182,6
Валин	245,8	247,0	246,2	245,8	246,2	245,8	246,1
Сумма НАК	1714,7	1714,9	1712,5	1710,8	1714,5	1711,7	1713,2
Аспар, Кислот	378,0	380,1	381,5	379,5	379,0	380,9	379,8
Серин	177,9	178,4	178,3	178,3	177,3	176,8	177,8
Глутамат	454,8	456,8	458,2	455,0	458,0	455,3	456,4
Пролин	134,9	134,5	131,0	132,5	133,4	135,8	133,7
Глицин	380,0	380,1	380,2	380,1	380	378,3	379,8
Аланин	211,9	209,0	207,2	207,5	207,6	208,4	208,6
Тирозин	150,2	143,0	142,6	143,2	150,0	151,0	146,7
Цистин	54,1	54,2	54,1	55,0	53,0	52,5	53,8
∑ ЗАК	1941,8	1936,1	1933,1	1931,1	1938,3	1939,0	1936,6
∑ НАК + ЗАК	3656,5	3651,0	3645,6	3641,9	3652,8	3650,7	3649,8

Общий выход аминокислот в дуоденальном химусе у коров на рационах с разным содержанием и распадаемостью СБ, г/д (рацион 4)

АК	4 Рацион						В среднем
Лизин	222,5	223,5	221,6	220,8	221,8	220,8	221,8
Метионин	69,0	67,7	67,2	66,9	68,5	68,1	67,9
Гистидин	88,0	86,0	87,0	89,4	87,4	87,9	87,6
Аргинин	157,0	158,1	157,6	157,8	157,2	155,0	157,1
Изолейцин	186,4	186,9	188,4	185,2	184,6	186,4	186,3
Лейцин	321,8	323,4	325,2	324,2	324,0	322,0	323,4
Фенилаланин	186,2	184,2	184,6	185,2	184,6	184,2	184,8
Треонин	176,0	174,0	173,5	172,3	173,2	175,0	174,0
Валин	237,9	238,1	235,6	237,2	235,2	239,4	237,2
Сумма НАК	1644,8	1641,9	1641,0	1639,0	1636,5	1638,8	1640,3
Аспар, Кислот	361,9	362,1	362	361,2	363,1	360,9	361,9
Серин	169,2	168,0	167,0	172,0	171,2	169,0	169,4
Глутамат	429	430,1	430,0	425,0	432,0	441,0	431,2
Пролин	136,2	135,4	136,0	134,0	135,4	136,0	135,5
Глицин	329,5	328,9	328,6	330,1	330,2	330,1	329,6
Аланин	206	206,1	204,3	205,1	203,8	203,4	204,8
Тирозин	137,0	135,0	136,2	132,3	131,0	133,0	134,0
Цистин	47,6	50,2	49,8	49,8	49,5	49,1	49,3
∑ ЗАК	1816,4	1815,8	1814	1809,2	1816,2	1822,5	1815,6
∑ НАК + ЗАК	3461,2	3457,7	3454	3448,2	3452,7	3461,3	3455,9

выход обменных (усвояемых) аминокислот в дуоденальном химусе в зависимости от уровня и распадаемости СБ, г/д (рацион 1)

АК	1 Рацион					В среднем
Лизин	153	154	150	148	142	149,4
Метионин	50	47	48	48	49	48,4
Гистидин	60	61	61	61	62	60,8
Аргинин	114	112	111	108	113	111,6
Изолейцин	130	99	98	103	97	105,4
Лейцин	223	194	224	196	226	212,4
Фенилаланин	130	130	131	129	130	130,2
Треонин	115	117	114	116	115	115,3
Валин	131	125	134	132	163	136,7
Сумма НАК	1107	1038	1072	1039	1095	1070,3
Аспар. Кислот	250	255	250	245	249	249,4
Серин	117	115	114	116	118	115,7
Глутамат	310	305	302	298	302	303,5
Пролин	92	92	93	91	91	91,7
Глицин	232	233	227	231	230	230,7
Аланин	142	143	144	143	141	142,7
Тирозин	101	100	100	100	100	100,2
Цистин	35	37	38	34	32	35,1
∑ ЗАК	1279	1280	1268	1256	1263	1269,1
∑ НАК + ЗАК	2386	2318	2340	2296	2358	2339,4

выход обменных (усвояемых) аминокислот в дуоденальном химусе в зависимости от уровня и распадаемости СБ, г/д (рацион 2)

АК	2 Рацион						В среднем
Лизин	183,2	181,6	184	183,8	182,4	183,2	183,0
Метионин	53,7	54,4	54,4	53,8	53,2	53,0	53,7
Гистидин	74,8	75,6	73,6	74,1	74,4	73,9	74,4
Аргинин	129,6	132	130,6	130,7	129,6	131,0	130,6
Изолейцин	151,5	150,9	150,7	152,0	150,6	150,2	151,0
Лейцин	268,0	269,6	268,0	268,8	268,0	268,4	268,5
Фенилаланин	155,2	153,8	154,8	154,9	156,0	154,7	154,9
Треонин	144,8	144	145,1	144,0	144,2	145,5	144,6
Валин	193,4	193,6	193,1	193,3	193,2	193,0	193,3
Сумма НАК	1354,2	1355,4	1354,2	1355,4	1351,6	1353,1	1354,0
Аспар, Ки- слот	297,0	296,4	296,3	296,0	300,2	296,1	297,0
Серин	138,6	138,0	140,1	141,2	139,2	140	139,5
Глутамат	363,2	365,0	363,4	364,2	362,9	362,6	363,5
Пролин	112,4	112,2	112,4	113,0	113,8	112,2	112,7
Глицин	269,6	268,0	267,2	269,8	269,3	269,0	268,8
Аланин	169,0	170	169,8	168,5	167,9	168,4	168,9
Тирозин	108,8	109,2	109,12	108,3	104,2	105,6	107,5
Цистин	40	39,8	39,8	40,1	39,1	39,1	39,7
Σ ЗАК	1498,6	1498,5	1498,2	1500,9	1496,6	1493,0	1497,6
Σ НАК + ЗАК	2852,8	2853,9	2852,4	2856,3	2848,2	2846,1	2851,6

выход обменных (усвояемых) аминокислот в дуоденальном химусе в зависимости от уровня и распадаемости СБ, г/д (рацион 3)

АК	3 Рацион						В сред- нем
Лизин	185,6	184,5	184,8	183,2	184	184,4	185,6
Метионин	53,2	53,1	53,4	53,0	53,4	53,2	53,2
Гистидин	74	74,4	73,2	74,6	74,2	74,1	74
Аргинин	134,4	135,0	134,2	134,2	133,5	134,4	134,4
Изолейцин	156,6	156,8	157,6	155,9	156,5	155,4	156,6
Лейцин	268,2	267,6	268	267,9	270,4	269,5	268,2
Фенилаланин	156,8	156,5	155,7	157,2	156,3	156,5	156,8
Треонин	146,3	146,4	146,1	145,9	146,3	145,3	146,3
Валин	196,6	197,6	197,0	196,64	197,0	196,6	196,6
Сумма НАК	1371,8	1371,9	1370	1368,6	1371,6	1369,4	1371,8
Аспар, Кислот	302,4	304,1	305,2	303,6	303,2	304,7	302,4
Серин	142,3	142,7	142,6	142,64	141,84	141,4	142,3
Глутамат	363,8	365,5	366,6	364	366,4	364,2	363,8
Пролин	107,9	107,6	104,8	106	106,72	108,6	107,9
Глицин	304,0	304,1	304,2	304,1	304	302,6	304
Аланин	169,5	167,2	165,8	166	166,08	166,7	169,5
Тирозин	120,2	114,4	114,1	114,56	120	120,8	120,2
Цистин	43,3	43,4	43,3	44	42,4	4,0	43,3
Σ ЗАК	1553,4	1548,9	1546,5	1544,9	1550,6	1551,2	1553,4

выход обменных (усвояемых) аминокислот в дуоденальном химусе в зависимости от уровня и распадаемости СБ, г/д (рацион 4)

АК	4 Рацион						В сред- нем
Лизин	178	178,8	177,3	176,6	177,4	176,6	177,5
Метионин	55,2	54,2	53,8	53,5	54,8	54,5	54,3
Гистидин	70,4	68,8	69,6	71,5	69,9	70,3	70,1
Аргинин	125,6	126,5	126,1	126,2	125,8	124,0	125,7
Изолейцин	149,1	149,5	150,7	148,16	147,7	149,2	149,1
Лейцин	257,4	258,7	260,2	259,4	259,2	257,6	258,7
Фенилаланин	145,0	147,4	147,7	148,2	147,7	147,4	147,9
Треонин	140,8	139,2	138,8	137,8	138,6	140,0	139,2
Валин	190,3	190,5	188,5	189,8	188,2	191,5	189,8
Сумма НАК	1315,8	1313,5	1312,6	1311,2	1309,22	1311, 4	1312,2
Аспар. Кислот	289,5	289,7	289,6	289,0	290,5	288,7	289,5
Серин	135,4	134,4	133,6	137,6	137,0	135,2	135,5
Глутамат	343,2	344,1	344,0	340,0	345,6	352,8	344,9
Пролин	109,0	108,3	108,8	107,2	108,3	108,8	108,4
Глицин	263,6	263,1	262,9	264,1	264,2	264,1	263,7
Аланин	164,8	164,9	163,4	164,1	163,0	162,7	163,8
Тирозин	109,6	108,0	108,8	105,6	104,8	106,4	107,2
Цистин	38,1	40,2	39,8	39,8	39,6	39,3	39,5
∑ ЗАК	1453,1	1452,6	1451,0	1447,4	1453,0	1458,0	1452,5
∑ НАК + ЗАК	2769,0	2766,2	2763,5	2758,6	2762,2	2769,0	2764,7

Суточный надой молока, содержание и выход молочного жира и белка у коров на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ

1 серия	21.10. 17г	22.10. 17г	23.10. 17г	24.10. 17г	25.10. 17г	26.10. 17г	27.10. 17г	28.10. 17г	29.10. 17г	30.10. 17г
1 рацион	39	39	37	38	36	37	38	37	36	37
2 рацион	38	38	38	38	39	39	39	38	39	40
3 рацион	39	40	39	39	40	39	40	39	39	39
4 рацион	38	38	38	38	38	40	39	40	39	39
2 серия	17.11. 17г	18.11. 17г	19.11. 17г	20.11. 17г	21.11. 17г	22.11. 17г	23.11. 17г	24.11. 17г	25.11. 17г	26.11. 17г
4 рацион	38	38	39	37	38	39	40	39	39	39
1 рацион	37	37	38	37	37	38	37	37	38	37
2 рацион	38	39	38	38	38	40	38	39	39	37
3 рацион	39	40	39	40	38	40	39	38	39	40
3 серия	15.12. 17	17.12. 17	18.12. 17	19.12. 17	20.12. 17	21.12. 17	22.12. 17	23.12. 17	24.12. 17	25.12. 17
3 рацион	38	39	39	40	40	39	41	41	40	39
4 рацион	39	40	38	38	39	39	39	38	38	39
1 рацион	38	37	38	37	38	38	37	38	38	37
2 рацион	39	37	37	38	39	40	39	38	39	40
4 серия	07.01. 18	08.01. 18	09.01. 18	10.01. 18	11.01. 18	12.01. 18	13.01. 18	14.01. 18	15.01. 18	16.01. 18
2 рацион	40	39	39	40	39	40	39	39	38	39
3 рацион	39	38	39	40	39	40	40	39	40	39
4 рацион	38	38	38	39	39	40	39	39	38	40
1 рацион	37	38	37	38	37	37	37	37	38	37

Потребность в обменных НАК на (*пд*) на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ, г/гол/день и в % от норм потребности

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
СБ, %	15,7		17,7	
НРБ:РРБ, % СБ	7,6:8,1	5,4:10,3	9,1:8,7	6,2:11,4
НРБ:РРБ, % СБ	50:50	35:65	50:50	35:65
Средняя Ж. М. коров, кг	571	583	584	587
Метабол. Ж. М. ^{0,75} , кг	116,8	118,6	118,8	119,2
Потребность на <i>пд</i> , г/д:				
Лизин	49,0	48,6	48,7	48,9
Метионин	16,7	16,6	16,6	16,7
Гистидин	37	36,8	36,8	37
Аргинин	36,2	36,8	36,8	37,0
Изолейцин	40,9	41,5	41,6	41,7
Лейцин	70,1	71,2	71,3	71,5
Фенилаланин	51,4	51,2	52,3	52,4
Валин	61,9	62,9	63,0	63,2
Треонин	58,4	59,3	59,4	59,6

Потребность в обменных НАК на (*пм*) на рационах с разным содержанием СБ и соотношением НРБ:РРБ, г/гол/день и в % от норм потребности

Показатели	Рационы			
	1	2	3	4
Средний суточный надой молока, кг	37,4	38,7	39,4	38,7
Потребность ОАК на <i>пм</i> , г/д:				
Лизин	138,4	143,2	145,8	143,2
Метионин	35,5	36,8	37,4	36,8
Гистидин	101,0	104,5	106,4	104,5
Аргинин	86	89	90,6	89
Изолейцин	101	104,5	106,4	104,5
Лейцин	187	193,5	197	193,5
Фенилаланин	104,7	108,4	110,3	108,4
Валин	119,7	123,8	126,1	123,8
Треонин	78,5	81,3	82,7	81,3