

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

На правах рукописи



Филева Нина Сергеевна

**Молочная продуктивность, эффективность использования азота  
корма в зависимости от уровня сырого белка и соотношения  
белковых фракций НРБ:РРБ в рационах голштинских  
коров-первотелок**

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

|                   |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| АК                | аминокислоты                                           |
| АСТ               | аспартатаминотрансфераза                               |
| АЛТ               | аланинаминотрансфераза                                 |
| БАВ               | биологически активные вещества                         |
| ЖМ                | живая масса                                            |
| ЗАК               | заменяемые аминокислоты                                |
| ИПРОВ             | истинная переваримость в рубце органического вещества  |
| ИПРСВ             | истинная переваримость в рубце сухого вещества         |
| КДК               | кислотно-детергентная клетчатка                        |
| КПРОВ             | кажущаяся переваримость в рубце органического вещества |
| КПРСВ             | кажущаяся переваримость в рубце сухого вещества        |
| ЛЖК               | летучие жирные кислоты                                 |
| МСБ               | микробный сырой белок                                  |
| НАК               | незаменимые аминокислоты                               |
| НДК               | нейтрально детергентная клетчатка                      |
| НРБ               | нераспадаемый в рубце белок                            |
| ОБ                | обменный белок                                         |
| ОВ                | органическое вещество                                  |
| ОПОВЖКТ           | общая переваримость ОВ в желудочно-кишечном тракте     |
| ОПСВЖКТ           | общая переваримость СВ в желудочно-кишечном тракте     |
| РРБ               | распадаемый в рубце белок                              |
| СБ                | сырой белок                                            |
| СВ                | сухое вещество                                         |
| СЗ                | сырая зола                                             |
| N                 | азот                                                   |
| NH <sub>3</sub> N | аммиак                                                 |

## ВВЕДЕНИЕ

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                                             | 4   |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ                                                                                                   | 10  |
| 1.1 Особенности пищеварения и метаболизма азота в пищеварительном тракте жвачных                                     | 10  |
| 1.2 Метаболизм углеводов в рубце                                                                                     | 23  |
| 1.3 Азотистый обмен азота в преджелудках жвачных                                                                     | 25  |
| 1.4 Обмен липидов в рубце жвачных                                                                                    | 27  |
| 1.5 Качество кормового белка для высокопродуктивных коров                                                            | 28  |
| 1.6 Роль обменного белка в метаболизме жвачных                                                                       | 31  |
| 1.7 Фракции сырого белка и влияние состава комбикорма на рубцовые процессы                                           | 33  |
| 1.8 Аминокислотное питание молочных коров                                                                            | 35  |
| 1.9 Влияние РРБ на коэффициент переваримости кормовых питательных веществ                                            | 37  |
| 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ                                                                                   | 41  |
| 2.1 Животные, корма, условия содержания                                                                              | 41  |
| 2.2 Отбор проб и методы анализа                                                                                      | 45  |
| 2.3 Отбор и исследование дуоденального химуса                                                                        | 49  |
| 2.4 Гематологические исследования (плазмы и сыворотки крови)                                                         | 52  |
| 2.5 Отбор и исследование рубцовой жидкости                                                                           | 54  |
| 2.6 Отбор и исследование проб молока                                                                                 | 56  |
| 2.7 Отбор и исследование проб мочи                                                                                   | 57  |
| 2.8 Оценка эффективности разработанного рациона                                                                      | 58  |
| 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ                                                                               | 60  |
| 3.1 Отбор коров для установки фистул рубца и дуоденальных канюль                                                     | 60  |
| 3.2 Использование концентратов в рубце коров                                                                         | 61  |
| 3.3 Влияние особенностей диет на молочную продуктивность                                                             | 64  |
| 3.4 Образование летучих жирных кислот (ЛЖК)                                                                          | 67  |
| 3.5 Обмен азота и аминокислот в рубце                                                                                | 69  |
| 3.6 Переваримость питательных веществ и баланс азота                                                                 | 72  |
| 3.7 Биохимические показатели крови и мочи                                                                            | 74  |
| 3.8 Переваримость сухого и органического вещества в рубце коров в зависимости от содержания в рационах СБ, НРБ и РРБ | 80  |
| 3.9 Оценка разработанных рационов в сравнении рационами хозяйства                                                    | 82  |
| 4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ                                                                 | 84  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ                                                                                                           | 86  |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ                                                                                     | 89  |
| ПРИЛОЖЕНИЯ                                                                                                           | 108 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В современном промышленном молочном скотоводстве не более 25 – 30 % белка рациона коров высокопродуктивных пород преобразуется в организме в белок молока [92, 93]. Главная доля – на уровне 70-75 % – выделяется в окружающую среду с мочой и калом. Азотсодержащие соединения непереваренных остатков корма, а также продукты метаболизма – аммиак и мочевина – являются значимым фактором загрязнения природной среды [70, 76, 99, 146, 166]. В то же время концентраты и белковые добавки составляют наиболее затратную по стоимости часть рациона, поэтому вопрос оптимизации белкового питания с точки зрения снижения затрат на производство молока и улучшения экологической ситуации для мировой науки и практики остается актуальным. Белковое питание жвачных, как и других видов животных, следует рассматривать как аминокислотное питание, поскольку не белок как таковой, а аминокислоты (АК) являются основным материалом для синтеза белков молока, тканей, ферментов, многих гормонов, нейропептидов и других, играющих важную роль в обеспечении жизненных функций организма [29, 38].

У жвачных интенсивная переработка корма происходит в рубце под воздействием микроорганизмов. В отличие от сложных многоклеточных организмов, одноклеточные (в частности – бактерии) способны синтезировать все аминокислоты, включая незаменимые. В результате микробной ферментации 60% и более сырого белка (СБ), представляющего собой совокупность быстро распадаемых небелковых азотсодержащих веществ и собственно белковой фракции (распадаемый в рубце белок –РРБ) распадается до аминокислот и аммиака, которые используются бактериями на синтез белка собственной клетки. Другая часть кормового белка (30-40%), более устойчивая к действию химических и физических воздействий рубцовых факторов благодаря особенностям структуры («нераспадаемый в рубце белок» – НРБ), избегает микробной деградации, переходит в сычуг и

тонкий кишечник, где переваривается по такому же механизму, как в аналогичных отделах пищеварительной системы у моногастричных животных.

После переваривания сырого белка 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. Установлено, что именно МСБ и НРБ являются основными источниками метаболитических аминокислот у лактирующих коров.

Можно считать в полной мере доказанным, что значительная часть аминокислот, освобождаемых в результате микробной ферментации распадаемой части сырого белка, дезаминируется бактериями, освобождая аммиачный азот  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Некоторое количество этого соединения непосредственно через стенку рубца всасывается в кровь, а затем в печени преобразуется в мочевины [45, 125]. Часть азота в составе синтезированной эндогенно мочевины возвращается в рубец и используется бактериями на биосинтез белка, а часть удаляется из организма в составе азотсодержащих соединений мочи.

При избытке в рационах белка, особенно в сочетании с увеличением доли его распадаемой в рубце фракции (РРБ), потери азота оказываются значительными. С другой стороны, при недостаточном содержании РРБ в рационах, ниже потребности для постоянного возобновления популяции микробов в рубце, снижается не только продукция микробного белка, но и переваримость клетчатки, крахмала [30, 51, 112, 124]. Это при детальном рассмотрении в полной мере объяснимо закономерностями функционирования рубцовой микрофлоры на различных субстратах. Поэтому изучение действия разных уровней РРБ и соотношений НРБ:РРБ при разном содержании сырого белка в рационах на обмен азота, эффективность использования кормового белка и молочную продуктивность коров имеет большое научное и практическое значение. Установление оптимального уровня в диете распадаемой и нераспадаемой в рубце фракций сырого белка и их соотношения (НРБ:РРБ) может стать определяющим в рационализации белкового питания вы-

сокопродуктивных молочных коров, в том числе – снижении затрат на производство молока.

**Степень её разработанности.** Вопросы снижения затрат белка и оптимизации белкового питания животных в настоящее время являются предметом интенсивных исследований. В справочнике «Нормы и рационы кормления с.-х. животных» под редакцией академика А.П. Калашникова (2003) потребность в сыром белке (СБ) у коров живой массой 600 кг и среднесуточном надое 35 - 40 кг молока составляет 17,7 - 18,2 % СБ. Близкие к этим нормы даны в рекомендациях NRC (2001) США. Однако за последние 10 - 15 лет проведены исследования, показавшие возможность снижения затрат СБ до 14,5 - 15,5 % СБ без ущерба для высокой молочной продуктивности коров за счет повышения эффективности использования азота при условии оптимального соотношения НРБ:РРБ и сбалансированности аминокислотного состава дуоденального потока химус. Между тем в отечественной литературе недостаточно сведений, отражающих исследования, направленные на повышение эффективности использования сырого белка в рационах коров. Поэтому расширение программы изучения влияния разных уровней НРБ и РРБ на обмен и эффективность использования белкового азота, а также разработка более экономичных норм белкового питания имеет важное научное и практическое значение [34, 53, 53, 84].

**Цели и задачи исследования.** Установить оптимальные уровни НРБ и РРБ и определить возможность снижения затрат белка в рационах высокопродуктивных коров-первотелок голштинской породы в ранний период лактации.

**Задачи исследования:**

- определить действие уровня СБ и соотношения НРБ:РРБ на молочную продуктивность, качество молока, эффективность использования кормов и здоровье коров-первотелок голштинской породы;

- установить характер влияния разного уровня СБ и двух вариантов соотношения НРБ:РРБ на переваримость, обмен азота и аминокислот в рубце в процессе ферментации, выход микробного белка и аминокислот в дуоденальном химусе;

- определить переваримость питательных веществ и баланс азота корма в зависимости от уровня и распадаемости сырого белка (СБ) в рационах коров;
- оценить влияние рационов на характер образования ЛЖК в рубце;
- определить экономическую эффективность использования рационов с разным содержанием СБ и разным соотношением НРБ:РРБ.

**Научная новизна исследования.** Установлено, что в рационах с 15,7 % СБ оптимальным соотношением является НРБ:РРБ = 35:65 (НРБ – 5,44 %, РРБ – 10,3 % СБ), что подтверждалось более активным образованием свободного лизина и метионина в рубце, выходом микробного белка, более высокими коэффициентами переваримости сухого вещества, азота, клетчатки, более высоким выходом лизина и метионина в дуоденальном химусе, а также самыми низкими потерями потребленного белка в процессе рубцового пищеварения. Молочная продуктивность коров на этом рационе оказалась на уровне таковой у коров на рационах с 17,7 % СБ: 38,7 кг/сут. при содержании в нем 3,72 % жира и 3,27 % белка. На рационе с таким же содержанием СБ (15,7 %), но соотношением НРБ:РРБ = 50:50 происходит существенное снижение потребления корма ( $p < 0,01$ ) и снижение молочной продуктивности коров, что, по-видимому, обусловлено низким уровнем образования аммонийного азота  $\text{NH}_3\text{-N}$  в рубце.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.** Теоретическое значение работы состоит в том, что белковое питание коров рассматривается с точки зрения составляющих протеина корма белковых фракций НРБ и РРБ, особенностей процессов обмена азота и аминокислот в рубце, поступления аминокислот в тонкий кишечник в зависимости от уровня СБ и его распадаемости в рубце.

Практическая значимость состоит в том, что установлена возможность снижения затрат дорогостоящих белковых кормов (соевого и рапсового жмыхов) в рационах коров без ущерба для молочной продуктивности, что позволяет сократить затраты белка на 12 %, что сопровождается повышением рентабельности производства молока.

**Методология и методы исследований.** Методологической основой для постановки целей и задач исследований явились научные положения учёных, 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.** Действие уровня сырого белка и распадаемости в рационах лактирующих коров на:

- обмен азота и аминокислот, образование ЛЖК в рубце;
- переваримость питательных веществ кормов и баланс азота;
- молочная продуктивность и качество молока;
- действие на снижение нормы потребности лактирующих коров в сыром белке в ранней лактации.

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность результатов исследований обоснована достаточным для биометрической отработки поголовьем животных, подбором животных-аналогов по датам рождения, живой массе, молочной продуктивности их матерей, матерей отцов – для выполнения необходимого спектра исследований биологических материалов и использования объективных методов статистического анализа. 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

Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края (2018 г.); представлены на международной научно – практической конференции «Инновации в повышении



продуктивности сельскохозяйственных животных» (2017 г.); на международной научно - практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных», посвященной 100-летию со дня рождения А. П. Калашникова (2018 г.); представлены на XII Всероссийской конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (2018г.); на международной научно-практической конференции «Современное состояние животноводства: проблемы и пути решения» (г. Саратов, 2018 г.); международной научно-практической конференции «Перспективы и актуальные проблемы развития высокопродуктивного молочного и мясного скотоводства» (г. Витебск, 2019г.); на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы (г. Краснодар, 2019г.)

**Публикации результатов исследований.** По материалам работы было опубликовано 13 научных статей, из них 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; получен патент РФ на изобретение № 2614718.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из следующих разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты исследований, экономическое обоснование результатов исследований, выводы, практические предложения, список литературы, приложения. Работа изложена на 118 страницах компьютерного текста и содержит 22 таблиц, 10 рисунков.

Библиографический список содержит 180 источников литературы, из них 59 – на иностранном языке.

## **1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Особенности пищеварения и метаболизма азота в пищеварительном тракте жвачных**

Пищеварение в рубце. Современное животноводство можно рассматривать как своеобразную разновидность промышленного производства, при котором в организме животных происходит переработка исходного «сырья» – корма – в конечный продукт (молоко, мясо, яйца, шерсть) [100, 106, 108, 157].

Уже к началу XX века сложилось представление о процессе пищеварения у всех животных, независимо от видовой принадлежности, как о стандартной цепи: вслед за приемом корма следует этап расщепления сложных полимерных структур до мономеров. Расщепление осуществляется действием гидролитических ферментов, а его продукты – мономеры – всасываются во внутреннюю среду организма. У физиологов существует определение: начальный этап ассимиляции пищи, то есть превращение исходных пищевых структур в компоненты, лишенные видовой специфичности и пригодные к всасыванию и участию в промежуточном обмене, принято обозначать как процесс пищеварения [85, 90].

По вопросу функциональной значимости отделов пищеварительной системы крупного рогатого скота и мелкого рогатого скота в среде ученых-морфологов и физиологов сложилось единое мнение о главенствующей роли многокамерного желудка в процессе подготовки компонентов рациона для поступления во внутреннюю среду. В нем, в свою очередь, особо выделяют значение самой большой камеры – рубца. В структуре стенки преджелудков не имеется железистых образований, что исключает факт продуцирования пищеварительных ферментов. Сычуг полигастричных по строению и функциональной активности аналогичен однокамерному желудку; железы его стенок вырабатывают протеазы [12, 107, 112].

Морфологами предложено объединять сетку и рубец многокамерного желудка жвачных в единую структуру, поскольку четкого анатомического разделения этих отделов не имеется (рисунок 1), а сетка представляет собой наиболее крупное из рубцовых отделений. Фактором переваривания потребляемых кормов в рубце и сетке являются микроорганизмы, а сам процесс осуществляется в обоих отделах этой камеры. Преддверие рубца и сетку разделяет складка, через которую проходят исключительно хорошо подготовленные (измельченные и частично ферментированные) частицы кормового субстрата. На внутренней (слизистой) оболочке стенки сетки имеются приподнятые над базовой поверхностью ячейки, функционально и структурно приспособленные для сортировки содержимого. Достаточно обработанные частицы за счет сокращений сетки передвигаются в последующие отделы желудка, а менее подготовленные, более крупные возвращаются в рубец для их дальнейшей обработки [4, 5].

По данным Ю. И. Никитина (2008), А. Ю. Шантыза (2008) и других авторов, книжка представляет собой анатомический объект округлой формы объемом примерно десять литров. Внутренняя оболочка стенки названной структуры преджелудков имеет образования, сходные с книжными страницами, служащие для отсортировки частиц корма, размеры которых требуют дополнительного измельчения, а подготовленное содержимое без задержки переходит в сычуг. В книжке идут процессы ферментативной деградации органических соединений корма микробиальными факторами, а стенка функционально и анатомически приспособлена для интенсивного всасывания воды, ионов, азотсодержащих небелковых соединений, а также кислот – продуктов брожения [64, 112].

У ученых не имеется разногласий по поводу функционального назначения сычуга, который у жвачных выполняет функцию железистого желудка, аналогично таковой у моногастричных: осуществляет процессы гидролиза питательных веществ за счет вырабатываемого собственными железами желудочного (сычужного) сока, что позволило считать этот отдел истинным

желудком. Изучение структурных и функциональных особенностей этого отдела в связи с изменением рационов животных продолжается.

Объем многокамерного желудка зависит от возраста и массы тела животного. Так, у коров массой в 550 – 650 кг наполненный желудок весит 75 – 125 кг; у взрослой коровы на долю рубца приходится 57 %, книжки – 20 %, сетки – 7 %, сычуга – 11 % от общего объема желудка [60, 89].

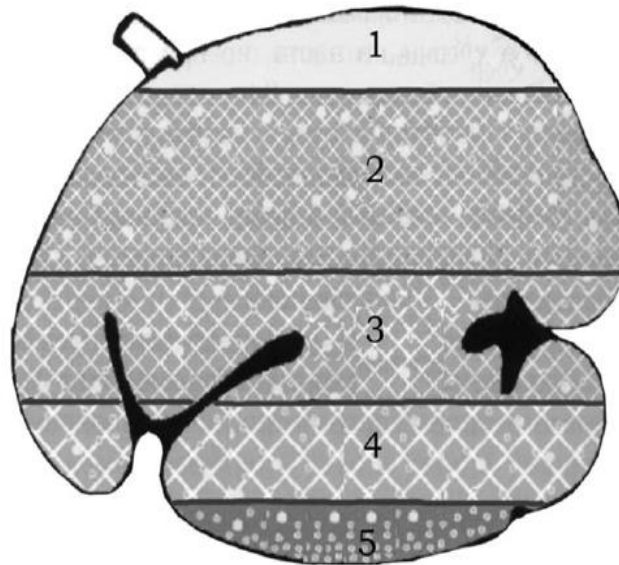


Рисунок 1 – Послойное расположение содержимого рубца [66]

1. Газовый слой (9–12 см).
2. Слой крупных частиц корма и связанная жидкость (высота слоя 30 – 35 см).
3. Промежуточный (медиальный) слой (высота слоя 30–35 см).
4. Мелкие частицы корма, свободная жидкость и небольшая доля крупных частиц.
5. Самые мелкие и тяжелые частицы корма, минеральные вещества и инфузории (общая высота слоев 4 и 5 – 10–20 см).

Особенности физиологии питания жвачных и ее преимущества определяются системой рубца. Рубец – самая большая по объему камера; у крупного рогатого скота его емкость достигает 200 литров; локализуется в брюшной полости слева, в каудальном направлении от диафрагмы. Он может содержать 25 галлонов или более материала, в зависимости от размера коровы. Из-за своего размера рубец действует как резервуар для хранения корма, но это также бродильный чан. В рубце потребленный в разное время корм располагается послойно, что отражено на рисунке 1. Особенностью распределения слоев является наличие сверху слоя газов;

на следующем уровне находятся относительно крупные и легкие частицы корма и связанная вода; ниже – срединный слой. Содержимое первого из нижних слоев представляет собой наиболее измельченные фрагменты корма, воду с растворенными веществами, а также небольшую долю крупных частиц с относительно высоким удельным весом. Содержимое самого нижнего слоя представлено наиболее мелкими фрагментами корма, а также основной массой рубцовых панцирных инфузорий [5].

Специальными исследованиями установлено, что поступивший в рубец корм остается в нем до тех пор, пока не достигнет определенной консистенции и степени измельчения, и лишь затем переходит в последующие отделы пищеварительного тракта. Процесс измельчения корма обеспечивается в ходе периодически повторяющейся жвачки, при которой корм из рубца отрывается в ротовую полость, пережевывается, смешивается со слюной и вновь проглатывается. Установлены нормальные показатели продолжительности жвачных периодов у крупного рогатого скота в разные возрастные периоды, а также характерные изменения при нарушении питания [7, 103].

Особую роль в функционировании рубца, а также в морфологии его содержимого, играет работа слюнных желез, которые у коровы могут производить и поставлять от 50 до 80 литров слюны в рубец ежедневно. Слюна имеет несколько функций у коров: обеспечивает жидкую среду, необходимую для микробов; участвует в рециркуляции азота и минералов; выступает в качестве буфера рубца, поскольку поддерживает pH этой камеры от 6,2 до 6,8. Это важнейшее требование не только для лучшего переваривания кормов, но и для жизнедеятельности микрофлоры [9].

Микробная ферментация в рубце совершается в границах pH 6,4 – 7,6 и сопровождается образованием кислот брожения. Это угрожает смещением активной реакции рубцовой жидкости в кислую сторону, особенно при интенсивных бродильных процессах. Нормализации pH способствует непрерывное поступление в рубец слюны и проявление ее буферных свойства в отношении нейтрализации из-

бытка кислот. В то же время, по сведениям К.Т. Ташенова (1969), со слюной в рубец поступает также некоторое количество аскорбиновой кислоты, производимой слюнными железами. Есть предположение, что это вносит весомый вклад в поддержание оптимальной кислотности рубцовой жидкости. Определены количественные значения выделения аскорбиновой кислоты у коровы: до 80 мг ежедневно [102]. Это соединение признано важным фактором, способствующим оптимизации условий жизнедеятельности микробиоты рубца.

Через стенку рубца поглощается кровью большая часть летучих жирных кислот, образующихся при ферментации кормов микробами рубца. Всасывание этих кислот, как и некоторых других продуктов пищеварения, усиливается за счет хорошего кровоснабжения стенок рубца. Крошечные выступы, называемые сосочками, увеличивают площадь поверхности и поглощающую способность рубца.

Температура содержимого рубца выше, чем температура крови, и в течение суток она колеблется в пределах 38 – 41°C (днем 38 – 39°C, ночью 39 – 41°C); этот показатель не зависит от приема корма

Структура стенки рубца изучена достаточно хорошо. Так, Н.Н. Максимюк (2004) г. выразил общее мнение ученых: стенка рубца образована тремя оболочками: серозной, мышечной и слизистой. Наиболее важным звеном этой системы признана слизистая оболочка; она представлена плоским многослойным эпителием, слегка ороговевающим и образующим ворсинки. За счет ворсинок многократно увеличивается внутренняя поверхность рубца: установлено, что у крупного рогатого скота 520 тыс. крупных ворсинок увеличивают площадь поверхности рубца (0,9 м<sup>2</sup>) в 7 раз. В различных зонах рубца за счет образования ворсинок активная поверхность может увеличиваться в 14 – 21,6 раз. Нередко в рубце встречаются ворсинки размером 12×5 мм [60, 84, 126].

Доля слизистой оболочки, как показано в публикациях Гельман Н.С. (1978) составляет 51 – 75 % от общей массы рубца. Согласно общепринятой терминологии и классификации, в тканях многослойного ороговевающего эпителия слизистой оболочки рубца различают базальный слой – *stratum basale*, остистый слой – *stratum spinosum*, переходный слой – *stratum transitionale* и

роговой слой – stratum corneum [122].

К числу значимых структурных особенностей слизистой оболочки относится ее двусторонняя проницаемость, что позволяет обеспечивать транспорт воды и ионов в кровь и обратно без затрат энергии, по законам осмоса, а также активный перенос веществ путем пино-, фаго- и экзоцитоза. Особую роль играет базальный слой, осуществляющий активный транспорт метаболитов, главными из которых у лактирующих коров признаны летучие жирные кислоты [138].

И.Г. Пивняк (1972) назвал факторы, которые необходимы для обеспечения благоприятных условий для жизнедеятельности, размножения и роста микрофауны рубца: периодическое поступление в рубец корма, оптимальная реакция среды, постоянная температура, непрерывное поступление слюны, перемешивание и продвижение пищевых масс, всасывание конечных продуктов обмена микроорганизмов в кровь и лимфу [68, 153].

Благодаря симбиотической связи с микро населением рубца – бактериями и простейшими – жвачные животные обладают уникальной способностью широко использовать для питания растительные корма. Биологическая сущность симбиоза заключается в том, что микроорганизмы обеспечивают за счет деятельности своих энзиматических систем переваривание таких составных частей корма, которые организм хозяина не способен расщеплять. Например, жвачные утилизируют до 80 % всей поступившей с кормом клетчатки, из которых 60 – 65 % – за счет ее гидролиза ферментами микроорганизмов рубца [122]. Согласно публикации А.Г. Грушкина в настоящее время видовой состав микроорганизмов рубца изучен достаточно хорошо: это анаэробные бактерии, инфузории и низшие грибы. Предложено составные части микробной популяции рубца разделить на четыре фракции:

1. Свободноживущая взвесь микроорганизмов. Фракция очень активна в обменном отношении и имеет важное значение в осуществлении связи с внешней средой. Потребленный корм попадает именно в эту фракцию;

2. Микроорганизмы, слабо связанные с частицами корма;

3. Микроорганизмы, прочно связанные с частицами корма. Именно в этой фракции происходит наиболее интенсивное переваривание клетчатки. Доказано, что подавление микроорганизмов второй и третьей фракций резко снижает переваримость клетчатки;

4. Фракция рубцовых микроорганизмов, прикрепленная к внутренней оболочке стенки [144, 157].

Среди микроорганизмов рубца наиболее пристальное внимание ученых было уделено бактериям: определено более 150 видов, включая не менее 50 видов облигатных, обязательно присутствующих в рубце. Предложено большое количество их классификаций: по форме, по утилизируемому субстрату, конечному продукту. Значимость каждой группы будет определяться составом рациона, и закономерно должна сопровождаться увеличением доли в спектре микробиоты бактерий, имеющих соответствующие ферменты (целлюлазы, протеазы, липазы, амилазы). Известно, что метаболиты микробов (молочная, уксусная, пропионовая кислоты, метан и др.) выступают в качестве важных факторов регуляции микробиального спектра населения рубца. Обязательными составляющими совокупности симбионтных бактерий преджелудков коровы являются клостридии, селеномонады, бактериоиды, уреалитические бактерии [122].

Установлены некоторые количественные показатели, позволяющие судить о масштабах микробиальных процессов в рубце. Так, Н. Н. Максимюк (2004) определил общий вес микробиоты рубца коровы на уровне 10 % общей массы его содержимого: от 4 до 7 кг. Установлено также, что концентрация микроорганизмов в 1 мл содержимого рубца может колебаться в широких пределах (6 – 40 млрд). Значимым участником рубцовых процессов признаны простейшие, которые в содержимом преджелудков представлены многими видами панцирных инфузорий [62]. В ходе научных исследований выявлены особенности, обусловленные видовой принадлежностью «хозяина»: ученые обнаружили до 120 видов рубцовых инфузорий, в том числе у крупного рогатого



скота – 60 видов, у овец – 30 видов, у коз и северных оленей – 20 видов [118].

Исследователи указывают, что от 50 % до 80 % (14 – 16 видов) являются облигатными. В исследованиях на крупном рогатом скоте доказано, что биомасса микроорганизмов имеет отличия по химическому составу (таблица 1)

Таблица 1 – Состав биомассы рубцовых микроорганизмов у КРС

| Показатели                          | Бактерии     |                     | Протозоа | Микробная биомасса |
|-------------------------------------|--------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                     | Жидкой части | На твердых частицах |          |                    |
| ОВ, % СВ микробной биомассы         | 85,3         | -                   | 90,0     | -                  |
| Общий азот, % СВ                    | 7,43         | -                   | 5,74     | 7,16               |
| Общий азот, % ОВ микробной биомассы | 9,45         | -                   | 9,21     | -                  |
| Отношение микробныйN / пурины       | 0,98         | -                   | 1,08     | -                  |
| Аминокислоты:<br>Аланин             | 7,2          | 6,5                 | 4,3      | 7,4                |
| Аргинин                             | 4,6          | 5                   | 4,5      | 5,3                |
| Аспарагиновая кислота               | 12           | 11,5                | 13,2     | 13,4               |
| Цистин                              | 1,6          | 1,5                 | 1,5      | 2,2                |
| Глутаминовая кислота                | 5,6          | 5,4                 | 4,4      | 6,2                |
| Глицин                              | 12,8         | 13,1                | 14,4     | 15                 |
| Гистидин                            | 1,9          | 2                   | 1,8      | 2,1                |
| Изолейцин                           | 7,6          | 8,1                 | 6,5      | 7                  |
| Лейцин                              | 5,54         | 5,7                 | 7,8      | 9,2                |
| Лизин                               | 7,7          | 7,4                 | 10,8     | 9,4                |
| Метионин                            | 2,4          | 2,3                 | 2,2      | 2,6                |
| Фенилаланин                         | 5,1          | 5,6                 | 5,6      | 6,4                |
| Пролин                              | 3,6          | 3,8                 | 3,6      | 4,3                |
| Серин                               | 4,5          | 4,3                 | 4,3      | 5,4                |
| Треонин                             | 5,6          | 5,4                 | 5        | 6,3                |
| Трептофан                           | 1,3          | 1,3                 | -        | 1,4                |
| Тирозин                             | 5,2          | 5,3                 | 4,8      | 6,1                |
| Валин                               | 5,9          | 5,8                 | 5,2      | 6,9                |

Микробная биомасса рубцового содержимого включает бактерии жидкой части – 33,4 %, бактерии на твердых частицах – 50,1 % и простейшие (инфузории) – 16,5 %. В гидролизе клетчатки главная роль принадлежит именно инфузориям.

Это микроскопические микроорганизмы продольно-овальной или овальной формы, имеющие реснички. Величина их варьирует от 20 до 200 мкм [96]. В рубце жвачных встречаются две большие группы инфузорий – равноресничные (голотрихи) и малоресничные (олиготрихи), главным образом семейства офриоскоlecидов. Количество и видовой состав инфузорий рубца в значительной степени зависит от состава рациона и различий технологических схем кормления. Общая биомасса инфузорий в рубце коровы составляет около 3 кг, а концентрация может достигать  $10^5 - 10^6$  в 1 мл рубцовой жидкости (в среднем 100 – 120 тысяч). Период деления у инфузорий 4 – 6 ч (у бактерий 1 – 1,5 ч); продолжительность жизни 6 – 54 ч. Получены доказательства увеличения процента инфузорий в рубце при повышении в рационе коровы доли грубостебельчатых кормов. Высокий коэффициент измельченности (более 50%) и концентрированные корма резко снижают количество инфузорий [64,68].

В таблице 2 приведены сведения, доказывающие возможность коррекции химического состава микроорганизмов за счет изменения состава корма.

Таблица 2 – Химический состав и изотопное обогащение бактерий и протозоа у лактирующих молочных коров на рационах с двумя разными источниками доступного азота

| Показатели               | Контрольная группа | Экспериментальная группа |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Бактерии:                |                    |                          |
| ОВ, % от СВ              | 83,6               | 84,7                     |
| N, % от СВ               | 7,90               | 8,29                     |
| N, % от ОВ               | 9,45               | 9,79                     |
| Общее кол-во АК, % от СВ | 28,8               | 30,8                     |
| Общее кол-во АК, % от ОВ | 34,3               | 36,3                     |
| Протозоа: ОВ, % от СВ    | 86,1               | 89                       |
| N, % от СВ               | 7,93               | 8,60                     |
| N, % от ОВ               | 9,21               | 9,65                     |
| Общее кол-во АК, % от СВ | 31,4               | 34,4                     |
| Общее кол-во АК, % от ОВ | 36,4               | 38,6                     |
| АК, % от N               | 53,4               | 54                       |

Ферментативные процессы в рубце, которые происходят в результате жизнедеятельности микроорганизмов, дают корове ряд преимуществ, перечисленных ниже [33, 48].

1. Экзоферменты микробиального происхождения позволяют животному-хозяину извлекать энергию из сложных углеводов (клетчатка грубых кормов) путем их деградации до глюкозы и других простых сахаров.

2. Жвачные в сравнении с моногастричными менее зависимы от содержания белка в кормах, поскольку симбионты – микроорганизмы рубца – способны утилизировать небелковый азот для построения белка собственного организма. Этот белок, в свою очередь, при дальнейшем пищеварении деградирует с освобождением всех аминокислот, поставляя их для синтеза белка организма «хозяина».

3. Микробиальные процессы в рубце сопровождаются синтезом ряда витаминов в количествах, достаточных для обеспечения потребности макроорганизма.

В то же время отмечен ряд отрицательных сторон микробиальной ферментации в рубце: при расщеплении углеводов образуется большое количество газов, в которых заключено значительное количество энергии. Их выделение в среду обитания (метан, углекислый газ) по сути является потерей части энергии, которая была заключена в корме. Причина установлена достаточно давно: ряд «легких» углеводов корма может быть расщеплен и без участия ферментов микробов, но их попадание в рубец, а не непосредственно в тонкую кишку сопровождается потерями исходной величины энергии рациона. Кроме этого, ценный белок корма частично разрушается с довольно высокой потерей азота в форме аммиака. Существует мнение, что бактериальная клетка не приспособлена для полной утилизации образовавшегося при ферментации белков аммиака, и его избыток – «лишний» аммиак – активно всасывается через стенку рубца в кровь, а затем в виде мочевины выделяется с мочой [47, 55, 154].

Значительная часть рациона коровы представляет собой грубые корма, имеющие в структуре значимую часть целлюлозы. Клетчатка и подобные соединения группы сложных углеводов являются трудноферментируемыми даже при

физиологическом балансе в микробиоте рубца и достаточности ее ферментативных процессов. Это сопровождается увеличением продолжительности времени нахождения субстрата в преджелудках, что, в свою очередь влечет за собой задержку освобождения во времени и недостаточное поступление в тонкий кишечник готовых для дальнейшего переваривания кишечными факторами материала. Таким образом, избыток объемистых грубых кормов в рационе может повлечь за собой энергетическое голодание животного, вне зависимости от количества корма, потребленного коровой.

Имеются предостережения и относительно недостатка клетчатки в составе корма. Исследователи указывают, что целлюлоза объемистых кормов должна рассматриваться не только как источник образования ЛЖК и энергетического субстрата, но в качестве главного регулятора моторики рубца и других камер. Доказано: при снижении доли кормов с высоким содержанием клетчатки ускоряется процесс передвижения содержимого преджелудков в истинный желудок и далее в кишечник. Это закономерно сопровождается снижением переваримости всех ингредиентов диеты. В случае избытка или просто несколько более высокого содержания в рационе легких углеводов (крахмалосодержащие корма, сахара) резко снижается переваримость клетчатки. Это закономерный итог, поскольку доказан факт избирательной ферментации микрофлорой в первую очередь простых углеводов [12, 26, 38].

Исследователи отмечают исключительно высокую интенсивность процессов брожения в главной камере сложного желудка жвачных: по разным данным, в течение 24 ч в рубце происходит образование 3,5–5,5 продуктов сбраживания углеводов – летучих жирных кислот. Установлено также, что уровень продукции уксусной, масляной, пропионовой и других кислот указанной группы тесно коррелирует с исходным составом диеты: при высокой доле в корме целлюлозы, крахмалистых кормов и других, доступных для микроорганизмов сахаросодержащих компонентов их образование ЛЖК повышается. Наибольшая степень этого направления зависимости установлена в отношении уксусной кислоты (клетчат-

ка), а также пропионовой кислоты (корма с высоким содержанием крахмала и сахарозы) [62, 68].

Согласно данным Д. Дубининой (2012), О.Г. Шляховой (2012), увеличение в диете коров доли зерновых при одновременном уменьшении доли кормов с высоким содержанием клетчатки уровень образования уксусной кислоты в рубце снижается. При этом зафиксировано увеличение в содержимом рубца концентрация масляной и пропионовой кислот. Эти же авторы сообщают, что скармливание лактирующим коровам кислых силосованных кормов в условиях недостатка углеводистых кормов в рационе сопровождается снижением продукции пропионовой и увеличению масляной и уксусной кислот [85]. При физиологически адекватном уровне продуцирования и правильном соотношении летучие жирные кислоты участвуют в анаболизме липидов для структур клеток организма коровы и как источник синтеза жира молока [107].

При поиске путей снижения затрат кормового белка было доказано, что микроорганизмы рубца могут использовать азот из небелковых азотистых соединений. Существует множество публикаций, освещающих возможность частичной замены белка в рационе жвачных мочевиной для экономии кормового белка. При этом сформулированы особые условия по количеству ввода мочевины, а также по допустимым уровням содержания в ней азота. В рубце карбамид расщепляется микробной уреазой до аммиака из которого в дальнейшем бактерии нескольких видов синтезируют полноценный белок своего тела [47, 48, 52]. Авторы указывают на опасность интоксикации организма в случае недостаточного количества в рационе углеводов.

Микробиальные процессы в преджелудках сопровождаются образованием значительных объемов газов. Избыток аммиака, метана, углекислого газа, азота, а также водород, сероводород, и озон, не реутилизированный микроорганизмами, в основном удаляется во внешнюю среду, но частично всасывается в кровь и нарушает метаболизм. Установлено: повышение продукции газов в организме жвачных сопровождается снижением использования питательных веществ корма [59,

73]. По-видимому, путем корректировки рациона возможно изменение состава рубцовой микрофлоры для уменьшения доли продуцентов вредных газов.

О.Ю. Богданова (2000), Н.А. Беясова (2012) с целью формирования желательного микробиального сообщества преджелудков настаивают на создании и поддержании определенных условий для представителей различной микрофлоры.

Очень большое количество исследований посвящено поиску путей оптимизации жизненных условий для микрофлоры рубца, поскольку интенсивность роста желательных симбионтов падает при несоответствии pH: резко снижается при pH=6,2 и прекращается при pH < 6,0. Выявлена избирательная чувствительность целлюлозолитических микроорганизмов к избытку жиров: при содержании жира выше 5 % от СВ рациона активность размножения этих микробов резко падает. Это, в свою очередь, сопровождается снижением процессов расщепления в рубце клетчатки [11, 14]. В.Н. Кисленко (2012) считает условия питания жвачных животных основным фактором, определяющим продуктивность микробной популяции рубца и эффективность трансформации питательных веществ корма. Поэтому очевидно, что программа питания жвачных должна учитывать уровень питания микрофлоры его преджелудков. Отмечена недопустимость пренебрежения пищевыми потребностями микрофлоры, влекущее за собой снижение эффективности использования кормов [39]. Известно, например, что введение в рацион взрослому крупному рогатому скоту антибиотиков вызывает резкое нарушение пищеварения, снижает переваривание углеводов, а количество микроорганизмов в преджелудке уменьшается на 50-75 %. Нормальное количество микрофлоры может быть восстановлено только введением в рубец содержимого преджелудков здорового животного или обогащением рациона дрожжами.

Радчук Н.А. и соавт. (1991), А.Л. Ивчатов (2013) указывают на способность микроорганизмов рубца быстро реагировать на изменения в составе рационов. Численность бактерий, находящихся в рубце, в течение дня изменяется прямо пропорционально количеству энергии, доступной для микробов, которая, в свою очередь, прямо пропорциональна количеству энергии, полученной с кормом [33, 73].

## 1.2 Метаболизм углеводов в рубце

Рационы большинства продуктивных животных основных видов практически на 70% питательности корма состоят из растительных кормов, в которых содержится 40 – 80% углеводов. Это главным образом полисахариды – крахмал, инулин, целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, а также дисахариды – сахароза, мальтоза, целлобиоза, целлотриоза [15, 28, 41]. Растительные корма подвергаются в преджелудках гидролизу специфическими ферментами рубцовых микроорганизмов, которые расщепляют сложные углеводы до моносахаридов. В свою очередь, простые сахара в рубце сбраживаются с образованием органических кислот и газов – углекислого газа (60 %), метана (25 %), водорода.

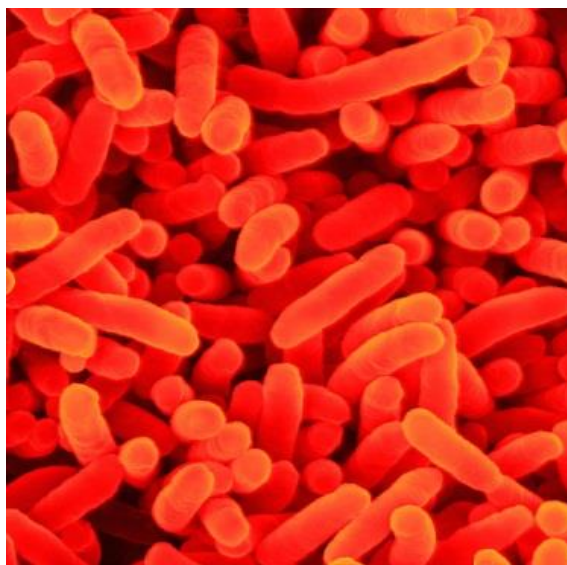


Рисунок 2 - Целлюлозолитические бактерии рубца вида *Bacteroid essuccinogenes*

К числу переваривающих целлюлозу бактерий относятся, прежде всего, виды *Bacteroid essuccinogenes* (рисунок 2), *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Clostridium lochheadii*, *Cellulomonas fimi*, *Cillobacteriumcellulosolvens* [107, 108]. Как было показано Пивняк И.Г. (1982), гидролиз целлюлозы осуществляется под действием бактериального фермента целлюлазы; при этом в результате образуются дисахариды целлобиоза и целлотриоза, которые в свою очередь под действием

бактериальной глюкозидазы расщепляются до глюкозы. Полисахарид гемицеллюлоза под действием целлюлозолитических бактерий (*Eubacterium*, *Bacteroides ruminicola*, *Ruminococcus albus*) расщепляется до ксилобиозы, а затем под действием ксилобиазы – до ксилозы. Конечными продуктами расщепления гемицеллюлозы являются пентозы (рибоза, арабиноза, ксилулоза, рибулоза) и гексозы (глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза). Доказано, что простейшие способны переваривать целлюлозу и гемицеллюлозу, например *Polyplastron multivesiculatum*, *Epidinium caudatum* [68]. Крахмал расщепляется по схеме: крахмал – декстрины – мальтоза – глюкоза под действием  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы простейших *Dasytricha ruminantium*, *Isotricha* [20, 108].

Одновременно с расщеплением углеводов в рубце происходит синтез микробиальных полисахаридов, которые затем перевариваются в тонком кишечнике, как и у моногастричных животных.

Доказано, что как поступающие с кормом, так и образовавшиеся в результате микробного расщепления моно- и дисахариды в анаэробных условиях рубца сбрасываются до летучих жирных кислот (ЛЖК). Все моносахариды вначале превращаются в пировиноградную кислоту (пируват), а затем, в зависимости от вида преобладающих бактерий, из пировиноградной кислоты могут образоваться молочная кислота (лактат), муравьиная кислота, щавелево-уксусная кислота. Эта особенность является основанием для использования пробиотических препаратов для направленного влияния на рубцовые процессы жвачных [65, 73, 84].

В ходе биохимических превращений в рубце из муравьиной кислоты образуется уксусная кислота (ацетат), а из уксусной кислоты – валериановая и масляная кислоты. Из молочной кислоты образуется пропионовая кислота; из щавелево-уксусной кислоты производится янтарная кислота. В целом в течение суток в организме одной особи вида крупный рогатый скот образуется от 1,5 до 5 л (в среднем – 4 л) летучих жирных кислот, а у мелкого рогатого скота (овцы, козы) — около 0,5 л [61, 106, 118].



### 1.3 Азотистый обмен в преджелудках жвачных

Основной частью программы практических рационов жвачных, в том числе – лактирующих коров – являются растительные корма. Это служит главной причиной характера влияния на обмен веществ и продуктивность животных сложных органических веществ, участвующих в пищеварительном процессе и далее – в промежуточном обмене. Названная особенность связана с наличием в корме небольшая доля белковых и небелковых соединений, содержащих азот (от 7 до 30 % СБ в СВ корма). Их совокупность составляет сырой белок, который фактически содержит лишь часть собственно белков; именно их принято обозначать термином «чистый белок». В эту группу включают альбумины, глобулины, гистоны, глюко- фосфо- и хромопротеиды, и ряд других белков, как простых, так и сложных. В научной среде у жвачных принято рассматривать не белковый обмен как таковой, а азотистый, поскольку роль небелковых азотсодержащих веществ очень велика. К ним относятся пептиды и свободные аминокислоты (в первую очередь), а также амиды, пуриновые и пиримидиновые основания. Вклад в этот обмен также нитритов и нитратов признан значимым, но он, вероятно, еще недостаточно оценен [4, 24].

И.Г. Пивняк (1982) опубликовал данные, согласно которым основным фактором деградации протеина в главном преджелудке признана большая группа специфических бактерий-продуцентов протеаз, концентрация которых достигает  $10^9$ /мл содержимого рубца. Доля этих бактерий в спектре микробиоты рубца – около 40 %. Наиболее значимая роль в указанной функции принадлежит *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Selenomonas ruminantium* и др. [68]. Как показано исследованиями Лапотко (2009), оптимальный показатель pH для процесса гидролиза белков экзоферментами микробов находится в границах между 6 и 7. Имеется уточнение относительно границ pH для максимальной интенсивности бактериального протеолиза – 6,5. В результате микробные протеазы расщепляют белок до пептидов, а микробные пептидазы осуществляют

их деградацию до аминокислот. Эти соединения не вступают в белковый обмен хозяина, поскольку подвергаются дезаминированию либо декарбоксилированию ферментами микробов, а результатом является образование основного продукта азотистого обмена в рубце жвачных – аммиак, а также углеродный скелет органической кислоты [56, 131].

Аммиак для любого многоклеточного организма является безусловно высокотоксичным соединением. У жвачных проблема его детоксикации решена путем трансформации в значительно менее ядовитое соединение – мочевины – в ходе реализации специфической функции печени. При этом процессе значительное количество образовавшейся в печени мочевины поступает с кровью в слюнные железы, откуда возвращается в рубец со слюной. Значимой признана также доля мочевины, поступившей из крови через стенку рубца по системе гепато-руменальной циркуляции азота. Дальнейшая судьба мочевины в рубце обусловлена уровнем ее деградации бактериальной уреазой до углекислого газа и аммиака. Часть этого продукта всасывается в кровь, но большую утилизируют микроорганизмы, используя азот в качестве строительного материала для биосинтеза аминокислот собственной клетки. Рубцовые процессы микробной ферментации белков осуществляются параллельно с деятельностью микрофлоры по синтезу микробиальных белков. По данным разных авторов, за промежуток времени 24 ч в рубце у взрослой здоровой коровы продуцируется от одного до четырех кг микробиального белка (у овцы – 0,8 – 1,0 кг. Это фактически покрывает до 60 % суточной потребности высокопродуктивных коров в обменном белке. Многочисленными исследованиями установлено, что в ходе рубцовых процессов превращается в микробиальный азот около 50 – 70 % азота корма [2, 127, 135].

Существует опыт обогащения рационов коров азотом за счет мочевины, который показал наиболее благоприятные показатели синтеза бактериального белка в рубце в случае, если на каждые 100 г мочевины приходится не менее 1 кг легкодоступных углеводов, из которых 2/3 должен составлять крахмал. Так, В.И.

Любич (2003) показал, что оптимальная доза мочевины определена на уровне 120 г на 1 голову в сутки [60]. В тонкий кишечник из рубца жвачных поступает 20 – 40 % нерасщепленного в преджелудках кормового белка и 60 – 70% микробного белка.

#### **1.4 Обмен липидов в рубце жвачных**

В растительных кормах содержится 1 – 10 % липидов от общего количества сухого вещества. В состав липидов входят моно-, ди- и триглицериды, фосфолипиды, стеролы, воск, свободные жирные кислоты. Главная составная часть растительных жиров – непредельные жирные кислоты. Установлено [62], что микроорганизмы рубца могут изменять липиды корма, и только незначительная часть исходных липидов транспортируется в сычуг и тонкий кишечник в неизменном виде. Микроорганизмы с помощью липолитических ферментов (липаза, галактозидаза) расщепляют эфирные связи между жирами, кислотами и глицерином. Образовавшиеся глицерин и галактоза, в свою очередь, сбрасываются до летучих жирных кислот (ЛЖК) в ходе бродильных процессов. К бактериям, расщепляющим жиры, относятся *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Lactobacillus lactus* [11, 32, 36].

Рубцовые процессы обработки липидов корма сводятся к их гидрогенизации. Итогом этого процесса является преобразование ненасыщенных жирных кислот в насыщенные, а жидких растительных жиров – в твердые. Преобладающей липидной фракцией становятся насыщенные жирные кислоты, которые прочно удерживаются на поверхности фрагментов кормовых компонентов содержимого [7, 68, 91].

Липидный обмен в рубце не заключается исключительно в деградации жиров корма. Одновременно с указанным процессом осуществляется и синтез липидов, специфичных для микробной клетки продуцента липаз. Доля липидов микробного происхождения, как было установлено сравнительно недавно,

составляет в среднем четвертую часть от общего уровня липидов в содержимом рубца. Имеются сведения, позволяющие оценить количественную сторону этого синтеза: в преджелудках полновозрастной коровы в сутки продуцируется около 140 г липидов. Точно установлены главные источники для синтеза липидов в преджелудках: которые представляют собой совокупность как липидных, так и нелипидных предшественников. Наибольшую значимость для указанного процесса имеет уксусная и другие летучие жирные кислоты [68, 84, 86].

В рубце крупного рогатого скота происходит биосинтез ряда витаминов дополнительно к тем, которые животные получают с кормом. Так, частности, молоко коров значительно обогащается тиамином, рибофлавином, пантотеновой кислотой, никотиновой кислотой, пиридоксином, витамином В<sub>12</sub> и другими витаминами группы В. Доказан факт синтеза в рубце и витамина К [68]

Главным фактором в поддержании постоянства неорганического состава содержимого рубца являются минеральные вещества слюны, выделяемой у жвачных в большом количестве. Установлены взаимосвязи в обмене биологически активных факторов: так, особенностью минерального обмена в рубце можно считать образование микробного витамина В<sub>12</sub> при условии достаточного содержания в рубцовом содержимом кобальта. Кроме того, уровень образования аминокислот – цистина, цистеина и метионина – зависит от содержания в рационах серы, сульфатов [1, 13, 21].

### **1.5 Качество кормового белка для высокопродуктивных коров**

Жвачные животные гораздо менее зависимы от количественных и качественных характеристик белковой части рациона, чем моногастричные. По разным оценкам, в основной камере преджелудков выделяемые микроорганизмами ферменты-протеазы расщепляют белковые соединения рациона. 70-80 % из их общего количества преобразуется в белок микробной клетки (МБ). Это практически полноценный белок, поскольку он содержит все незаменимые аминокислоты

и содержит значительно больше лизина и метионина, чем исходный корм. Таким образом, из преджелудков в сычуг и далее – в кишечник – поступает несколько форм белка: микробный сырой белок (МСБ), имеющий долю от 25 до 40 % белка корма, не подвергнутого распаду в рубце (НРБ), а также белок эндогенного происхождения: эпителий верхних и нижних дыхательных путей, слизистых оболочек ротовой полости, преджелудков, белки слюны. Белок из всех названных и других источников под воздействием сычужных и кишечных ферментов, переваривается до аминокислот, которые всасываются через кишечную стенку в кровь и используются на основной обмен и производство белковых соединений, собственных потребностям текущего периода жизни (молоко, прирост, и другие) [13, 16, 18, 49].

Новые сведения, уточняющие особенности обмена веществ у высокопродуктивных коров, доказывают неэффективность нормирования их рационов по показателю «переваримый протеин». Стало очевидным, что собственно белки «из кормушки» не могут рассматриваться в качестве источника обменных аминокислот. Количество переваримого протеина в рационе не позволяет правильно оценить истинный уровень обеспеченности потребности животного в аминокислотах, как главнейшем материале для биосинтеза белка в организме.

У лактирующей коровы корректный расчет количественных показателей обменного белка может быть произведен только на основании комплекса показателей, обязательно включающих вклад белка микробного происхождения (МСБ). Истинно переваримым метаболическим белком считается та часть белка в содержимом пищеварительной системы, из которой происходит формирование пула аминокислот крови. По мнению NRC-1998 это диктует необходимость правильной оценки закономерных трансформаций белка корма и составляющих его растворимой и нераспадаемой в рубце фракций в ходе пищеварения [167].

Особенности распадаемости сырого белка в рубце, в том числе количественный уровень ферментативного его расщепления исследователи называют одним из главных факторов, формирующих количественный и качественный со-

став аминокислот, поступающих в двенадцатиперстную кишку. Разработаны методы оценки этого процесса. Так, отечественная модель, предложенная В.Г. Рядчиковым, 2012, позволяет с высокой точностью определить кинетику распадаемости белка в рубце. Эта модель учитывает наличие и степень участия трех фракций сырого белка корма: А, В и С. (таблица 3). Следует отметить, что названная модель разработана на основе подобной модели (CNCPS– Корнельская система, 1993), и используется в ряде стран с высокоразвитым молочным скотоводством для создания практических рационов. Она обеспечивает нормирование диет с учетом распадаемой и нераспадаемой в рубце фракций белка (РРБ, НРБ) и требует расчета потребности животных в обменном белке (ОБ). Это, в свою очередь, предполагает наличие точных сведений о количестве обменных аминокислот [136, 137].

Главную роль в процессе обеспечения организма коровы (как и других полигастрических) обменными аминокислотами играет состояние микробиологических процессов в рубце, как основного отдела преджелудков. Практическое животноводство только начинает использовать передовые наработки ученых, показавших значимость обеих сторон рубцовых превращений белка и аминокислот: расщепление и синтез в ходе жизнедеятельности микробного населения.

Усвоение аминокислот у всех видов высших животных происходит главным образом из тонкого кишечника. Поэтому общую величину для расчета усвоенных организмом аминокислот следует рассчитывать на основе количества всего протеина, который поступает из сложного желудка в кишечник [135, 141, 147, 168].

Удовлетворение потребности организма коровы в аминокислотах в высокой степени зависит от количества, состава и потенциальной ферментативной расщепляемости той части белка диеты, которая избегает деградации микробиальными протеазами в рубце. Исследователи особо отмечают, кроме названного, высочайшую значимость другого процесса – уровня синтеза микробного белка в преджелудках. Это следует рассматривать в некоторой степени как противоположный процесс, во многом еще непонятный.

Таблица 3 – Основные составляющие сырого белка рационов

| Фрак-<br>ции | Состав                                                                                                  | Рубцовая<br>распадаемость,<br>% | Кишечная<br>переваримость, % |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| А            | Небелковые азотсодержащие вещества и быстро распадаемые белки, в том числе легко растворимые альбумины. | 100                             | в кишечник не попадают       |
| В            | Потенциально распадаемый белок, деградация которого связана с продолжительностью его нахождения в рубце | 0,1 – 20                        | 80 – 100                     |
| С            | Белок, не поддающийся распаду под действием факторов рубца                                              | 0                               | не определена                |

Таким образом, требуемое количество и качественный состав аминокислот для промежуточного обмена белка в соответствии с особенностями текущего периода жизни коровы обеспечивается за счет переваривания всех белков, попадающих в двенадцатиперстную кишку из предыдущих отделов пищеварительной системы. Поэтому корректное прогнозирование количества аминокислот, поступивших из кишечника в кровь, а также формирование представления о снабжении организма обменным белком требует объективных сведений о переваримости и аминокислотном составе всех названных выше фракций сырого белка [25, 121, 174].

### 1.6 Роль обменного белка в метаболизме жвачных

Согласно результатам современных исследований (Ouellet et al, 2010), в само понятие «обменный белок» (ОБ) при количественных расчетах требуется включать микробный сырой белок (МСБ), который представляет собой истинно переваримую в тонком кишечнике фракцию, а также нераспавшийся в рубце белок (НРБ). В некоторой степени имеет значение эндогенный белок, который легко трансформируется в белок бактериальной клетки и в совокупности с созданным в рубце сырым белком микробного происхождения в дальнейшем выступает в качестве источника метаболических аминокислот [122].

Как показано в ряде классических работ, протеолитические процессы при пищеварении сопровождаются освобождением аминокислот, которые поступают в кровяное русло и используются в организме животных для поддержания основного обмена, а также для синтеза белков продукции (молоко, плод). В связи с этим мерилom ценности обменного белка является его аминокислотный состав. Особое значение придается незаменимым аминокислотам, которые выступают в качестве главного фактора эффективности использования обменного белка. Правомoрно также утверждение (В.Г. Рядчиков, 2015-2019 г.), что точная оценка потребности и далее – корректное нормирование белковой части практических рационов играет определяющую роль в снижении затрат на производство продукции за счет снижения потерь азота. Обменный белок, всосавшийся в кишечнике в виде аминокислот (за минусом эндогенных аминокислот), считается истинно переваримым белком, обеспечивающим потребность животного в незаменимых и заменимых аминокислотах [75, 77, 80, 83].

Кормовой белок, поступающий в рубец, имеет разную судьбу в зависимости от переваримости и времени прохождения через рубец. Факторы, влияющие на переваримость, обусловлены химической структурой белков (то есть определяется количеством и типом пептидных связей), микробной популяцией; они взаимосвязаны с энергетическими питательными веществами (например, углеводами). Факторы, влияющие на время прохождения кормового белка, определяются в основном количеством потребляемого корма и его физической формой [124, 171]. Учет этих факторов способствует эффективности использования белка рациона в организме.

Приблизительно 50% микробов рубца выделяют протеолитические ферменты для расщепления кормового белка. Деградация белков микробными популяциями приводит к распаду белка до АК и пептидов, которые включаются в микробный синтез белка [124]. Микробное использование белка в рубце варьируется в зависимости от его растворимости: легко растворимые быстро разлагаются, а менее растворимые избегают разложения в рубце.



Согласно публикациям Van Soest, 1994; NRC, 2001, глобулярные белки содержатся в большинстве кормов (то есть в основном в растительных источниках) и имеют низкую молекулярную массу; в некоторых белках имеется множество дисульфидных связей [167]. По мнению NRC, 2001, Bach et al., 2005, эти химические связи внутри и между белковыми цепями являются определяющими факторами деградируемости белков микробами рубца. Дисульфидные связи снижают способность к разложению белков в рубце, потому что ферменты, способные расщеплять их, редко вырабатываются рубцовыми микробами [124, 167]. Корма с наиболее трудно расщепляемым волокнистым белком – это соевая шелуха, сухое зерно после спиртовой дистилляции, рыбная мука и мясокостная мука [46, 55, 57]. Следовательно, эти корма не могут рассматриваться в качестве оптимального источником для обеспечения азотом рубцовых микробов, но они необходимы для балансирования оптимального соотношения НРБ:РРБ.

### **1.7 Фракции сырого белка и влияние состава комбикорма на рубцовые процессы**

По данным NRC, 2001, сырой белок фракционируется на РРБ и НРБ, которые определяются как абсорбируемые белки, где РРБ состоит из небелковых азотсодержащих веществ и истинного белка. НРБ представлен истинными белками. Рационы лактирующих молочных коров содержат несколько кормов, белки которых различаются по своей деградации в рубце и скорости прохождения СВ через преджелудки, переваримости и абсорбции пептидов и АК. Типичный смешанный корм по соотношению СВ концентратов и СВ объемистых кормов может составлять от 50 до 60% для объемистых кормов и от 40 до 50% для концентратов, чтобы соответствовать требованиям нормального pH рубца как для микробной популяции, так и для здоровья животных [167].

Установление оптимальных уровней фракций РРБ и НРБ в рационах высокопродуктивных коров требует тщательного изучения, чтобы достичь желаемой

продуктивности. Все составляющие небелкового азота мгновенно растворяются и становятся доступными для микробов рубца. Примерами источников небелкового азота являются аминокислоты, мочевины, биурет и бикарбонат аммония. Небольшое количество небелкового азота может заменить белковые источники азота в рационе, снизить стоимость диетического азота, и увеличить питательный субстрат в рационе, обеспечив более высокую концентрацию азота. Мочевина составляет 28,7% СБ, является основным источником небелкового азота в рационах молочных коров [167]. Мочевина в норме составляет около 1,5 % рациона молочных коров для обеспечения микробной потребности в аммиаке [167].

Вторая фракция СБ – это истинная белковая часть РРБ, которая ферментируется бактериями для производства микробного белка. В рубце белок разлагается бактериями до аммиака и свободных АК, которые затем превращаются в микробную белковую массу. Микробный СБ течет в жидкой и твердой фазе химуса, который переваривается и абсорбируется как АК и пептиды, обеспечивая от 50 до 80% абсорбируемого истинного белка [124]. Следовательно, микробный СБ, выходящий из рубца в тонкую кишку, является функцией доступности и эффективности РРБ, который утилизируется из рубцовых микробов. Избыток РРБ в рационе по сравнению с нормами потребности способствует катаболизму АК и избыточному образованию аммиака, снижению эффективности превращения РРБ в микробную массу [167].

НРБ избегает деградации под воздействием микробов рубца и поступает в тонкую кишку, где переваривается под воздействием ферментов поджелудочной железы и кишечника. Переваримость НРБ может варьировать в зависимости от структуры белка. Неперевариваемая часть – это нерастворимая часть белка, прочно связанная с нейтрально- (НДК) и кислотно- (КДК) детергентной клетчаткой, будет выделяться с калом.

L. D. Satter, R. E. Roffler установили: в тонкой кишке НРБ переваривается приблизительно на 80%, и поглощается в форме аминокислот (АК) вместе с микробным белком для использования тканями [171]. Нераспадаемый в рубце белок важен для обеспечения более качественного и желательного для метаболизма

профиля АК для удовлетворения потребности, например, в гистидине и метионине, которых в микробном белке часто недостает [124, 167]. Поэтому добавление высококачественных источников НРБ в рацион может улучшить поглощение и использование аминокислот в тканях и обеспечивает большее количество незаменимых АК [76, 79].

### **1.8 Аминокислотное питание молочных коров**

Аминокислоты, поступившие в организм с пищей (кормом), или образованные эндогенно, функционируют как строительные блоки для тканей и молочных белков. Аминокислоты представляют собой органические соединения, которые содержат аминогруппу  $\text{H}_2\text{N}$  и карбоксильную ( $\text{COOH}$ ) группу. Принято рассматривать две разные группы аминокислот: незаменимые и заменимые аминокислоты. Незаменимые аминокислоты должны поставляться как часть рациона, так как их синтез в организме недостаточен для удовлетворения метаболических потребностей. Симбионтные бактерии, живущие в рубце жвачных, в отличие от многоклеточных организмов, могут синтезировать все незаменимые аминокислоты путем биосинтеза белка своих клеток. Для жвачных незаменимыми являются те же АК, что и для моногастричных: лейцин, изолейцин, валин, триптофан, фенилаланин, метионин, треонин, лизин, гистидин и аргинин. Аминокислоты, которые синтезируются тканями организма в достаточных количествах, называются заменимыми аминокислотами. К этой группе относятся аланин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, цистеин, гидроксипролин, глицин, пролин и серин [118].

Аминокислоты могут быть добавлены непосредственно в рационы животных с однокамерным желудком, чтобы преодолеть их дефицит. У жвачных животных АК в качестве азотистых компонентов, чаще всего, подвергаются микробной деградации в рубце и повторно синтезируются для последующего синтеза микробного белка. Если образуется максимальное количество микробного белка, в то

время как потребности высокопродуктивных молочных коров в АК не достигаются, в этом случае вполне обоснована практика добавления защищенных от распада в рубце АК, которые будут оказывать положительное влияние на выход молока и молочного белка [22, 35]. Пострубцовое добавление АК молочным коровам может улучшить молочную продуктивность, если поставляемая АК является наиболее ограничивающей (лимитирующей) аминокислотой [77]. Потребление белка высокопродуктивными молочными коровами в настоящее время значительно выше из-за расчетов потребности, выраженной в АК [89].

Donkin et al. (1989) указал, что аминокислоты являются ключевым ограничивающим субстратом для синтеза молочного белка, однако система транспорта аминокислот в молочную железу работает значительно ниже насыщения, и в этом случае увеличение доставки ограничивающей АК должно увеличить синтез молочного белка [145, 148]. Таким образом, добавление АК, защищенных от распада в рубце, приводит к увеличению концентрации молочного белка и надоя молока, что закономерно сопровождается увеличением дохода фермера. Соответствующее потребностям снабжение организма распадаемым белком и аминокислотами имеет решающее значение для поддержания высокой молочной продуктивности и высокой прибыли от молока в современном молочном скотоводстве. [167]. Выход белка в молоке зависит от изменений в обеспеченности аминокислотами (АК) лактирующей молочной железой.

Метионин и лизин являются наиболее дефицитными АК у высокопродуктивных молочных коров, но добавление кристаллического метионина исключено, поскольку свободный метионин быстро и почти полностью разлагается микроорганизмами в рубце. Напротив, добавление защищенного от распада в рубце метионина оказывает положительное влияние на синтез молочного белка у молочных коров [123, 129]. В исследовании эффективности лизина и метионина сообщали, что они обе являются недостающими в рационе и ограничивают и синтез и рост надоев молока у молочного скота [126, 139, 145]. Тем не менее, использование защищенного лизина и других АК представляет собой перспективный путь для разработки низкобелковых диет, которые должны поддерживать или повышать

надой молока и синтез его компонентов за счет повышения эффективности использования азота [143]. Защищенные от расщепления в рубце продукты (в частности – лизин и метионин) имеют наибольший потенциал для улучшения надоев молока у высокопродуктивных молочных коров в период ранней лактации. Большинство исследователей наблюдали значительное увеличение молочного белка благодаря использованию в рационах защищенного лизина [148, 150, 153, 165].

Секреторные клетки молочной железы лактирующей коровы (как и у самок других млекопитающих животных) извлекают из крови все необходимые аминокислоты для поддержания секреции молочного белка. Были проведены значительные исследования (Doepeletal., 2016 и ряд других) по изучению эффективности Lys, Met, АК с разветвленной цепью, и совсем недавно – гистидина. Опубликованы доказательные сведения об относительной важности добавок других АК – фенилаланина (Phe), треонина (Thr) и триптофана (Trp) для поддержания секреции молочного белка, но опубликованы лишь разрозненные и ограниченные данные [141, 142]. Несмотря на то, что Бекетт и др., 1998; Чемберлен и Йео, 2003, Чжоу и др., 2015 сообщили, что фенилаланин (Phe) и треонин (Thr) в питании молочных коров являются потенциально дефицитными аминокислотами после Met и Lys, до настоящего времени изучению роли Phe, Thr и Trp внимания уделено явно недостаточно. Доерел и др. (2016) заявили, что важностью этих аминокислот не следует пренебрегать.

### **1.9 Влияние РРБ на коэффициент переваримости кормовых питательных веществ**

Характер влияния замены в рационе РРБ на НРБ на продуктивность молочных коров в ряде опытов оказался разным. В обзоре литературы за 12 лет Сантос и др., 1998 сообщили, что когда соевый шрот был заменен источниками с высоким НРБ в 127 сравнительных опытах, надой молока был значительно выше на

рационе с 17 % СБ, при этом содержание молочного белка уменьшилось на 22%, а синтез микробного белка снизился на 37%. Авторы этого исследования предположили, что, если содержание НРБ увеличивать за счет снижения РРБ, высокое поступление НРБ в рубец может стать причиной ограниченного роста микробов. Это свидетельствует о том, что оптимальное соотношение РРБ и НРБ в рационах молочных коров должно рассматриваться как существенная часть нормирования рационов. В большинстве публикаций, отражающих результаты экспериментов по изучению влияния распадаемости белка в рубце на продуктивность молочных коров, указано, что определить это весьма непросто. Так, Reynal и Broderick (2005) сообщили, что снижение РРБ с 13,2 % до 10,6 % привело к значительному линейному снижению концентрации аммиака и общего количества свободных АК [156].

Эти же авторы (Reynal и Broderick, 2005 г) изучали влияние уровня РРБ в рационе на усвояемость и метаболизм азота у двадцати восьми лактирующих коров голштинской породы. Диеты были скорректированы таким образом, чтобы обеспечить РРБ на уровне 13,2 %, 12,3 %, 11,7 % и 10,6 % от СБ. Они сообщили, что уровень РРБ оказал значительное влияние на количество органического вещества (ОВ), переваренного в рубце, при 11,7 % и 12,3% РРБ. Переваримость нейтрально-детергентной клетчатки линейно зависела от уровня РРБ в рационе, хотя потребление кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и ее переваримость в рубце линейно уменьшались с уменьшением РРБ в рационе. Истинная усвояемость СБ в рубце была значительно ( $P < 0,01$ ) ниже для коров, получавших рацион с самым низким содержанием РРБ (10,6%) [169, 174, 180].

Gressley и Armentano (2007) провели опыты на восьми коровах голштинской породы, рационы которых содержали либо достаточное количество белка (высокий РРБ), либо на 28% ниже прогнозируемых норм РРБ (низкий РРБ). Они сообщили, что снижение РРБ в рационе снижало видимую усвояемость органического вещества (ОВ); кроме того, наблюдалась тенденция снижения усвояемости СБ и НДК [125, 146].

В другом исследовании на жвачных животных Javaid et al. (2011) изучали влияние распадаемости белка (РРБ). Были составлены четыре рациона, содержащие 50 % РРБ, в то время как в рационах со средним, высоким и очень высоким РРБ было 66, 82 и 100 % РРБ общего сырого белка соответственно. Усвояемость СБ повышалась при повышении уровня РРБ в рационе.

Недавно Mutsvangwa et al. (2016) сообщили, что никакой разницы в усвояемости СБ и ОВ в рубце не наблюдалось между коровами, получавшими рационы с низким и высоким РРБ, которые содержали 17,5 % СБ. У коров, получавших рацион с высоким РРБ, были выше усвояемость НДК и КДК по сравнению с теми коровами, которые питались диетой с низким РРБ. Кроме того, Bahrami et al., (2016) изучали влияние снижения белка в рационе путем снижения уровня РРБ при оптимальной концентрацией НРБ (5,6 %) на усвояемость питательных веществ высокопродуктивных коров голштинской породы в начале лактации [125, 126, 166].

Влияние распадаемости белка в рубце на биохимические показатели крови. Bahrami et al и соавт. (2014) изучали влияние снижения содержания белка в рационе и белка, распадаемого в рубце (РРБ), на некоторые показатели крови коров голштинской породы в период ранней лактации. Диеты содержали 18,0 % 17,2 %, 16,4 % и 15,6% сырого белка (СБ) соответственно; диета с 18% СБ считается контрольной группой. Уровни белка, распадаемого в рубце, были постоянными на протяжении опыта (приблизительно 5,9 % в пересчете на сухое вещество), тогда как РРБ постепенно снижался. Все диеты были рассчитаны для обеспечения поструминального отношения Lys: Met примерно 3:1. Уровень глюкозы, триглицеридов, общего белка, альбумина и глобулина в плазме не обнаруживал каких-либо существенных различий ни при снижении СБ, ни при применении РРБ. Концентрации мочевины в плазме были численно выше у коров, потребляющих рационы с высоким содержанием белка. Однако это различие не было статистически значимым [125, 126]. В другом исследовании Bahrami et al. (2016) установили, что снижение концентрации СБ в рационе не оказало существенного влияния на концентрации глюкозы, триглицеридов,  $\beta$ -гидроксибутировой кислоты, аспартат-

трансаминазы, общего белка, альбумина, глобулина и соотношения альбуминов и глобулинов в крови.

Характер рубцового пищеварения оказывает большое влияние на обмен и содержание аминокислот в составе химуса, поступающего в тонкий отдел кишечника. Таким образом, существует единое мнение современных исследователей о том, что белковое питание животных вообще, и в частности – лактирующих коров следует рассматривать как аминокислотное питание, т.к. аминокислоты являются основными участниками образования белков молока и осуществления обмена веществ.

Можно считать доказанным, что соотношение белковых фракций сырого белка в составе кормов (НРБ и РРБ) оказывает значительное влияние на переваримость кормового белка, образование микробного белка, обеспечение организма обменными аминокислотами. Этот фактор влияет и на степень эффективности использования азота корма, что дает реальную возможность снижения затрат белковых кормов в рационах лактирующих коров путем подбора оптимального соотношения названных фракций.

Опубликованных научных работ, отражающих сведения по изучению характера действия различных соотношений НРБ и РРБ в рационах высокопродуктивных коров на обмен и использование азота в их организме, имеется крайне ограниченное количество. Это касается как отечественных, так и зарубежных публикаций, поэтому проведение исследований в направлении установления оптимальных норм соотношения распадаемой и нераспадаемой в рубце фракций сырого белка, а также поиск возможности снижения затрат кормового белка в рационах коров в условиях молочного животноводства хозяйств Кубани и вообще юга страны является актуальным.



## **2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования были проведены учебно-производственном центре по молочному животноводству учхозе Кубанского ГАУ «Краснодарское» 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 белке и оценка разработанных рационов.

Лабораторные исследования выполнены в аттестованной межобластной ветеринарной лаборатории «Краснодарская» и на кафедре физиологии и кормления сельскохозяйственных животных Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

### **2.1 Животные, корма, условия содержания**

Объект исследования – голштинские коровы-первотелки, близкие по возрасту и массе тела. Четыре коровы были отобраны из стада по массе тела, клиническим показателям и возрасту [77, 78, 88]; в период  $12 \pm 5$  дней после отела были хирургически обустроены рубцовыми (диаметр 5 см) фистулами конструкции

Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания, ВНИИФБиП и дуоденальными канюлями (Bar Diamond, Inc).

После 30-дневного восстановительного периода началось проведение собственно 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; при этом учет молока велся 10 дней; 3 дня – взятие проб рубцовой жидкости и дуоденального химуса; 4 дня – проведение круглосуточно сбора мочи и кала.

Опыт проводили на 4 голштинских коровах первотелках, хирургически обустроенных рубцовыми и дуоденальными канюлями. Для решения поставленных задач использовали 4 рациона (таблица 7), различающихся по уровню сырого белка и соотношению нераспадаемой в рубце и распадаемой его фракций (таблица 4).

Таблица 4 – Схема опыта

| Номер рациона      | 1       | 2        | 3       | 4        |
|--------------------|---------|----------|---------|----------|
| Содержание СБ, %СВ | 15,7    |          | 17,7    |          |
| 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    |

При смене периодов коровы получили новые рационы, в результате каждая корова за весь опыт находилась на каждом из 4 опытных рационов.

Рационы №1 и 2 содержали по 15,7% СБ от сухого вещества рациона, рационы №3 и 4 – по 17,7% СБ.

В сыром белке первого и второго рациона соотношение фракций нераспадаемого и распадаемого в рубце белка было соответственно 50:50 и 35:65.

В рационах третьей и четвертой групп соотношение фракций соответственно составляло 50%:50% и 35%:65%. Кормление животных по опытным рационам осуществляли по методу латинского квадрата 4\*4 (таблица 5)

Таблица 5 –Схема латинского квадрата

| № коровы  | 15560 | 15586 | 15618 | 15638 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| № рациона | 1     | 2     | 3     | 4     |
| 1 период  | 1     | 2     | 3     | 4     |
| 2 период  | 4     | 1     | 2     | 3     |
| 3 период  | 3     | 4     | 1     | 2     |
| 4 период  | 2     | 3     | 4     | 1     |

В начале адаптационного, в начале и конце учетного периодов коров взвешивали дважды [119]. Оценивали действие 4-х рационов с разным содержанием сырого белка (СБ): 15,7 % и 17,7 % в расчете на сухое вещество (СВ) и с разным соотношением нераспадаемого (НРБ) и распадаемого в рубце белка (РРБ). Распадаемость белка кормов определили на приборе «искусственный рубец» Ankom Daisy II фирмы Ankom США.

Исследование на оперированных коровах начали через 40-50 дней после отела.

В течение адаптационного периода (1-й – 14-й день) осуществляли клиническое обследование коров, которое включало осмотр и определение температуры тела (ректально), оценку потребления корма, контроль молочной продуктивности (путем индивидуального учета удоя при двукратном доении в 7 часов утром и 19 часов вечером).

Учет потребления корма и изучение переваримости рационов. Скармливаемые рационы представляли собой кормовые полно компонентные смеси, составленные в соответствии с нормами, разработанными по факториальному методу NRC, 2001 [83, 167].

Коров содержали в индивидуальных стойлах, 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. На рисунке 3 представлено фото, позволяющее оценить условия опыта.



Рисунок 3 – Индивидуальные стойла для оперированных коров

Задаваемую кормосмесь и несъеденные остатки ежедневно взвешивали и точно учитывали потребление корма в 10-дневный учетный период (после 12 дней адаптации). 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 и просеивали через сито с размером ячеек 2 мм. Если не успевали высушивать, то образцы замораживали при  $t=-20^{\circ}$  (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 и остатков анализировали на содержание СВ, органического вещества (ОВ) (из сухого вещества вычитается сырая зола,  $(\text{ОВ}=\text{СВ}-\text{СЗ})$ , азота по Кьельдалю – паровой дистиллятор UDK 139, НДК и КДК, в зерне – с  $\alpha$ -амилазой, стабильной к теплу зерновых кормов, в объемистых кормах - на приборах Fiwe 3 США. Крахмал определяли в каждом отдельном корме, в ПРК и остатках.

Количественное определение главных макро- и микроэлементов в кормах выполнили в аналитической лаборатории ЗАО «Премикс», город Тимашевск.

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

4-дневный период балансового опыта размалывали и просеивали через сито с размером ячеек 2-мм.

## 2.2 Отбор проб и методы анализа

Алгоритм дальнейших исследований может быть представлен следующей схемой:

- 1- учет потребления корма и изучение переваримости рационов;
- 2- отбор дуоденального химуса;
- 3- отбор и исследование крови;
- 4- отбор и исследование молока;
- 5- отбор и исследование рубцовой жидкости;
- 6- отбор и исследование мочи.

Учет потребления корма и изучение переваримости рационов. По сухому веществу рационы представляли собой ПКР (таблица 6), составленные в соответствии с нормами, разработанными по факториальному методу, предложенному В.Г. Рядчиковым, 2015 г. [83]. Коров содержали в индивидуальных стойлах на привязи. Корм раздавали дважды в день: в 8.00 ч и 16.00 ч, поение – вволю, водой из автопоилок. Ежедневно коров выпускали в прогулочный дворик на два часа.

Кормосмесь и остатки ежедневно взвешивали и точно учитывали потребление корма в 10-дневный учетный период (после 12 дней адаптации). 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, размалывали на мельнице и просеивали через сито с размером ячеек 2 мм. Если не успевали высушивать, то образцы замораживали при  $t = -20^{\circ}$  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.

Таблица 6 – Состав кормов, 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        |

Образцы отдельных кормов, ПРК и остатков анализировали на содержание СВ, органического вещества (ОВ) (из сухого вещества вычитается сырая зола,  $ОВ = СВ - СЗ$ ), азота (на полуавтоматическом аппарате для дистилляции по Кьельдалю – паровой дистиллятор UDK139), НДК и КДК – с  $\alpha$ -амилазой зерновых кормов, стабильной к теплу, на приборах Fiwe 3 США. Крахмал определяли в каждом отдельном корме, в ПРК и остатках [135, 143, 154, 159].

Содержание аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе ААА-400 (Чехия). Метионин и цистеин определяли после окисления навески корма надмуравьиной кислотой на том же анализаторе.

Корма анализировали на содержание воды, сухого вещества, сырого белка, аминокислот, НДК, КДК, макро и микроэлементов в биохимической лаборатории кафедры физиологии и кормления сельскохозяйственных животных КубГАУ и аналитической лаборатории ЗАО «Премикс», город Тимашевск.

Перед проведением анализа замороженные образцы кормосмеси или кала оттаивали в течение ночи при комнатной температуре и анализировали на содержание сухого вещества путем высушивания при  $t=60^{\circ}\text{C}$  в течение 48 часов. Суточные образцы сухой кормосмеси, кала, остатков корма от каждой коровы за 4-дневный период балансового опыта размалывали, просеивали через сито (1 мм) и объединяли в одну пробу. Для определения выделенного дуоденального химуса использовали  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  который вводили коровам в корм в количестве 0,2 % СВ. Хром включали в корм за 5 дней до начала отбора проб дуоденального химуса. Расчет количества СВ дуоденального химуса проводили по утвержденным формулам [84, 85]:

Объединенные образцы анализировали на органическое вещество: сырой жир – по Сокслету, сырой белок – по Кьельдалю, НДК и КДК – по Van Soeste P.J.. Концентрацию хрома в остатках корма и кале определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре КФК – 2 УХЛ 4.22.

Таблица 7– Состав 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 (белкофф)  | 12,20   | -     | 15,70 | -     |
| Соевый шрот            | -       | 10,80 | -     | 13,90 |
| Мегалак <sup>1</sup>   | 1,00    | 1,46  | 1,00  | 1,46  |
| Премикс <sup>2</sup>   | 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 |
| Биоспринт <sup>3</sup> | 0,024   | 0,024 | 0,024 | 0,030 |

Продолжение таблицы 7

| Компоненты                         | Рационы |        |        |        |
|------------------------------------|---------|--------|--------|--------|
|                                    | 1       | 2      | 3      | 4      |
| БиоТокс                            | 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   |
| Смартамин <sup>4</sup>             | 0,05    | 0,05   | 0,05   | 0,05   |
| 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   |
| Cl, 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  |
| КАБ <sup>5</sup> , мг/экв/100 г СВ | 48,04   |        |        |        |

\*Рационы:- 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 (округленно 35:65); 3-й рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ=9,0:8,7 % СВ и 51,1:48,9 % СБ (округленно 50:50); 4-ый рацион: 17,7 % СБ, НРБ:РРБ=6,3:11,4 % СВ и 35,5:64,5 % СБ (округленно 35:65) (таблица 7).

<sup>1</sup>Защищенный жир 70%.

<sup>2</sup> Содержится в 1 кг премикса: Вит. А МЕ 1,8млн; Вит. Д<sub>3</sub> 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.

<sup>3</sup>Сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*.

<sup>4</sup>Защищенный метионин, акт. 70%.

<sup>5</sup>КАБ–катионно-анионный баланс.

Различие по распадаемости белка достигалось за счет включения в рационы соевого жмыха «Белкофф», подвергнутого специальной тепловой обработке, с содержанием 68,6 % НРБ (производство завода «Кубаньагропрод», станица Тбилис-



ская Краснодарского края) или соевого шрота с низким (29,9 %) содержанием НРБ производства фирмы «Группа компаний «Содружество» (Калининградская область, г. Светлый). Рационы были выравнены по содержанию ОЭ в 1 кг СВ.

Переваримость питательных веществ (СВ, ОВ, N, НДК, КДК, СЖ) и баланс азота устанавливали по результатам проведения 5-дневного балансового опыта, в течение которого точно учитывалось количество съеденных животными кормов и количество выделенных кала и мочи. Эти материалы были получены от каждой коровы путем круглосуточного их сбора (рисунок 4).



Рисунок 4 – Суточные пробы кала

### 2.3 Отбор и исследование дуоденального химуса

Для определения количества выделенного дуоденального химуса использовали в качестве инертного метчика  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , который вводили коровам в корм в количестве 0,2 % СВ (рисунок 5). Окись хрома включали в корм за 5 дней до начала отбора проб дуоденального химуса. Расчет количества СВ дуоденального химуса проводили по формуле Ouellet et al,(2002):

$$\frac{\text{Cr}203 \text{ (корм)} \times \text{ПСВ}}{\text{Cr}203 \text{ (дуод. химус)}} (1), \text{ где}$$

СВДХ – количество сухого дуоденального химуса, г/д;

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  (корм) – количество окиси хрома в корме, мг/гСВ;

ПСВ – потребление сухого вещества, г/д;

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

Объединенные образцы анализировали на органическое вещество, сырой жир (по Сокслету), сырой белок (по Кьельдалю), НДК и КДК (по Van Soest P., 1982). Концентрацию хрома в остатках корма и кале определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре (КФК-2 Ухл-4,2), длина волны 357,9 нм, амплитуда импульса тока 1=25-50, 2=300-600. На фото, представленном на рисунке 5, отражено определение массы инертного метчика.



Рисунок 5 – Взвешивание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

Согласно методике [31], после удаления пробки из дуоденальной канюли скопившийся химус в отростке канюли удаляли, 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 (таблица8).

Время отбора – в начале каждого 3-х часового периода: в каждый день было отобрано 8 проб, а за 3 дня – 24 пробы. Таким образом, объем за один день составил:

Таблица 8 - Время взятия 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 |

$$250 \text{ мл} \times 8 = 2000 \text{ мл.}$$

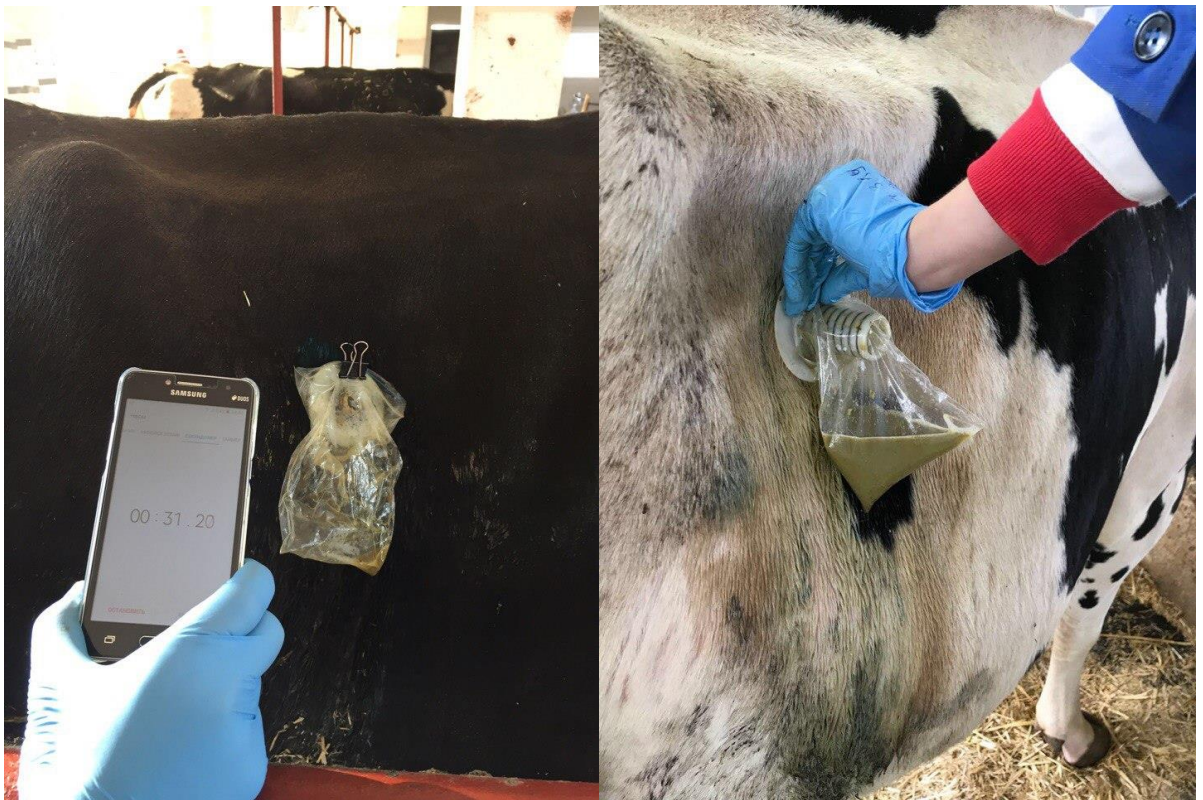


Рисунок 6 – Взятие проб химуса

Чтобы рассчитать общий поток химуса за сутки в литрах, необходимо при каждом взятии зафиксировать затраченное время на каждую пробу и точно измерить объем пробы (рисунок 6).

Пробы химуса за каждые сутки объединяли в одну пробу и замораживали при температуре минус 20°C. В итоге было сформировано 3 объединенных пробы химуса от каждой коровы; всего собрано от 4-х коров 12 проб. Хранили объединенные за сутки пробы в 3-5 литровых емкостях при  $t = -20^{\circ}\text{C}$  до проведения анализа. Канистры при заморозке не должны разрушаться; их качество предварительно проверяли с водой при замораживании до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Замороженные образцы химуса из двенадцатиперстной кишки размораживали при комнатной температуре, объединяли в общую за 3-х дневный период, и далее пробу в объеме 250 мл от каждой коровы лиофилизировали на приборе для последующего определения концентрации азота (по Кьельдалю), аминокислот, крахмала, НДК и КДК в сухом остатке. Определение концентрации микробного азота в дуоденальном содержимом проводили по пуриновым основаниям в соответствии с методикой ВНИИФБиП, 1998. С. 132-139.[35].

## 2.4 Гематологические исследования

Исследования плазмы и сыворотки крови были выполнены в Краснодарском научно-исследовательском ветеринарном институте.

Забор крови проводился согласно установленному плану исследований: на последний день по каждому семестру.

Совместно с ветеринарными специалистами хозяйства кровь для исследования отбирали до утреннего кормления, в специальные вакуумные пробирки фирмы Veno safe Terumo (Бельгия), с использованием одноразовых игл.

Забор крови производили из подхвостовой вены (рисунок 7). От каждой коровы была набрана кровь в пробирки с антикоагулянтом (для получения плазмы) и без него (для получения сыворотки).

В сыворотке крови определяли общий белок (колориметрически), белковые фракции (нефелометрически), мочевины (цветной реакцией с диацетилмонооксидом и тиосемикарбазидом), глюкозу (ферментативно), активность трансаминаз – с



помощью наборов фирмы «ДДС». Выполнили также комплекс исследований крови на маркеры функции печени и почек. Аминокислоты и минеральные элементы определяли в сыворотке крови.

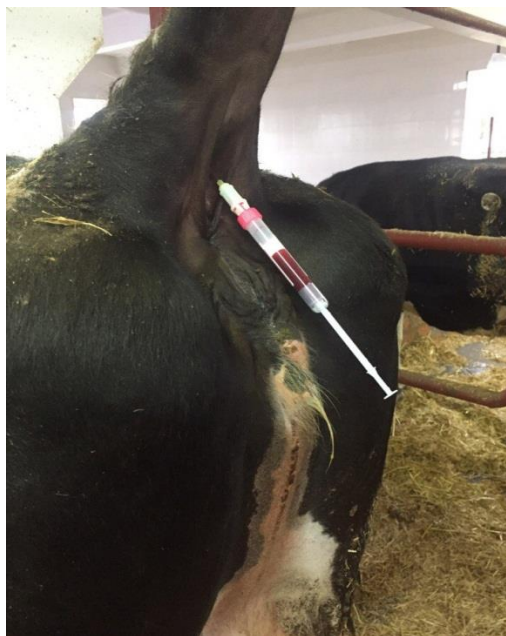


Рисунок 7– Забор крови из подхвостовой вены

Оценку количественного содержания свободных аминокислот в плазме крови проводили методом жидкостной ионообменной хроматографии, на анализаторе ААА-400 (Чехия), по программе физиологических жидкостей. Для получения препаратов аминокислот использовали 1-2 мл свежей плазмы крови. Кровь хранили не более 3 часов при 4 °С.

Приготовление проб проводили по модифицированной методике:

- 1) для экстракции аминокислот из их предшествующих связей образец с кровью предварительно центрифугировали при 8000 оборотов/минуту в течение 10 минут;
- 2) затем отбирали надосадочную жидкость (плазму) в количестве 1мл отдельным наконечником (пастеровскими пипетками) в отдельные стерильные пробирки;
- 3) в полученную пробу вносили сульфосалициловую кислоту в количестве 40-45 мг из расчета на 1 мл плазмы крови;

4) в течение 3 минут перемешали стеклянной палочкой с последующим повторным центрифугированием;

5) полученную надосадочную жидкость отбирали отдельным наконечником (пастеровскими пипетками) в специальные пробирки эппендорфы (eppendorfy), предварительно профильтровав через стеклянный бактериологический фильтр;

6) в очищенный фильтрат вносили гидроксид лития в количестве 0,002-0,004мг на 1мл очищенного фильтрата и тщательно встряхивают до полного растворения гидроксида лития;

7) готовый образец пробы исследовали по отношению к пробе со стандартной смесью аминокислот путем жидкостной ионообменной хроматографии с последующим определением свободных аминокислот в пробе плазмы крови (рисунок 8).

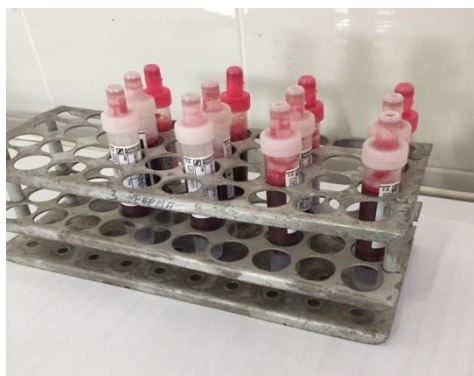


Рисунок 8–Пробы крови с антикоагулянт

## 2.5 Отбор и исследование рубцовой жидкости

Исследование рубцовой жидкости выполняли после ее отбора по специально разработанному графику, который представлен в таблице 9.

Таблица 9 –Время взятия проб рубцовой жидкости

|        |      |       |       |       |       |       |      |      |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 1 день | 8-00 | 11-00 | 14-00 | 17-00 | 20-00 | 23-00 | 2-00 | 5-00 |
| 2 день | 8-00 | 11-00 | 14-00 | 17-00 | 20-00 | 23-00 | 2-00 | 5-00 |
| 3 день | 8-00 | 11-00 | 14-00 | 17-00 | 20-00 | 23-00 | 2-00 | 5-00 |

Рубцовую жидкость отбирали через канюлю, установленную на рубце каждой коровы, в течение 3 суток (8 раз в сутки): первые сутки – 08.00, 11.00, 14.00, 17.00, 20.00, 23.00, 02.00, 05.00 ч (рисунок 9).

Во вторые и третьи сутки пробы отбирали также каждые три часа, при этом взятие проб сдвигали на час по отношению ко времени взятия проб в предыдущие сутки. Таким образом, пробы отбирались 24 раза, то есть каждый час за сутки.



Рисунок 9 – Отбор рубцовой жидкости

Общий азот в рубцовой жидкости определяли методом Кьельдаля на приборе UDK-139,  $\text{NH}_3\text{-N}$  в чашках Конвея [150,151], pH рубцовой жидкости – на pH-метре «Иономерун. ЭВ-74».

Пробы рубцовой жидкости от каждой коровы отбирали в те же дни, что и дуоденальный химус, из расчета, чтобы за трехдневный период был взят образец за 24 часа в течение 3-х суток, то есть 12 проб. Пробы рубцовой жидкости отбирали из дорзальной, вентральной и каудальной частей рубца, всего в количестве 250 мл. Сразу после взятия рубцовую жидкость фильтровали через 4 слоя марли, определяли активную реакцию (pH) на pH-метре. Затем пробу помещали в 3-литровую полиэтиленовую емкость (бутыль или канистру) и ставили в морозильную камеру при  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Следующие образцы, отбираемые за каждый день, анализировали аналогично и помещали в ту же бутылку на замораживание. Таким образом, на концентрацию водородных ионов (рН) оценивались 12 проб от каждой коровы. В одной канистре замораживали профильтрованные образцы за 1 день, или 3 емкости с объединенными образцами на одну корову за 3 дня. Для 4-х коров было подготовлено 12 канистр с объединенными образцами.

Перед анализом пробы рубцовой жидкости оттаивали, отбирали в пробирки жидкость в объеме 10мл, центрифугировали при 6000 об./мин в течение 20 минут при  $t=4^{\circ}\text{C}$ . Надосадочную жидкость (аликвоту) в количестве 4 мл разбавляли 25% метафосфорной кислотой в отношении 4:1 (4 части аликвоты – 1 часть метафосфорной кислоты). Эти образцы анализировали на газовом хроматографе (1,8 м стеклянная колонка, упакована 10% SP1200/1%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  на 80/100 хромосорб WAW) для определения летучих жирных кислот. Пропускали через колонку газообразный азот; температуру места инъекции и в колонке поддерживали в границах  $175^{\circ}\text{C}$  и  $125^{\circ}\text{C}$  соответственно.

Общее содержание ЛЖК в рубцовой жидкости определяли современным методом в соответствии с ГОСТ РФ 51654-4-2000, количество уксусной, пропионовой и масляной кислот – на газовом хроматографе во ВНИИФБиП.

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.

## **2.6 Отбор и исследование проб молока**

Контроль молочной продуктивности осуществляли путем индивидуального учета надоя при двукратном доении в 7:00 часов и 19:00 часов. Опыт проводили по схеме латинского квадрата (4x4).

Из общего надоя свежего молока отбирали пробыв объеме, несколько превышающем необходимый для анализа объем, ставили в холодильник и охлаждали



при  $t +4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; далее определяли содержание жира и белка на приборе ULTRASON-ICMILKANALYZER «Лактан» model 500 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Анализ проб молока

## 2.7 Отбор и исследование проб мочи

Для достижения цели исследования требовалось точно установить общее количество мочи, выделяемой каждой коровой за сутки. В ходе круглосуточного дежурства осуществляли сбор мочи всех животных при каждом акте мочеиспускания. Из суточного отбора брали пробу в размере 5 %, затем пробы за 4 дня объединяли. Мочу за каждый день отбирали в полиэтиленовые канистры объемом 20 л (рисунок 9). Для предотвращения роста микробов и испарения аммиачного азота ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) обеспечили поддержание в пробах мочи и кала величину pH ниже 3; для этого в мочу добавляли 10 % HCl в соотношении по объему 1:100, и 10 капель формалина на 1 литр мочи и 1 кг кала. Общее количество суточной мочи от каждой коровы взвешивали, тщательно перемешивали и отбирали 5 % пробу.

Суточные образцы мочи и кала от каждой коровы объединяли и хранили при  $t = -20^{\circ}\text{C}$ . В моче определяли содержание общего азота (по Кьельдалю), аммиака,

мочевины и пуриновых производных (т.е. общее содержание мочевой кислоты и аллантиина) (методики ВНИИФБиП – Е.Л. Харитонов, 2011). В каждой порции свежей мочи определяли рН во время ее сбора в течение дня.

## 2.8 Оценка эффективности разработанного рациона

В рамках данного этапа работы были проведены два исследования. В первом на оперированных коровах были применены методики оценки характера использования концентратов в рубце коров голштинской породы *in situ* (концентраты в нейлоновых мешочках помещали в рубец коров через фистулу; извлекали через 8 часов, высушивали до первоначальной влажности, взвешивали и рассчитывали показатель использования по каждому виду корма) [125].

По результатам физиологических опытов на 4-х оперированных коровах был определен оптимальный рацион с точки зрения цели исследования, который отличался от рациона предприятия пониженным содержанием сырого белка, соотношением распадаемой и нераспадаемой в рубце его фракций, но при этом обеспечивал поддержание нормального физиологического состояния и высокую молочную продуктивность первотелок.

Следующий этап исследования предусматривал оценку разработанного рациона на поголовье коров, достаточном для осуществления биометрической обработки результатов. Схема исследования отражена в таблице 10.

Животные контрольной и опытной групп находились в одном корпусе при одинаковых условиях микроклимата. Содержание стойловое, беспривязное.

Контроль молочной продуктивности осуществляли путем индивидуального учета надоя при двукратном доении (7:00 ч и 19:00 ч). Содержание жира и белка определяли на приборе ULTRA SONIC MILK ANALYZER «Лактан» model 500.

Обеспечили ежедневный осмотр коров с участием ветеринарных специалистов хозяйства с целью своевременного выявления обменных заболеваний, главным образом – кетоза, ацидоза рубца, ламинита. Снижение концентрации глюко-

зы в крови рассматривали в качестве критерия обменных нарушений и начального этапа развития кетоза. Гликемию оценивали с помощью экспресс-метода (глюкометр); за нормальное значение брали интервал 2,2–3,5 ммоль/л.

Таблица 10 – Оценка проверяемого рациона

| Показатель                   | Группа                                                                                                                                                                                                               |                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                              | 1 – контроль                                                                                                                                                                                                         | 2 – опыт                                         |
| Поголовье коров, гол.        | 16                                                                                                                                                                                                                   | 16                                               |
| Характеристика питания коров | Рацион, используемый в хозяйстве (18 % СБ)                                                                                                                                                                           | Разработанный рацион: (15,7 % СБ; НРБ:РРБ=35:65) |
| Изучаемые показатели         |                                                                                                                                                                                                                      |                                                  |
| Учетный период, дней         | 14                                                                                                                                                                                                                   |                                                  |
| Контролируемые показатели    | 1. Среднесуточный удой, кг<br>2. Содержание жира в молоке, %<br>3. Содержание белка в молоке, %<br>4. Удой на группу за период опыта, кг<br>5. Метаболические заболевания, гол./%<br>6. Затраты корма на 1 кг молока |                                                  |

Все расчеты, включая биометрическую обработку результатов, были выполнены на ПК с использованием программного обеспечения фирмы Microsoft. Критерий достоверности разности определяли по таблице Стьюдента.

Для расчета экономической эффективности использования разработанного рациона использовали данные по стоимости ингредиентов и цены реализации произведенной продукции на календарное время проведения исследований [109].

### **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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Отбор коров для установки фистул рубца и дуоденальных канюль

В соответствии с планом работы из стада хозяйства, благополучного по инфекционным заболеваниям, на основании обследования первотелок голштинской породы были отобраны 4 коровы с аналогичными показателями массы тела и промежутка времени после отела для хирургического обустройства фистулами и канюлями. У каждого животного были определены основные клинические показатели. Результаты данного этапа исследования отражены в таблице 11.

Таблица 11 –Клинические показатели коров перед операцией

| Показатели                              | Индивидуальный номер коровы |       |       |       |
|-----------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
|                                         | 15560                       | 15586 | 15618 | 15638 |
| Возраст, лактация                       | 1                           | 1     | 1     | 1     |
| Масса тела, кг                          | 565,0                       | 577,0 | 579,0 | 583,0 |
| t тела, °C                              | 37,8                        | 38,1  | 38,0  | 38,3  |
| Содержание эритроцитов в крови, млн/мкл | 5,4                         | 5,9   | 6,1   | 5,7   |
| Содержание гемоглобина в крови, г/л     | 97,0                        | 105,0 | 99,0  | 103,0 |
| Содержание лейкоцитов в крови, тыс/мкл  | 6,0                         | 5,3   | 7,2   | 7,1   |
| Концентрация глюкозы в крови, ммоль/л   | 3,2                         | 3,3   | 3,1   | 3,2   |

Различия отобранных коров по массе тела не превышали 3%. Данные таблицы 11 дают основание утверждать, что численные значения изучаемых показателей крови, а также температура тела отобранных для операций коров находились в границах физиологической нормы для коров-первотелок голштинской породы в ранний период лактации. Это является объективным доказательством оптимальных условий кормления и содержания животных молочного стада.

Определение концентрации глюкозы выполняли для контроля возможных метаболических нарушений в переходный период, в первую очередь – развития кетоза. Все участвующие в опыте животные на момент начала опыта были клинически здоровы.

Операции по установке канюль на рубец и двенадцатиперстную кишку прошли успешно и без осложнений.

### 3.2 Использование концентратов в рубце коров

Совершенствование программы питания высокопродуктивных коров отнесено к разряду важнейших задач зоотехнической науки. Изучение рубцовых процессов усвоения микрофлорой рубца концентратной части рациона ученые рассматривают в качестве базового условия при разработке адекватных рационов для молочных коров. Кроме того, правильное питание остается главной мерой предупреждения прогрессирующих обменных нарушений организма лактирующих коров (кетоз, гепатозы, ацидоз рубца, ламинит и другие) [95].

Состав и питательность индивидуальных рационов для оценки использования концентратов в рубце отражены в таблице 12.

Индивидуальные рационы для оперированных коров были составлены на основе нормативов NRC (2001) для молочных коров с планируемой продуктивностью и с учетом потребностей организма в переходный период.

В процессе работы были применены методики определения использования концентратов в рубце коров голштинской породы *in situ* (отдельные концентрированные корма в нейлоновых мешочках помещали в рубец коров через фистулу; через 8 часов мешочки извлекали, высушивали, определяли точную массу и рассчитывали показатель использования по каждому виду корма) [167].

Таблица 12– Индивидуальные рационы коров

| 15560                    |                             |                  |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| Наименование ингредиента | Содержание в кормосмеси, кг | Массовая доля, % |
| Силос кукурузный         | 20,4                        | 40,9             |
| Сенаж люцерновый         | 15,8                        | 31,7             |
| Солома                   | 0,99                        | 2                |
| Комбикорм                | 12,6                        | 25,3             |
| Всего                    | 49,9                        | 99,9             |
| 15586                    |                             |                  |
| Наименование ингредиента | Содержание в кормосмеси, кг | Массовая доля, % |

Продолжение таблицы 12

|                          |                             |                  |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| 15586                    |                             |                  |
| Наименование ингредиента | Содержание в кормосмеси, кг | Массовая доля, % |
| Силос кукурузный         | 18,4                        | 38,6             |
| Сенаж люцерновый         | 15,1                        | 31,6             |
| Солома                   | 0,99                        | 2,1              |
| Комбикорм                | 13,2                        | 27,7             |
| Всего                    | 47,7                        | 100              |
| 15618                    |                             |                  |
| Наименование ингредиента | Содержание в кормосмеси, кг | Массовая доля, % |
| Силос кукурузный         | 19,0                        | 39,1             |
| Сенаж люцерновый         | 15,8                        | 32,5             |
| Солома                   | 0,99                        | 2,03             |
| Комбикорм                | 12,8                        | 26,3             |
| Всего                    | 48,6                        | 99,93            |
| 15638                    |                             |                  |
| Наименование ингредиента | Содержание в кормосмеси, кг | Массовая доля, % |
| Силос кукурузный         | 17,4                        | 37,9             |
| Сенаж люцерновый         | 15,1                        | 32,9             |
| Солома                   | 0,99                        | 2,2              |
| Комбикорм                | 12,3                        | 26,8             |
| Всего                    | 45,8                        | 99,8             |

Данные, позволяющие оценить особенности работы ферментов микрофлоры рубца по использованию отдельных видов концентратов, представлены в расширенном варианте, по каждой корове, и отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Использование концентратов в рубце в опыте *in situ*

| Корма          | № 15560   |             |             |                           |                         |       |        |
|----------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-------|--------|
|                | № мешочка | Вес мешочка | Вес образца | Общий вес мешочка+образца | Вес образца после сушки | %     | Сред.% |
| Ячмень         | 1,1       | 0,63        | 5,11        | 5,70                      | 0,85                    | 16,6  | 15,9   |
|                | 1,5       | 0,62        | 4,99        | 5,52                      | 0,76                    | 15,2  |        |
| Куку-руза      | 1,2       | 0,63        | 5,60        | 6,22                      | 1,46                    | 26,07 | 22,7   |
|                | 1,6       | 0,63        | 5,89        | 6,52                      | 1,15                    | 19,5  |        |
| Рапсо-вый жмых | 1,3       | 0,64        | 5,47        | 6,10                      | 2,06                    | 37,65 | 37,3   |
|                | 1,7       | 0,64        | 5,31        | 5,95                      | 1,96                    | 36,9  |        |
| Соевый шрот    | 1,4       | 0,64        | 5,21        | 5,82                      | 1,26                    | 24,1  | 25,7   |
|                | 1,8       | 0,64        | 4,94        | 5,53                      | 1,35                    | 27,3  |        |
| № 15586        |           |             |             |                           |                         |       |        |

Продолжение таблицы 13

| Корма          | № мешочка | Вес мешочка | Вес образца | Общий вес мешочка+образца | Вес образца после сушки | %    | Среднее, % |
|----------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|-------------------------|------|------------|
| Корма          | № 15586   |             |             |                           |                         |      |            |
|                | № мешочка | Вес мешочка | Вес образца | Общий вес мешочка+образца | Вес образца после сушки | %    | Сред.%     |
| Ячмень         | 2,5       | 0,64        | 5,35        | 5,98                      | 0,75                    | 14   | 13,6       |
|                | 2,1       | 0,64        | 5,74        | 5,75                      | 0,76                    | 13,2 |            |
| Куку-руза      | 2,2       | 0,64        | 5,30        | 5,92                      | 0,95                    | 17,9 | 17,2       |
|                | 2,6       | 0,64        | 5,20        | 5,83                      | 0,86                    | 16,5 |            |
| Рапсо-вый жмых | 2,3       | 0,64        | 5,24        | 5,89                      | 2,56                    | 48,8 | 49,35      |
|                | 2,7       | 0,64        | 5,71        | 6,34                      | 2,85                    | 49,9 |            |
| Соевый жмых    | 2,4       | 0,63        | 5,88        | 6,50                      | 2,16                    | 36,7 | 36,7       |
|                | 2,8       | 0,64        | 5,82        | 6,44                      | 2,17                    | -    |            |
| № 15618        |           |             |             |                           |                         |      |            |
| Корма          | № мешочка | Вес мешочка | Вес образца | Общий вес мешочка+образца | Вес образца после сушки | %    | Сред. %    |
| Ячмень         | 3,1       | 0,64        | 5,25        | 5,88                      | 0,34                    | 6,4  | 11,95      |
|                | 3,5       | 0,63        | 5,48        | 6,08                      | 0,96                    | 17,5 |            |
| Кукуру-за      | 3,2       | 0,63        | 5,23        | 5,87                      | 0,66                    | 12,6 | 16,05      |
|                | 3,6       | 0,64        | 5,42        | 6,06                      | 1,06                    | 19,5 |            |
| Рапсо-вый жмых | 3,3       | 0,63        | 5,03        | 5,69                      | 2,16                    | 42,9 | 41,7       |
|                | 3,7       | 0,63        | 5,58        | 6,21                      | 2,26                    | 40,5 |            |
| Соевый шрот    | 3,4       | 0,62        | 5,58        | 6,22                      | 1,36                    | 24,3 | 22,9       |
|                | 3,8       | 0,63        | 5,85        | 6,45                      | 1,26                    | 21,5 |            |
| № 15638        |           |             |             |                           |                         |      |            |
| Корма          | № мешочка | Вес мешочка | Вес образца | Общий вес мешочка+образца | Вес образца после сушки | %    | Сред. %    |
| Ячмень         | 4,1       | 0,62        | 5,32        | 5,94                      | 0,84                    | 15,8 | 15,2       |
|                | 4,5       | 0,63        | 5,36        | 5,99                      | 0,78                    | 14,5 |            |
| Кукуру-за      | 4,2       | 0,63        | 5,23        | 5,86                      | 1,21                    | 23,1 | 20,7       |
|                | 4,6       | 0,64        | 5,21        | 5,85                      | 0,96                    | 18,4 |            |
| Рапсо-вый жмых | 4,3       | 0,62        | 5,30        | 5,92                      | 2,13                    | 40,2 | 39,7       |
|                | 4,7       | 0,64        | 5,26        | 5,90                      | 2,06                    | 39,2 |            |
| Соевый шрот    | 4,4       | 0,63        | 5,29        | 5,92                      | 2,01                    | 37,9 | 38,5       |
|                | 4,8       | 0,64        | 5,38        | 6,02                      | 2,11                    | 39,2 |            |

Полученные результаты доказывают значительные различия в скорости микробного расщепления проверяемых кормовых концентратов; установлена последовательность: ячмень→кукуруза→соевый шрот→рапсовый жмых. Эта последовательность, судя по существенным различиям конечной массы каждого мешочка, может изменяться. Считаем обоснованным предположение, что указанная разница будет особенно заметна при использовании рационов, сочетающих несколько различных концентратов [19].

Получены убедительные доказательства преимущественного использования компонентов из концентратного комплекса: за 8 часов нахождения в рубце дробленое зерно ячменя было подвергнуто деградации симбионтной микрофлорой на 89 %, зерно кукурузы – на 84 %, тогда как соевый шрот использован на 77 %, а рапсовый жмых – только на 59 %.

Полученные результаты следует учитывать при составлении практических рационов лактирующих коров.

### **3.3 Влияние особенностей диет на молочную продуктивность**

Кормовую смесь с соотношением НРБ:РРБ = 50:50 (первый рацион) коровы поедали хуже, чем остальные рационы (20,9 кг СВ против 22,1 кг СВ во второй и третьей группах соответственно). Низкое содержание распадаемого в рубце белка (РРБ) отрицательно сказалось на аппетите коров, что, по-видимому, обусловлено недостаточным образованием аммонийного азота, необходимого для размножения микрофлоры. Подобные результаты наблюдались в ряде работ других исследователей, когда РРБ составлял ниже 9 % СВ [31,65].

Третий вариант диеты с более высоким содержанием СВ (17,7 %) и при соотношении НРБ:РРБ = 50:50 (как в первом рационе), не вызывал снижения аппетита у коров. По-видимому, коровам на 3-м рационе было достаточно содержания РРБ 113,8 г/кгСВ по сравнению с 81,4 г/кгСВ (первый рацион) для осуществления нормальных ферментативных процессов в рубце. Корова на первом рационе по-



требляла 1701 г/день распадаемой в рубце фракции белка, а на третьем рационе –2515 г/день, или на 814 г РРБ больше (таблица 14).

Полученные в наших опытах данные согласуются с результатами других авторов, когда при сходном с нашим соотношении НРБ:РРБ и содержании СБ 18% не наблюдалось разницы в потреблении СВ по сравнению с его потреблением на корме с соотношением нераспадаемой и нераспадаемой в рубце частей белка 35 % к 65 %. По-видимому, при высоком уровне СБ в диете возможно снижение процентного содержания РРБ без отрицательного влияния на потребление корма, в отличие от рационов с пониженным содержанием СБ.

Таблица 14 – Молочная продуктивность, содержание и выход молочного жира и молочного белка

| Показатели                                                    | Рационы    |             |             |             |
|---------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                               | 1          | 2           | 3           | 4           |
| СБ, %                                                         | 15,7       |             | 17,7        |             |
| 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       |
| Потребление СВ, кг                                            | 20,9±0,16  | 22,1±1,28   | 22,1±0,99   | 21,6±0,87   |
| Потребление СВ, % ЖМ                                          | 3,56±0,06  | 3,75±0,12   | 3,75±0,08   | 3,68±0,03   |
| Надой натурального молока, кг/день                            | 37,4±0,67* | 38,7±0,85** | 39,4±0,74** | 38,7±0,76** |
| Надой, скорректированный на содержание 3,4% жира в молоке, 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 молочного 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/гНкорма                                        | 2,30±0,04  | 2,28±0,03   | 2,05±0,05   | 2,08±0,03   |
| Затраты СВ на 1 кг молока, кг                                 | 0,56       | 0,57        | 0,56        | 0,56        |
| Живая масса коров в начале опыта, кг                          | 565        | 577         | 579         | 583         |
| Живая масса коров в конце опыта, кг                           | 577        | 589         | 589         | 591         |
| Среднесуточный 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

Представленный в таблице 8 материал дает основание утверждать, что низкое количество распадаемого в рубце белка –8,2 % СВ в 1-й диете с пониженным

содержанием СБ (15,7 %) и соотношением НРБ:РРБ = 50:50 сопровождается негативным изменением пищевого поведения, что проявлялось снижением аппетита. При этом зафиксирован вполне удовлетворительный для ранней лактации прирост массы тела. При сопоставлении этого показателя и количественного значения образования молока можно предположить, что 1-я диета обеспечивает обменные процессы на жизнедеятельность и продуктивность.

На 2-й диете с аналогичным первому рациону содержанием сырого белка (15,7 %), но при более высоком уровне РРБ = 10,3 % СВ (НРБ:РРБ = 35:65 % СВ) потребление сухого вещества рациона было выше на 1,2 кг/день, надой натурального молока – выше на 1,4 кг, надой скорректированного по жиру молока – выше на 2,7 кг, чем у коров на 1-м рационе. Эти факты, по нашему мнению, свидетельствуют о более высокой степени адекватности 2-й программы питания первотелок, имеющей целью повышение продуктивности и экономию кормового белка без ущерба для здоровья животных.

При повышенном содержании в диете сырого белка (17,7 %) и соотношении НРБ:РРБ = 50:50 у коров на 3-м варианте диеты зафиксированы наиболее высокие показатели потребления корма и среднесуточного надоя молока. Повышение уровня СБ до 17,7% (3-й вариант рациона) способствовало увеличению надоя натурального молока у коров на 0,7 кг и повышению производства молочного жира. Прирост массы тела животных 3-й группы оказался ниже, чем у первотелок на 1-м и 2-м рационах, что может указывать на преимущественное использование главных компонентов диеты именно на молочную продуктивность.

При питании коров по программе 4-го рациона с повышенным содержанием СБ и преобладанием распадаемой фракции (17,7% и 35:65 соответственно) не было установлено повышения надоя по сравнению с надоем натурального молока у коров на 2-ом рационе, имеющем пониженный уровень СБ – 15,7 %. Однако на рационах с 17,7% СБ отмечено более высокое содержание и выход жира молока, поэтому при пересчете на скорректированное на 3,4% жира молоко надой у коров

на программе питания по 3-ей диете оказался на 1,3 кг, на 4-ом – на 0,8 кг выше, чем у коров на 2-ом рационе.

Наиболее низкий показатель концентрации сырого белка в молоке (3,23%) установлен у коров, обеспеченных питанием по программе 1-ого рациона. По-видимому, повышенное содержание фракции нераспадаемого в рубце белка относительно количества фракции распадаемого, специфичного для этого рациона, не оказало значимого влияния на концентрацию белка в молоке.

У коров на 2-ом и 4-ом рационах с высоким содержанием РРБ и соответственно 10,3% и 11,4% СВ, концентрация СВ в молоке была выше – по 3,27 % при равном выходе молочного белка (1266 г/день). Следовательно, повышение уровня НРБ и СВ в рационах, согласно результатам наших исследований, не сопровождалось выраженным положительным действием на концентрацию белка в молоке.

В публикациях по исследованиям NRC-2001 содержится указание на наличие прямой корреляции между содержанием РРБ в диете и концентрацией белка в молоке, равной  $r=0,78$ . Вместе с тем опубликованная там же величина корреляции между уровнем НРБ и содержанием белка в молоке составляет  $r = 0,59$ .

Затраты СВ на 1 кг натурального молока были невысокими: 0,56 – 0,57 кг, что свидетельствует об оптимальном балансе энергии, белка и других веществ в рационах. Выход сырого белка молока на один грамм азота корма составил по рационам, г: 1-й – 2,30; 2-й – 2,28; 3-й – 2,05; 4-й – 2,08. Эти цифры свидетельствуют о более низкой эффективности использования азота на биосинтез молочного белка в организме лактирующей коровы в случае более высокого содержания в рационах СВ.

За время эксперимента у коров зафиксирован прирост живой массы: от 0,091 до 0,136 г/день; это может обоснованно рассматриваться как подтверждение соответствия условий питания животных потребностям периода жизни. Это важно, поскольку в период ранней лактации у коров часто отмечают потерю массы тела (отвес) и развитие прогрессирующих метаболических нарушений.

### 3.4 Образование летучих жирных кислот (ЛЖК)

Функционирование рубца обеспечено исключительно деятельностью симбиотных микроорганизмов; их размножение и жизнеспособность зависят от активной реакции среды обитания (рН), которая, в свою очередь, зависит от образования в рубце низкомолекулярных жирных кислот. ЛЖК участвуют в биосинтезе жира молока и глюконеогенезе; им же принадлежит определяющая роль в формировании рН рубцовой жидкости. Этими положениями продиктован интерес к оценке возможного влияния состава белковой части корма на рН и образование ЛЖК в рубце коров ранней лактации.

Уровень белка корма, поступающего в рубец, и степень его распадаемости не оказали существенного влияния на рН рубцовой жидкости (таблица 15).

Таблица 15 – рН, содержание летучих жирных кислот (ЛЖК) в рубце

| Показатели       | Рационы     |              |              |               |
|------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|                  | 1           | 2            | 3            | 4             |
| СБ, %            | 15,7        |              | 17,7         |               |
| 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         |
| рН               | 6,18        | 6,03         | 6,04         | 6,16          |
| Общих ЛЖК, мМ    | 102,7±1,14  | 113,8±0,48** | 108,2±6,11*  | 121,5±2,59*** |
| Ацетат, мМ       | 72,5±0,78   | 76,6±0,33*   | 73,4±4,02**  | 84,2±1,79***  |
| % общ. ЛЖК       | 68,9        | 67,3         | 65,8         | 69,3          |
| Пропионат, мМ    | 18,6±0,22** | 24,1±0,10*** | 23,8±1,35*** | 22,7±0,48***  |
| % общ ЛЖК        | 19,2        | 21,2         | 22           | 18,6          |
| Бутират, мМ      | 11,6±0,14   | 13,1±0,06**  | 13,4±0,75**  | 14,6±0,31***  |
| % общ. ЛЖК       | 11,9        | 11,5         | 12,2         | 12            |
| Ацетат/пропионат | 3,90±0,04   | 3,18±0,30    | 3,08±0,01    | 3,78±0,25     |

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

Показатель рН составил на первом рационе 6,18, на втором – 6,03, на третьем – 6,04, на четвертом – 6,16. В рубце коров на 2-ом и 4-ом рационах с соотношением НРБ:РРБ = 35:65 общее количество ЛЖК, в том числе ацетата, выраженных в мМ, было на 10,8 % и 12,4 % (p < 0,05) и на 5,7 % и 14,7 % выше по сравнению с

их количествами в рубце коров на 1-ом и 3-ем рационах при отношении НРБ:РРБ = 50:50 ( $p < 0,001$ ) соответственно, что, по-видимому, связано с более активной ферментацией углеводов в рубце при высоком количестве РРБ.

Самое высокое значение отношения «ацетат: пропионат» отмечено у коров на 1-ом и 4-ом рационах: 3,90 и 3,78 соответственно. А/П – отношение у коров на 3-ем и 4-ом рационах существенно различалось, с преобладанием этого коэффициента в 4 группе, где установлено самое высокое содержание жира в молоке. Следует отметить, что в рубце коров на рационе с 15,7 % СБ и при отношении НРБ:РРБ = 35:65 количество пропионата, имеющего важное значение для биосинтеза глюкозы, было заметно больше (24,1–18,6 мМ), чем у коров на 1-ом рационе при соотношении НРБ:РРБ = 50:50. Однако в крови коров на 2-ом рационе отмечено самое низкое содержание глюкозы (в границах нормы), что требует дополнительного исследования.

Рассматривая концентрацию отдельных летучих жирных кислот в процентах от общего их количества, можно отметить снижение показателей концентрации уксусной кислоты и увеличение разницы по пропионовой.

### 3.5 Обмен азота и аминокислот в рубце

Количество белка в потребляемом коровами корме, а также соотношение распадаемой и нераспадаемой в рубце фракций сырого белка оказали заметное влияние на обмен азота и аминокислот в переднем отделе пищеварительного тракта коров. Так, повышение в рубце концентрации  $\text{NH}_3\text{-N}$  оказалось в прямой зависимости от уровня СБ и РРБ в рационах.

При 15,7 % СБ и соотношении НРБ:РРБ = 50:50 и 35:65 она составила у коров на 1-ом и 2-ом рационах соответственно 9,78 и 14,24 мг%, а на рационах с 17,6% СБ и таких же соотношениях НРБ:РРБ, соответственно, – 10,50 и 16,86 мг%. Это свидетельствует о повышении активности дезаминирования аминокислот бактериями рубца, если животное-хозяин потребляет корм с высокой распада-

емостью белка. Таким образом, повышение РРБ в СБ на 33 – 37% способствовало повышению концентрации  $\text{NH}_3\text{-N}$  на 47 и 61% соответственно (таблица 16).

Концентрация общего азота в рубце зависела от уровня сырого белка в рационах: при 15,7 % СБ она составила 1,27 % и 1,26 %; при 17,7 % СБ – 1,47 % и 1,52 %; разница достоверна при  $p < 0,05$ . Отмечаем особо, что в пределах каждого уровня белка не зафиксирована разница по концентрации общего азота, несмотря на значительную разницу в соотношении НРБ:РРБ и концентрацию  $\text{NH}_3\text{-N}$  в рубце. Это связано, по-видимому, с утечкой  $\text{NH}_3\text{-N}$  непосредственно из рубца в кровь.

Таблица 16– Концентрация общего N,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , мочевины и свободных аминокислот в рубцовой жидкости, мг%

| Показатели                   | 1 Рацион     | 2 Рацион      | 3 Рацион     | 4 Рацион      |
|------------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                              | СБ 15,7%     |               | СБ 17,7%     |               |
| НРБ:РРБ, % СБ                | 50:50        | 35:65         | 50:50        | 35:65         |
| Общий N, %                   | 1,27±0,01**  | 1,26±0,01**   | 1,47±0,01*** | 1,52±0,07***  |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ , мг% | 9,78±0,54    | 14,24±1,10**  | 10,50±1,67*  | 16,86±1,89*** |
| Мочевина, %                  | 0,280±0,03   | 0,384±0,04    | 0,306±0,04   | 0,344±0,05    |
| Лизин                        | 5,63d±0,54   | 7,73b±0,54**  | 6,02±0,54*   | 8,30±0,54***  |
| Метионин                     | 1,25±0,03**  | 1,58±0,11***  | 1,31±0,08**  | 1,61±0,04***  |
| Гистидин                     | 0,88±0,10*   | 0,98±0,09**   | 1,11±0,03*** | 0,98±0,03**   |
| Аргинин                      | 0,23±0,02    | 0,25±0,04**   | 0,35±0,01*** | 0,24±0,02**   |
| Изолейцин                    | 3,19±0,67**  | 4,11±0,35***  | 3,21±0,05**  | 4,55±0,01***  |
| Лейцин                       | 4,00±0,03*   | 4,92±0,79**   | 4,00±0,33*   | 5,26±0,02***  |
| Фенилаланин                  | 2,36±0,06*** | 2,89±0,25***  | 2,32±0,10**  | 2,97±0,07***  |
| Триптофан                    | 0,38±0,06*** | 0,40±0,06***  | 0,45±0,01*** | 0,26±0,03**   |
| Треонин                      | 2,50±0,26    | 3,18±0,86**   | 2,65±0,11*   | 3,51±0,13***  |
| Валин                        | 3,52±0,35*   | 4,58±0,24***  | 4,04±0,14**  | 4,71±0,01***  |
| Сумма НАК                    | 23.61±0,72   | 30,59±1,40**  | 25,24±1,13*  | 32,56±0,09*** |
| Аспар. кислота               | 4,99±0,67    | 5,71±1,86     | 5,05±0,06    | 6,32±0,06     |
| Серин                        | 2,07±0,12    | 2,19±0,43     | 1,83±0,11**  | 2,45±0,16***  |
| Глутамат                     | 6,24±1,11    | 8,17±2,72     | 6,52±0,84    | 8,52±0,16     |
| Глутамин                     | 0,21±0,21    | 0,33±0,30     | 0,42±0,01    | 0,23±0,06     |
| Пролин                       | 2,27±0,15    | 2,52±2,08*    | 1,87±0,25**  | 3,72±0,18***  |
| Глицин                       | 3,08±0,25    | 3,56±0,88     | 3,13±0,20    | 3,70±0,30     |
| Аланин                       | 8,20±3,45    | 10,13±2,20    | 10,43±2,23   | 9,90±1,30     |
| Тирозин                      | 2,26±0,07    | 2,78±0,26     | 2,20±0,14    | 2,49±0,49     |
| ΣЗАК                         | 29,32±5,50   | 35,41±9,48    | 31,45±2,37   | 37,50±2,69    |
| ΣНАК + ЗАК                   | 52,39±6,17   | 66,00±10,29** | 56,87±4,49*  | 70,06±2,78*** |

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

Концентрация мочевины в рубцовой жидкости находилась в прямой зависимости как от уровня СБ, так и уровня РРБ. При содержании белка в рационах 15,7% она составила 0,280 % и 0,386 % (соответственно по фракциям), на рационах с 17,6 % СБ – 0,306 % и 0,344 %. При более высоком содержании РРБ на рационе с уровнем белка 17,6 концентрация мочевины оказалась ниже (0,344), чем на рационе с 15,7%СБ (0,384). Вероятно, это следует объяснить повышенным поступлением избыточного аммонийного азота из рубца в кровь.

В рубцовой жидкости у коров на 3-ей и 4-ой программах питания с повышенным содержанием СБ (17,7 %) суммарное количество свободных заменимых (ЗАК) и незаменимых (НАК) аминокислот было выше на 6,8 % и 5,6 % по сравнению с их количеством у коров на 1-ом и 2-ом рационах с 15,7 % СБ. Однако количество аминокислот в рубцовой жидкости возрастало более существенно с увеличением в рационах уровня РРБ. У коров на 2-ой диете при соотношении НРБ:РРБ = 35:65 сумма НАК + ЗАК оказалось на 23,9 % выше, чем у коров на 1-ом рационе с НРБ:РРБ = 50:50 и на 22,5 % выше у коров на 4-ом рационе (35:65), по сравнению с их концентрацией у коров на 3-ем рационе (50:50).

Таким образом, более высокое количество РРБ, независимо от уровня СБ в рационах, приводит к интенсивному распаду в рубце белка до свободных аминокислот и  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Можно отметить, что повышение концентрации ЗАК и НАК под воздействием разного количества НРБ и РРБ было неодинаковым: количество ЗАК увеличилось на 20,8 % и 18,9 %, а НАК – на 27,1 % и 27,0 % при сравнении сумм аминокислот у коров на 1-ом и 2-ом и у коров на 3-ем и 4-ом рационах.

Содержание свободного лизина и свободного метионина по рационам составило, мг%: 1 – 5,63 и 1,25; 2 – 7,73 и 1,58; 3 – 6,02 и 1,31; 4 – 8,30 и 1,61. При этом следует подчеркнуть, что концентрация лизина возрастала в большей степени, чем концентрация метионина: лизин у коров на 2-ом рационе повышался на 37,3 %, на 4-ом – на 37,9 % по сравнению с их количеством в рубце коров на 1 и 3 рационах соответственно; концентрация метионина в рубце коров на 2-ом рационе повышалось на 26,4 %, на 4-ом – на 22,9 %. Такие отклонения имеются и по дру-

гим аминокислотам. Зафиксированы необъяснимые факты, когда концентрация свободного гистидина оказалась выше таковой аргинина 0,78–0,24 мг%, хотя в рационах содержание аргинина было значительно выше, чем гистидина. Возможно, аргинин более предпочтителен для дезаминирования микробами, чем гистидин. Не исключено, что некая доля свободных аминокислот, как и пептидов, могла с рубцовой жидкостью попадать в сычуг и далее – в двенадцатиперстную кишку, откуда и становится источником обменных аминокислот. Эти факты требуют дополнительного исследования.

### **3.6 Переваримость питательных веществ и баланс азота**

Работа по изучению характера переваримости питательных веществ проверяемых рационов позволила установить ряд характерных особенностей, обусловленных содержанием сырого белка и соотношением нераспадаемой и распадаемой в рубце фракций СБ.

Более низкие коэффициенты переваримости сухого вещества отмечены для первого и третьего рационов – 58,21 % и 61,17 % при соотношении НРБ:РРБ = 50:50, в сравнении с переваримостью на втором и четвертом рационах – 65,67 % и 66,57 % соответственно, при соотношении НРБ:РРБ = 35:65. Аналогичная тенденция – более высокая переваримость – была отмечена по органическому веществу и азоту.

Выявлена некоторая разница в переваримости клетчатки разных вариантов диет, но она менее выражена по сравнению с белковой частью: НДК на 1-ом и 3-ем рационах – 56,01 % и 55,92 %, на 2-ом и 4-ом рационах – 57,01 % и 57,26 %; КДК – соответственно 50,06 % и 50,72 % против 51,43 % и 51,60 %. Такая же картина наблюдается по коэффициентам переваримости сырого жира. По-видимому, высокое количество распадаемого в рубце белка во 2-ом и 4-ом рационах было основной причиной повышения показателей кажущейся (без учета эндогенных выделений азота) переваримости азота (таблица 17).



Таблица 17 – Коэффициенты переваримости питательных веществ в желудочно-кишечном тракте коров

| Показатели    | Рационы      |                |              |               |
|---------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
|               | 1            | 2              | 3            | 4             |
|               | СБ 15,7%     |                | СБ 17,7%     |               |
| НРБ:РРБ, % СБ | 50:50        | 35:65          | 50:50        | 35:65         |
| СВ, %         | 65,6±4,27**  | 67,2±1,89***   | 64,7±1,28**  | 66,2±2,11***  |
| ОВ, %         | 67,6 ±1,87** | 68,9 ±1,26***  | 66,1 ±1,10** | 68,7 ±1,24*** |
| N, % *        | 69,5C±1,05*  | 72,0 a±0,73*** | 70,8b±1,30** | 72,3a±0,44*** |
| НДК, %        | 56,01±1,28*  | 57,01±0,29***  | 55,92±3,51** | 57,26±1,75*** |
| КДК, %        | 50,06±2,79   | 51,43±0,37     | 50,77±3,95   | 51,60±1,98    |
| Жир, %        | 88,58±1,19*  | 89,79±0,07**   | 88,82±0,89** | 90,32±0,39*** |

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

Баланс азота. Концентрация азота в кале находилась в обратной зависимости с уровнем РРБ в рационах: на 1-ом и 3-ем рационах 2,22 % и 2,19 %; на 2-ом и 4-ом рационах 2,68 % и 2,58 % соответственно. Общие потери азота с калом в процентах от потребленного его количества, наоборот, были несколько меньше на рационах с высоким содержанием РРБ: на 3-ем и 4 рационах по 27,9 %, на 1-ом и 3-ем – 30,4 % и 29,1 %. Эти показатели отражены в таблице 18.

Концентрация азота в моче прямо зависела от уровня СБ в рационах: на 1-ом и 2-ом она составляла 1,13 % и 1,05 %; на 3-ем и 4-ом – по 1,32 %. Эта тенденция сохранилась и на общем выходе N с мочой в процентах от его содержания в корме. Коэффициенты использования азота рационов на биосинтез молочного белка оказались более высокими у коров на рационах с уровнем СБ 15,7 %: соответственно 35,6 % и 35,7 %, тогда как на рационах с уровнем СБ 17,7 % – 32,1 % и 32,5 %.

Несмотря на более низкое потребление СВ и среднесуточный надой молока, у коров 1 группы эффективность использования азота корма была не ниже, чем у коров 2 группы при более высоком надое молока.

Таблица 18– Баланс азота

| Показатели                | 1           | 2            | 3            | 4            |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                           | СБ 15,7%    |              | СБ 17,7%     |              |
| НРБ:РРБ, % СБ             | 50:50       | 35:65        | 50:50        | 35:65        |
| Потреблено N, г/день      | 527±4,04**  | 556±31,61**  | 626±27,71*** | 610±24,80*** |
| Выделено СВ кала, кг/день | 7,2±0,96**  | 7,2±0,40**   | 7,8±0,55***  | 7,3±0,85**   |
| Сод-е N в кале, %         | 2,22±0,20** | 2,15±0,14*** | 2,32±0,16**  | 2,29±0,17*** |
| Выделено N в кале, г/день | 160±6,51**  | 155±12,81**  | 182±7,14***  | 168±8,29**   |
| Выделено мочи, кг/день    | 15,9±0,3**  | 18,8±0,6***  | 17,3±0,8     | 17,4±0,3**   |
| Сод-е N в моче, %         | 1,13±0,02** | 1,05±0,04**  | 1,32±0,03*** | 1,32±0,02*** |
| N мочи, г/день            | 180±13      | 197±14**     | 230±16***    | 230±16***    |
| N в белке молока, г/день  | 188±9       | 198±10**     | 201±11***    | 198±10**     |
| Баланс N, г/день          | 528±17      | 550±19*      | 613±21***    | 596±20**     |
| Баланс N, %               | 100,2       | 98,9         | 97,9         | 97,7         |

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

### 3.7 Биохимические показатели крови и мочи

Разное содержание СБ и разные соотношения НРБ:РРБ не 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 ( $P<0,001$ ). 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. Для подтверждения возможного положительного действия высокого уровня фракции РРБ на иммунитет требуются специальные исследования, но считаем этот факт заслуживающим более пристального внимания (таблица 19).

Таблица 19– 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          |              |              |               |              |
| Общий 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**   |
| Триглицериды, 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*** |
| Ca, мм/л                 | 2,5±0,10     | 2,4±0,10     | 2,3±0,15      | 2,5±0,13     |
| P, 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 <sub>3</sub> -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

Концентрация глюкозы у коров на всех рационах была физиологически достаточной, что доказывает функциональную состоятельность процессов глюконеогенеза. Повышенное содержание СБ в 3-ем и 4-ом рационах отразилось на более высокой концентрации в плазме крови мочевины по сравнению с тем на рационах с 15,7 % СБ ( $p<0,001$ ). На рационах с повышенным содержанием РРБ отмечается более низкое содержание триглицеридов, более низкая активность АСТ ( $p<0,001$ ), но по другим показателям – концентрации холестерина, активности «печеночных ферментов» – щелочной фосфатазы и аланинаминотрансферазы, а также концентрации минеральных веществ – отметить специфическое действие уровня СБ и соотношения распадаемой и нераспадаемой в рубце его фракций не представляется

возможным. При этом считаем необходимым указать факт существенных различий по активности щелочной фосфатазы на 3-м и 4-м вариантах питания; вместе с тем показатели ключевого фермента метаболической функции печени оставались в границах нормы. Этот вопрос, по нашему мнению, заслуживает пристального внимания и дополнительного исследования.

Концентрация аммонийного азота  $\text{NH}_3\text{-N}$  мочевины в моче коров находилась в прямой зависимости от уровня РРБ в рационе ( $p < 0,001$ ). Установлено, что пониженное потребление корма коровами на 4-ом рационе сопровождается повышенным уровнем мочевины в крови, выступающей в качестве предшественника аммония в моче. Доказательством выступает факт наиболее высоких значений этих показателей у коров на 4-й программе питания.

Анализ крови не выявил существенных различий по содержанию холестерина, триглицеридов, АсАТ, АлАТ, Са, Zn, Cu. Показатели активности трансаминаз дают основание констатировать состоятельность печени как наиболее метаболически активного органа, и исключить повреждение гепатоцитов. Таким образом, все диеты, созданные в рамках данной работы, могут быть предложены в качестве антикетозных. Косвенным подтверждением этому выступают показатели, отражающие содержание в крови макроэлемента кальция, а также основных микроэлементов.

Цель нашего исследования состояла в определении возможности снижения затрат наиболее ценной части корма – сырого белка – путем обеспечения оптимального соотношения нераспадаемой и распадаемой в рубце долей сырого белка в практических рационах коров-первотелок в начальный период лактации. Считаем, что нами получено основание рекомендовать точное определение потребности животных в белке как важнейшего фактора стимулирования максимальной продуктивности при минимальных затратах и потерях азота [4, 13, 14]. Эта идея отражает главный интерес исследователей на современном этапе развития высокопродуктивного молочного скотоводства: снижение затрат кормового сырого белка без ущерба для здоровья и продуктивности коров [11, 16]. Выявлена реальная

возможность достижения этой цели: так, в ряде работ, включая наши, показано отрицательное действие высокого уровня сырого белка корма на эффективность использования азота у коров [4, 12]; зафиксированы потери азота с экскрементами на уровне 65-75 %. Наиболее эффективная стратегия повышения использования кормового азота состоит не просто в недопущении излишнего количества сырого белка в рационе, а в создании оптимального аминокислотного состава этого белка и соотношения нераспадаемой и распадаемой в рубце его фракций [7].

Факторы, влияющие на использование азота, имеют множество слагаемых; они связаны с обеспечением достаточного количества распадаемого в рубце белка для удовлетворения потребности рубцовых микроорганизмов в аммонийном азоте, и, кроме того, необходимо некое достаточное количество НРБ для переваривания в тонком кишечнике [8]. Недостаток распадаемой в рубце фракции сырого белка может привести к пониженной концентрации рубцового  $\text{NH}_3\text{-N}$ , что вызовет снижение потребления сухого вещества и, как следствие, снижение синтеза микробного белка (МСБ) в рубце [6]. Избыток РРБ, наиболее вероятно, деградирует до  $\text{NH}_3\text{-N}$ , который поступает в кровь, превращается в печени в мочевины и частично экскретируется с мочой.

По рекомендации NRC-2001 наиболее адекватным количеством распадаемого в рубце белка в рационах коров с точки зрения обеспечения максимальной молочной продуктивности является 12,2 % СВ. Но, как показали многочисленные исследования, рекомендуемый указанным справочником уровень РРБ [17, 26] является избыточным [8].

В наших опытах максимальная молочная продуктивность коров-первотелок была достигнута на рационе с 17,7 % СВ и отношении НРБ:РРБ = 9,0:8,7 % СВ (49:51 % СВ. В этом варианте рациона было достаточно распадаемой в рубце части белка—8,7 % сухого вещества; при этом у коров не было отмечено явных признаков негативных изменений состояния. В публикациях других авторов описаны подобные результаты. Так, в частности, наилучшие показатели пищевой активности коров (потребление корма) и молочной продуктивности (суточный удой) за-

фиксированы на рационе с 18,1 % СБ и соотношении НРБ:РРБ = 48:52 % СБ [17]. При изменении соотношения (НРБ:РРБ = 35:65 % сырого белка) было отмечено снижение потребления корма и молочной продуктивности. В опытах на коровах-первотелках в условиях теплового стресса снижение РРБ с 10 % до 8% на рационе с содержанием сырого белка 18 % исследователи отметили снижение потребления сухого вещества рациона на 0,9 кг/день; было зафиксировано также значительное снижение молочной продуктивности – на 10 % [18].

На рационе с 14% сырого белка (Kaufman, 2017) удовлетворительные показатели потребления корма и молочной продуктивности были достигнуты при соотношении НРБ:РРБ = 6:8 % СВ (43:57 % СБ).

На рационах с 18,5 % СБ при соотношении НРБ:РРБ = 38:62 и 50:50 надой молока у коров были практически одинаковыми (58,3 и 58,7 кг/день); при этом содержание жира и белка в молоке было несколько выше при более высоком уровне РРБ (3,48 % против 3,43 % и 2,96 % против 2,93 % соответственно) [23].

Снижение уровня СБ до 15,7 % при соотношении НРБ:РРБ = 7,6:8,1 % СВ (50:50 % СБ) в наших опытах сопровождалось снижением аппетита, потребления корма и молочной продуктивности у коров ( $p < 0,01$ ). В то же время на рационе с таким же содержанием сырого белка (15,7 %), но при соотношении НРБ:РРБ = 5,4:10,3 % СВ (35:65 % СБ), коровы охотно поедали кормосмесь и продемонстрировали высокую молочную продуктивность. Это дает основание прогнозировать возможность снижения уровня наиболее ценной части рационов коров – белковой и повышение эффективности использования азота корма за счет подбора оптимального соотношения нераспадаемой и распадаемой в рубце частей сырого белка.

Снижение уровня СБ в рационах коров 2-го отела в последовательности 16,4; 15,6 и 14,8 % при одинаковом содержании НРБ (5,5 %) и соответствующем для каждого из этих рационов уровне РРБ – 10,9; 10,1; и 9,3 % СВ сопровождалось получением близких показателей по надоем молока: соответственно 41,6; 41,0 и 40,6 кг/день; при этом показатели жирности и белковости были практически

одинаковыми [7]. Возможность снижения уровня СБ с 18 % до 15 % в сбалансированных по незаменимым аминокислотам рационах коров без ущерба для молочной продуктивности и качества молока показана в ряде работ [20].

При уровне сырого белка в корме 16,7% более высокая молочная продуктивность (44,9 кг/день) отмечена на рационах с соотношением НРБ:РРБ = 35:65 % СБ по сравнению с 43,4 кг/день, полученных на рационе с соотношением этих фракций 40:60 % СБ.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что при повышенном уровне СБ (17,5 % -18,5%) в рационах высокая молочная продуктивность достигается при равном соотношении НРБ и РРБ (50:50 % СБ), а при пониженном уровне СБ (15,5 % -16,5 %) оптимальным соотношением НРБ:РРБ является количественный интервал в границах 30-40 %:70-60 % СБ. Другие ученые получили сходные результаты: в опытах университета Висконсина (США) на высокопродуктивных коровах при оценке эффективности рациона с 15,6 %, 16,6 %, 17,6 % СБ и содержании РРБ в % СБ соответственно 10,5; 11,1-11,7 и 12,5 лучшие показатели по надою молока (40,3 кг/день) были на рационе с 16,6 % СБ, в котором было выдержано соотношение фракций НРБ:РРБ = 33:67 % СБ. Рацион с 15,6 % СБ при таком же соотношении НРБ:РРБ оказался недостаточным для обеспечения высокой молочной продуктивности (надой не превысил 38,8 кг/день) [22].

Низкое потребление корма коровами на 1-ой диете может быть объяснимо, по-видимому, низкой концентрацией в рубце аммонийного азота  $\text{NH}_3\text{-N}$ , необходимого для биосинтеза бактериального белка и размножения микроорганизмов. Это связано с недостаточным содержанием в рационе распадаемого в рубце белка (РРБ), как предшественника свободных аминокислот, а также  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

При высоком уровне РРБ (2-я и 4-я диеты) концентрация  $\text{NH}_3\text{-N}$  в рубцовой жидкости возрастала на 45,6 % и 60,6 % соответственно по сравнению с концентрацией в рубце коров на 1-й и 3-ей диетах. По-видимому, столь значительные повышения концентрации аммония в рубце коров на 4-ом рационе способствовали резкому увеличению содержания мочевины в крови и снижению потребления корма.

Концентрация свободных заменимых (ЗАК) и незаменимых (НАК) аминокислот параллельно повышалась на 23,9 и 22,5 %, при этом повышение НАК было более существенным, чем ЗАК. Мы предполагаем, что часть свободных аминокислот в рубце избегает потребления микроорганизмами и в составе рубцового химуса поступает в тонкий кишечник, участвуя в формировании пула обменных аминокислот крови [24].

Потребление коровами повышенных количеств быстро распадаемой в рубце фракции сырого белка способствует усилению ферментных процессов, осуществляемых микрофлорой в рубце. Это было доказано зафиксированным фактом более высокой концентрации ЛЖК в рубце коров на 2-ом и 4-ом вариантах диеты по сравнению с концентрацией этих кислот на 1-ом и 3-ем вариантах. Если рассматривать количество отдельных летучих жирных кислот, выраженных в процентах от общего объема ЛЖК, то значительных различий по их соотношению не обнаруживается. Было отмечено заметное различие в показателях соотношения уксусной и пропионовой кислот (коэффициент ацетат/пропионат), но корреляции этого показателя с содержанием жира в молоке не прослеживается.

### **3.8 Переваримость сухого и органического вещества в рубце коров в зависимости от содержания в рационах СБ, НРБ и РРБ**

Кажущаяся переваримость сухого вещества в рубце, которая определяется по разности между потребленным и перешедшим в дуоденум СВ, не зависела от уровня СБ в рационах. Тенденция более высокой переваримости (разница статистически недостоверна) отмечается для 2-й и 4-й диет с повышенным содержанием распадаемой фракции сырого белка (таблица 20). Положительное действие распадаемого белка на переваримость СВ подтверждается работами других исследователей –Martineau et al. (2013), J. D. Kaufman, (2017), хотя Shingfield et al. (2003), Huhtanen et al. (2011), R. Tacoma et al.(2017), E. M. Paula et al. (2018) в своих публикациях, посвященных данной проблеме, подобного не отмечали. Считаем,



что противоречивость суждений авторитетных ученых можно считать достаточным основанием для углубления исследований.

Таблица 20 – Потребление и переваримость сухого вещества (СВ) в зависимости от уровня и распадаемости белка в рационах коров

| Показатели                | Рационы   |           |           |           |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | 1         | 2         | 3         | 4         |
|                           | СБ 15,7   |           | СБ 17,7   |           |
| НРБ+РРБ, % СВ             | 50:50     | 35:65     | 50:50     | 35:65     |
| СВ                        |           |           |           |           |
| Потребление, кг/д         | 20,9±0,16 | 22,1±1,57 | 22,1±1,18 | 21,6±0,87 |
| Перешло в дуоденум, кг/д  | 15,5±0,67 | 16,0±0,67 | 16,3±0,67 | 15,4±0,67 |
| КПРСВ <sup>1</sup> , кг   | 5,4±0,88  | 6,0±1,20  | 5,8±0,82  | 6,2±0,78  |
| %                         | 25,8      | 27,1      | 26,7      | 28,7      |
| ИПРСВ <sup>2</sup> , кг   | 9,7±0,73  | 10,7±1,31 | 10,2±2,03 | 11,0±0,54 |
| %                         | 46,4      | 48,4      | 46,2      | 50,9      |
| ОВ                        |           |           |           |           |
| Потребление, кг/д         | 19,5±0,52 | 20,6±0,46 | 20,6±1,77 | 20,2±0,24 |
| Перешло в дуоденум, кг/д  | 12,5±0,18 | 13,1±0,13 | 13,5±0,13 | 12,4±0,06 |
| КПРОВ <sup>3</sup> , кг   | 7,0±0,66  | 7,5±0,35  | 7,1±1,78  | 7,8±0,20  |
| %                         | 35,9      | 36,4      | 34,5      | 38,6      |
| ИПРОВ <sup>4</sup> , кг   | 10,8±0,72 | 11,6±0,31 | 11,3±1,75 | 12,0±0,24 |
| %                         | 55,4      | 56,3      | 54,9      | 59,4      |
| ОПОВЖКТ <sup>5</sup> , кг | 13,2±0,42 | 14,2±0,31 | 13,6±1,08 | 13,9±0,08 |
| %                         | 67,6±0,51 | 68,9±0,03 | 66,1±0,60 | 68,7±0,84 |
| ОПСВЖКТ <sup>6</sup> , кг | 13,7±0,26 | 14,9±1,00 | 14,3±1,36 | 14,3±0,45 |
| %                         | 65,6±0,18 | 67,3±1,62 | 64,7±0,60 | 66,2±1,73 |

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

1. КПРСВ – кажущаяся переваримость в рубце СВ.
2. ИПРСВ – истинная переваримость в рубце СВ.
3. КПРОВ – кажущаяся переваримость в рубце ОВ.
4. ИПРОВ – истинная переваримость в рубце ОВ.
5. ОПОВЖКТ – общая переваримость ОВ в желудочно-кишечном тракте.
6. ОПСВЖКТ – общая переваримость СВ в желудочно-кишечном тракте.

Расчет сухой микробной биомассы по микробному азоту в СВ дуоденального химуса: 1-й рацион – 1,98%, 2-й рацион – 2,03%, 3-й рацион – 1,89%, 4-й рацион – 2,23%. В 1 кг микробной биомассы содержится 71,6 г азота (Reynal et al, 2003).

Истинная переваримость сухого вещества корма в рубце, которая учитывает образование микробной биомассы, была заметно выше у коров на 4-м рационе с повышенным содержанием РРБ (P<0,05): она составляла 50,9 %, тогда как на 1-м

и 3-м рационах с таким же соотношением НРБ:РРБ ее значение равнялось 46,4 % и 46,2 % соответственно.

Кажущаяся и истинная переваримость органического вещества (ОВ) в рубце, как и сухого вещества, была выше у коров на рационах с повышенным уровнем РРБ. Кажущаяся переваримость на втором и четвертом рационах составила 36,4 % и 38,6% против 35,9 % (1-й рацион) и 34,5 % (3-й рацион). Истинная переваримость на четвертом рационе превышала значение этого показателя на третьем рационе (54,9 %против 59,4 %) ( $P<0,05$ ).

Показатель общей переваримости сухого вещества во всем желудочно-кишечном тракте (ОПСВЖКТ) не продемонстрировал существенных различий, которые были бы обусловлены влиянием различий в составе диеты. Так, ОП-СВЖКТ на 1-м рационе– 67,6 %; на 2-м - 68,9 %; на 3-м – 66,1 %; на 4-м – 68,7 %. По переваримости органического вещества (ОПСВЖКТ) выявлена аналогичная тенденция: 1-й рацион – 65,6 %; 2-й – 67,3 %; 3-й – 64,7 %; 4-й – 66,2 %. Таким образом, показатель переваримости сухого и органического вещества в общем пищеварительном тракте недостаточно коррелирует с переваримостью СВ и ОВ в рубце, что не позволяет дать однозначную оценку характеру влияния уровня РРБ рациона на использование питательных веществ в желудочно-кишечном тракте лактирующих коров.

### **3.9 Оценка разработанных рационов в сравнении рационами хозяйства**

В результате опыта на оперированных коровах был выявлен рацион № 2, при создании которого предусматривалась заметная экономия сырого белка. В ходе экспериментального исследования были зафиксированы высокие показатели молочной продуктивности без ущерба для состояния здоровья животных. Финальный этап работы заключался в проверке этого рациона в производственных условиях. Результаты исследования отражены в таблице 21.

Анализ полученных в ходе работы результатов позволяет утверждать, что применение проверяемого рациона оказывает влияние на молочную продуктивность и качественные показатели молока первотелок, аналогичное характеру этого влияния на соответствующие показатели в опыте на оперированных коровах.

В опытной группе в сравнении и показателями контроля установлено повышение показателя среднесуточного удоя на 4,8 %, содержания жира в молоке – на 0,8 %, содержания белка в молоке – на 1,9 %. За 14 дней эксперимента в опытной группе было получено на 72,0 кг молока больше, чем в контроле (превышение составляет 4,9 %).

Таблица 21 – Оценка проверяемого рациона (с 14 по 28 дни лактации)

| Показатель                          | Группа                                     |                                                  |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                     | 1 – контроль                               | 2 – опыт                                         |
| Поголовье коров, гол.               | 16                                         | 16                                               |
| Характеристика питания коров        | Рацион, используемый в хозяйстве (18 % СБ) | Разработанный рацион: (15,7 % СБ; НРБ:РРБ=35:65) |
| Среднесуточный удой на 1 гол., кг   | 36,9±0,92                                  | 38,7±0,85                                        |
| Содержание жира в молоке, %         | 3,69±0,14                                  | 3,72±0,41                                        |
| Содержание белка в молоке, %        | 3,21±0,04                                  | 3,27±0,08                                        |
| Удой на группу за период опыта, кг  | 1476                                       | 1548                                             |
| Затраты СВ корма на 1 кг молока, кг | 0,62                                       | 0,57                                             |
| Затраты кормов, руб. на 1 кг молока | 10,5                                       | 8,8                                              |

Проверяемые рационы позволили снизить затраты корма на единицу продукции: в опытной группе (группа № 2) это снижение в сравнении с использованием рациона хозяйства составило 8,1 %. В денежном выражении применение рациона № 2 позволяет удешевить питание животных на 1,7 руб. на каждый 1 кг молока.

#### 4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Питание коров по разработанным в рамках данной работы программам, предусматривающим использование диет с пониженным либо повышенным содержанием сырого белка, а также двух вариантов соотношения распадаемой и нераспадаемой в рубце его фракций обусловили значимое различие в показателях затрат кормов на единицу продукции (1 кг молока). В денежном выражении эти затраты были ниже на обоих 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.). В целом затраты на корма составили 45,0 % – 45,2 % производственных затрат, а на остальные затраты хозяйства приходилось 54,8 % – 55,0 %.

Себестоимость 1 кг молока коров на программе 1-го рациона составила 19,7 руб., 2-го– 19,5 руб.; 3-го– 20,2 руб.; 4-го– 20,6 руб.

Самая низкая себестоимость и самая высокая чистая прибыль при производстве молока получена после использования 2-го рациона, содержащего 15,7% сырого белка.

Повышение уровня сырого белка в рационах сопровождалось повышением стоимости кормов, и, несмотря на повышение надоя на 3-м рационе, рентабельность производства молока при его применении для питания коров оказалась ниже, чем рентабельность производства молока на 2-м рационе (22 % против 17%). Эти данные свидетельствуют о целесообразности оптимизации уровня белка в рационах коров с целью снижения расхода дорогостоящих белковых кормов.

Важнейшим требованием при использовании рационов с пониженным содержанием сырого белка является корректировка соотношения нераспадаемой и распадаемой в рубце его фракций (НРБ:РРБ), а также достаточное содержание обменных (усвояемых) незаменимых аминокислот. Эти условия, согласно нашим результатам, были соблюдены при использовании 2-го рациона (НРБ:РРБ= 35:65 % СБ).

Таблица 22 – Расчет себестоимости и рентабельности производства молока

| Показатели                                        | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Среднесуточный надой молока, кг                   | 37,4  | 38,7  | 39,4  | 38,7  |
| Общий надой молока за учетный период (40 дн.), кг | 1496  | 1548  | 1576  | 1548  |
| Затраты кормов, руб. на 1 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 общего надоя молока, руб.           | 29471 | 30186 | 31835 | 31889 |
| Цена реализации молока в 2018 г., руб.            | 23,7  | 23,7  | 23,7  | 23,7  |
| Выручка от реализации молока, руб.                | 35455 | 36688 | 37351 | 36687 |
| Прибыль от реализации молока, руб.                | 5984  | 6502  | 5516  | 4798  |
| Рентабельность производства молока, %             | 17    | 22    | 17    | 15    |

Наиболее значительный показатель экономической эффективности производства молока достигнут при использовании для питания коров рациона, содержащего 15,7%СБпри соотношении НРБ:РРБ = 35:65%СБ. Рентабельность производства молока у коров на этом рационе составила 22%, что в среднем на 6%выше по сравнению с показателем рентабельности 15-17%, полученном на рационах с более высоким уровнем сырого белка (17,7%).

Программа питания коров с использованием низкобелковых рационов обеспечивает высокие экономические показатели при условии четкой корректировки соотношения фракций сырого белка с учетом уровня их распадаемости в рубце.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ВЫВОДЫ:

1. Высокая молочная продуктивность 38,7 кг/день первотелок голштинской породы достигается при содержании сырого белка в рационе 15,7 % и соотношении НРБ:РРБ 35:65 %, а также 39,4 кг/день при содержании сырого белка в рационе 17,7 % и соотношении НРБ:РРБ 50:50 %.
2. Содержание жира в молоке коррелирует с уровнем сырого белка в рационах; содержание белка в молоке коррелирует с уровнем фракции РРБ в составе СБ.
3. В рационах с 15,7 % сырого белка оптимальным соотношением НРБ:РРБ является 35:65 %, в рационах с 17,7 % сырого белка это соотношение 50:50 %.
4. Концентрация общих летучих жирных кислот в рубце коров заметно повышается с увеличением в рационах РРБ (102,7 против 113,8 мМ, соответственно 108,2 и 121,5 мМ).
5. Увеличение в рационах доли РРБ сопровождается повышением концентрации аммонийного азота и свободных аминокислот в рубцовой жидкости, при этом особенно заметно увеличивается количество свободного лизина.
6. Переваримость сухого вещества, органического вещества и азота прямо пропорциональна уровню распадаемого в рубце белка.
7. С увеличением уровня РРБ повышалась переваримость НДК и КДК, но это повышение выражено меньше, степень переваримости азотсодержащих соединений.
8. Эффективность использования азота корма у коров на рационах с пониженным содержанием 15,7 % сырого белка выше, чем у коров на рационах с уровнем сырого 17,7%.
9. Выявлена очередность использования микроорганизмами концентратов в рубце лактирующих коров голштинской породы, что может быть применено при составлении кормосмесей.

10. Необходимы дальнейшие исследования по совершенствованию рационов с пониженным содержанием СБ, обеспечивающим высокую эффективность использования белкового азота и молочную продуктивность коров.

11. Наиболее значительный показатель экономической эффективности производства молока достигнут при использовании для питания коров рациона, содержащего 15,7 % СБ при соотношении НРБ:РРБ = 35:65 % СБ. Рентабельность производства молока у коров на этом рационе составила 22 %, что в среднем на 6 % выше по сравнению с показателем рентабельности 15-17 %, полученном на рационах с более высоким уровнем сырого белка (17,7 %).

## **ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ**

При составлении рационов для высокопродуктивных лактирующих коров необходимо учитывать не только содержание СБ в рационе, но и количество и соотношение нераспадаемого (НРБ) и распадаемого (РРБ) в рубце белка.

Рекомендуем балансировать рационы коров с учетом оптимального соотношения НРБ:РРБ – 35:65% СБ при уровне белка 15,7 % как наиболее экономически эффективного.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Балансирование рационов с учетом качественных показателей белка по соотношению фракций НРБ:РРБ и аминокислотам будет способствовать снижению затрат белка на производство молока и повышению молочной продуктивности коров на 10-15 %.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агафонов, В. И. Нормирование энергетических затрат у лактирующих коров / В. И. Агафонов // Актуальные проблемы биологии в животноводстве : материалы IV Международная научная конференция – Боровск, 2006. – С. 17 - 18.
2. Аистова, М. Д. Метаболизм аминокислот в преджелудках коров / М. Д. Аистова // Тр. / ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных. – 1983. – Т. 26. – С. 11-22.
3. Аистова, М. Д. Нормирование аминокислотного питания коров / М. Д. Аистова // Зоотехния. – 1990. – № 7. – С. 39-41.
4. Аистова, М. Д. Сельскохозяйственные животные. Физиологические и биохимические параметры организма: справочное пособие / М. Д. Аистова, К. Т. Еримбетов, А. П. Баранов // – Боровск: ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных, 2002. – 354 с.
5. Алиев, А. А. Достижения физиологии пищеварения сельскохозяйственных животных в XX веке / А. А. Алиев // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 2. – С. 12-23.
6. Аллисон, Д. Биологическая оценка белков / Д. Аллисон // Белки и аминокислоты в питании человека и животных. – М. : Иностранная литература, 1952. – С. 18 -21.
7. Антонов, Б. И. Справочник: Лабораторные исследования в ветеринарии «Биохимические и микологические» / Б. И. Антонов, Т. Ф. Яковлева, В. И. Дерябина // – М. : ВО «Агропромиздат», 1991 г. – 287 с.
8. Баканов, В. Н. Кормление сельскохозяйственных животных / В. Н. Баканов, В. К. Менькин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 506 с.
9. 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.
10. Батанов, С. Д. Состав крови и его связь с молочной продуктивностью / Батанов С. Д., Старостина О. С. // Зоотехния. 2005. – № 10. – С.14 - 17.

11. Белясова, Н.А. Микробиология / Н.А. Белясова. - Минск: Вышэйшая школа, 2012. - 442 с.
12. Бергнер, Х. Научные основы питания сельскохозяйственных животных / Х. Бергнер, Х. А. Кетц ; пер. с англ. – М. : Колос, 1973. – 598 с.
13. 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 Международ. науч. конф. – Боровск, 2006. – С. 18-20.
14. Богданова, О. Ю. Систематика и классификация микроорганизмов: метод. указания к практическим работам по дисциплине «Микробиология» / О.Ю. Богданова. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2000. - 80 с.
15. Боярский, Л. Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л. Г. Боярский. // – Ростов-н Д: Феникс, 2001. – 414 с.
16. Васильев, Н. В. Оценка белковой питательности кормов / Н. В. Васильев // Зоотехния. – 1994. – № 2. – С. 9-11.
17. Викторов, П. И. Повышение протеиновой питательности кормов и белкового питания животных / П. И. Викторов // Зоотехния. – 1999. – № 7. – С. 9-12.
18. Викторов, П. И. Рационы с разной распадаемостью протеина для коров / П.И. Викторов, С. А. Потехин, А. А. Солдатов // Зоотехния. – 1993. – № 10. – С. 9-11.
19. 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.
20. Гельман, Н.С. Мембраны бактерий и дыхательная цепь. / Н. С. Гельман, М. А. Лукьянова // - М., -1972. - С. 246.

21. Гельман, Н. С. Использование питательных веществ жвачными животными / Н. С. Гельман, А. М. Холманов. – Пер. с нем. под ред. А.М. Холманова. – М. : Колос, 1978. – 424 с.
22. Гридин, В. Значение протеина в рационе высокопродуктивных коров / В. Гридин // Молочного и мясного скотоводство. – 1999. – № 5. – С. 5.
23. Грушкина, А. Г. О морфофункциональных особенностях микробиоты рубца жвачных животных и роли целлюлозолитических бактерий в рубцовом пищеварении / А. Г. Грушкин, Н. С. Шевелев // Сельскохозяйственная биология, 2008, № 2. – С. 12-19. Ивчатов А. Л. Микробиология: Монография. / А.Л. Ивчатов. – М.: АСВ, 2013. – 120 с.
24. Губарь, А. В. Руководство к практическим занятиям по курсу нормальной физиологии / А. В. Губарь, Г. И. Косицкий, В. С. Куликова // – М.: – Государственное издательство медицинской литературы, 1963 г. – 301 с.
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. Денисов, Н. И. Кормление высокопродуктивных коров / Н. И. Денисов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 120 с.
27. Дмитроченко, А. П. Кормление молочных коров / А. П. Дмитроченко. – М.: Колос, 1954. – 161 с.
28. Дмитроченко, А. П. Кормление сельскохозяйственных животных / А. П. Дмитроченко, П. Д. Пшеничный. – Л.: Колос, 1975. – 480 с.
29. Ерсков, Э. Р. Протеиновое питание жвачных животных / Э. Р. Ерсков. – М. : Агропромиздат, 1985. – 482 с.
30. Жеребцов, П. И. Обмен и биосинтез белка / П. И. Жеребцов, А. И. Солнцев, В. Ф. Вракин. – М.: Колос, 1968. – 368 с.
31. Зеленина, А. С. Молочная продуктивность и азотистый обмен коров при разном аминокислотном составе обменного протеина в рационе: Автореф. дис. А. С Зеленина канд. биол. наук. / А. С. Зеленина— ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 2011. – 18 с.

32. Зенкевич, Л. А. Жизнь животных. Том 1. Беспозвоночные / Л. А. Зенкевич. – М.: Просвещение, 1968 – 576 с.
33. Ивчатов, А. Л. Микробиология / А.Л. Ивчатов. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. – 120 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312337>
34. Калашников, А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных/ А. П. Калашников, Фисинин В.И.; 3-е издание переработанное и дополненное– М.: 2003. – 456 с.
35. Кальницкий, Б. Д. Протеиновое питание молочных коров / Б. Д. Кальницкий. //– Боровск: ВНИИФБиП, 1998. – 28 с.
36. 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.
37. 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.
38. Кельнер, О. Кормление сельскохозяйственных животных / О. Кельнер. – М. : Сельхозгиз, 1933. – 412 с.
39. Кисленко, В. Н. Ветеринарная микробиология и иммунология. Практикум: Учебное пособие / В. Н. Кисленко. - СПб.: Лань, 2012. - 368 с.
40. Кондрахин, И. П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И. П. Кондрахин, А. В. Архипов, В. И. Левченко – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
41. Корчинский, П. Н. Кормление высокопродуктивных животных / П. Н. Корчинский. – М.: Колос, 1976. – 254 с.
42. Краснощекова, Т. А. Обоснование системы полноценного кормления крупного рогатого скота в условиях Амурской области: автореф. дис. Краснощекова Т. А. д-ра с.-х. наук. / Краснощекова Т. А. - Л.: Пушкин, 1987. – 24 с.

43. Кроткова, А. Н. Обмен веществ у жвачных животных / А. Н. Кроткова, Н. В. Курилов. – М.: Колос, 1966. – 79 с.
44. Крохина, В. А. Комбикорма с разной расщепляемостью протеина в рубце жвачных / В. А. Крохина, В. В. Калинин, А. Илюхина // Зоотехния. – 1988. – № 8. – С. 33–35.
45. Курилов, Н. В. Аминокислоты в желудочно-кишечном тракте коров / Н. В. Курилов, А. А. Пташкин, Н. Д. Поташевский // С.-х. биология. – 1969. – № 1. – С. 77-82.
46. 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.
47. Курилов, Н. В. Изучение пищеварения у жвачных / Н. В. Курилов, Н. А. Севастьянова, В. Н. Коршунов // Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных : сб. науч. тр. — Боровск, 1989. — Т. XXXVI. – С. 63-66.
48. Курилов, Н. В. Изучение пищеварения у жвачных животных: метод. указания / Н. В. Курилов, Н. А. Севастьянова, В. Н. Коршунов. – Боровск, 1987. – 194 с.
49. Курилов, Н. В. Протеиновое питание высокопродуктивных коров / Н. В. Курилов // Вестник с.-х. науки. – 1986. – № 6. – С. 128–133.
50. Курилов, Н. В. Процессы пищеварения и пути совершенствования кормления жвачных животных / Н. В. Курилов // С. х. биология. – 1973. – Т. 7, № 6. – С. 937-944.
51. 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.
52. Курилов, Н. В. Современный подход к нормированию протеинового питания жвачных животных / Н. В. Курилов // Вестн. с.-х. науки. – 1987. – № 11. – С. 124-132.

53. Курилов, Н. В. Физиология и биохимия питания жвачных / Н. В. Курилов, А. П. Кроткова. - М.: Колос, 1971. - 432 с.
54. 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.
55. Лабуда, Я. Кормление высокопродуктивных животных / Я. Лабуда. - М. 1976. – 138 с.
56. Лапотко, А. М. Конкретная проблема молочной отрасли – не доводить до «закисления» корову / А. М. Лапотко, А. Л. Зиновенко // Главный зоотехник. – 2009. – № 4. – С. 33 – 40.
57. 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.
58. Логинов, В. И. Использование энергии рационов для коров с различным уровнем легкопереваримых углеводов / В. И Логинов, С. В. Логинов / Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – №6. - С. 39-42.
59. Лысов, В. Ф. Физиология и этология животных / В. Ф. Лысов, Т. В. Ипполитова, В.И. Максимов, Н.С. Шевелев. – М. : КолосС, 2012. – 605 с.
60. Любич, В. И. Эффективность использования карбамидных концентратов в составе комбикормов при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота: Дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.02 : Оренбург, 2003 – 122 с.
61. Майстер, А. Биохимия аминокислот / А. Майстер. - М. : Иностран. лит., 1961. - 530 с.
62. Максимюк, Н. Н. Физиология кормления животных: учебник для ВУЗов / Н. Н. Максимюк, В. Г. Скопичев. – СПб. : Лань, 2004. – 256 с.
63. Малахов, А. Г. Биохимия сельскохозяйственных животных / А. Г. Малахов, С. И. Вишняков. – М. : Колос, 1984. – 336 с.

64. Михайлов, В. В. 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 // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – № 6. – С. 35-39.
65. Мороз, З. М. Сбалансированное кормление молочных коров / З. М. Мороз. – Л., 1976. – 99 с.
66. Никитин, Ю. И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Ю.И. Никитин. – М.: КолосС, 2006. – 463 с.
67. Олль, Ю. К. Потребность молочных коров в протеине / Ю. К. Олль // Тр. / Эстонской СХА. - 1976. – Т. 106. – С. 29-30.
68. Пивняк, И. Г. Микробиология пищеварения жвачных / И. Г. Пивняк, Б. В. Тараканов. – М.: Колос, 1982. – 247 с.
69. Погосян, Д. Г. Эффективные способы защиты протеина кормов от избыточной распадаемости в рубце жвачных животных / Д. Г. Погосян, И. Г. Рамазанов // Проблемы биологии продуктов. животных. – 2008. – № 1. – С. 37-40.
70. 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.
71. Попов, И. С. Протеиновое питание животных / И. С. Попов, А. П. Дмитроченко, В. М. Крылов. - М.: Колос, 1975. – 368 с.
72. 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.
73. Радчук, Н. А. Ветеринарная микробиология и иммунология/ Н.А.Радчук, Г.В. Дунаев, Н.М. Колычев и др.; Под ред. Н. А. Радчука. –М. : Агропромиздат, 1991. - 383 с.
74. Романенко, Л. В. Полноценность кормления высокопродуктивных коров и методы его контроля / Л. В. Романенко // Зоотехния. -2007. – №3. – С. 10-14.

75. Рядчиков, В. Г. Потребность лактирующих коров в незаменимых аминокислотах / В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Н. С. Филева // Научный журнал КубГАУ, № 148 (04). – 2019 г.
76. Рядчиков, В. Г. Влияние l-тирозина на репродуктивные и продуктивные показатели молочных коров / В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Н. С. Комарова // Естественные науки журнал фундаментальных и прикладных исследований. – 2017 № 4 (61). – Астрахань. С. 172–176.
77. Рядчиков, В. Г. Влияние уровня и распадаемости белка в рубце на обмен азота и молочную продуктивность голштинских коров в ранней лактации / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, Н.С. Комарова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - № 75. - 2018. - С. 154-166.
78. Рядчиков, В. Г. Действие различного уровня белка на обмен азота в рубце голштинских коров-первотелок / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова, Н.С. Комарова // Журнал перерегистрирован Министерством информации. – Республики Беларусь. - С. 56-59.
79. Рядчиков, В. Г. Использование концентратов в рубце высокопродуктивных коров / В. Г. Рядчиков, Н. С. Комарова // Международная научно-практическая конференция «Современное состояние животноводства: проблемы и пути решения». – Саратов. – 2018 г., – 2 с.
80. Рядчиков, В. Г. Концентрация аминокислот в плазме крови у коров в переходный период, трансформация обменного белка, лизина и метионина в их компоненты молока в зависимости от уровня белка в рационе / В.Г. Рядчиков, О.Г. Шляхова // Тр. / КубГАУ. – 2013. – № 5(44). – С. 212-225.
81. Рядчиков, В. Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав / В.Г. Рядчиков. – Краснодар : КГАУ, 2003. – 60 п.л.
82. Рядчиков, В. Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав : (справ.пособ.) / В.Г. Рядчиков, Е.Н. Головкин, И.Г. Бескаравайная; РАСХН ; КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2003. – 732 с.



83. Рядчиков, В. Г. Нормы и рационы для молочного скота, гл. 18, с. 277-297. В кн.: «Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных», изд-во Лань, Санкт-Петербург. – 2015, 632 с.
84. 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.
85. Рядчиков, В. Г. Оптимизация уровня концентратов в рационе коров в переходный период / В. Г. Рядчиков, Д. П. Дубинина, О. Г. Шляхова // Зоотехния. – 2012. – № 1. – С. 10-13.
86. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. - СПб. : Лань, 2015. – 632 с.
87. Рядчиков, В. Г. Питание высокопродуктивных коров: методическое пособие / В. Г. Рядчиков, Н. И. Подворок, С.А. Потехин. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2002. - 82 с.
88. Рядчиков, В. Г. Потребность лактирующих коров в незаменимых аминокислотах / В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Н. С. Филева // Научный журнал КубГАУ.–№ 150 (06). – 2019 г.
89. 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 2004 г. // г. Краснодар; под ред. В. Г. Рядчикова. – Краснодар, 2005. – С. 17–61.
90. Рядчиков, В. Г. Распадаемость кормового белка важный фактор эффективности использования азота и молочной продуктивности лактирующих коров / В. Г. Рядчиков, А. А.Солдатов, Н. С. Филева // Эффективное животноводство. – 2019. – № 3 (151). – С. 42-49.
91. Рядчиков, В. Г. Рацион и здоровье высокопродуктивных коров / В.Г. Рядчиков // Эффективное животноводство. – 2010. - №4. – С. 14 – 17.
92. Рядчиков, В. Г. Рациональное использование белка концепция «идеального» протеина / В. Г. Рядчиков // Научные основы ведения животноводства и

кормопроизводства: сб. науч. тр. / Сев - Кавказ НИИ животноводства – Краснодар, 1999. – С. 192 – 208.

93. Рядчиков, В. Г. Влияние различного уровня белка на обмен азота в рубце голштинских коров-первотелок // В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Н. С. Комарова / Материалы международной научно практической конференции фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных посвящается 100-летию со дня рождения А.П. калашникова. –2018 г. – С. 286-288

94. Рядчиков, В. Г. Модель определения потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах / В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Н. С. Комарова // Инновации в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных, материалы международно научно – практической конференции. – 2017 г. – С. 141-150.

95. Рядчиков, В. Г., Распадаемость кормового белка важный фактор эффективности использования азота и молочной продуктивности лактирующих коров / В.Г. Рядчиков, Е.Л. Харитонов, Н.С. Филева // Научно-практический журнал «Эффективное животноводство». – № 3 (151). – 2019 г. – С. 42-49.

96. 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.

97. Сварич, Д. А. Продуктивность коров при разной распадаемости протеина в рубце / Д. А. Сварич, В. И. Трухачев, Н. З. Злыднев // Проблемы биологии продуктов животных. – 2007. – № 2. – С. 103-113.

98. Семенович, Т. В. Изменение аминокислотного состава молока коров при введении седимина / Т. В. Семенович, А. С. Мижевикина // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 2, № 23. – С. 99-102.

99. Слесарев, И. К. Защита расщепляемости протеина высокобелковых кормов и карбамида / И. К. Слесарев, И. В. Стащенко // Зоотехния. – 1994. – № 7. – С. 14-17.

100. Соловьева, А. Научное обеспечение агропромышленного комплекса / Н.С. Комарова, А. Соловьева // Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых. – 5 февраля 2019 г. – С. 57-58.
101. 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.
102. Солун, А. С. Совершенствование кормления высокопродуктивных коров / А. С. Солун, Н. И. Попов // Животноводство. – 1979. – № 1. – С. 29-32.
103. Сущенков, С. Ф. Аминокислотное питание высокопродуктивных коров / С. Ф. Сущенков // Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1988. – № 4. – С. 11-14.
104. Тараканов, Б. В. Влияние аминокислот на ферментативную активность микрофлоры рубца / Б. В. Тараканов // Зоотехния. – 2003. – № 6. – С. 11-13.
105. Тараканов, Б. В. Роль микрофлоры рубца в обеспечении жвачных животных белком и аминокислотами / Б. В. Тараканов // Белково-аминокислотное питание сельскохозяйственных животных: материалы Всесоюз. совещания / ВНИИФБиП с.-х. животных. – Боровск, 1987. – С.
106. Тараненко, А. Г. Физиологические основы повышения молочной продуктивности / А.Г. Тараненко Россельхозиздат, – 1986. – С. 3-54.
107. Ташенов, К.Т. Активность фауны рубца овец // Тр. Ин-та биол. АН Каз ССР. Алма-Ата. –1956. Т. 3. – С. 7.
108. Ткаченко, Т. Е. Связь биохимических показателей крови с молочной продуктивностью коров / Т. Е. Ткаченко // Зоотехния. – 2003. – № 4 – С. 17–20.
109. Усович, А.Т. Применение математической статистики при обработке экспериментальных данных в ветеринарии: научное издание / А.Т. Усович, П.Т. Лебедев. — Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1970. — 43 с.
110. 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 Междунар. конф. – Боровск, 2001. – С. 10-20.
111. Харитонов, Е. Л. Методические и инструментальные подходы к изучению физиологических и биохимических процессов образования конечных про-

дуктов переваривания питательных веществ кормов // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2008. – №4. – С. 1-27.

112. Харитонов, Е. Л. Методические и инструментальные подходы к изучению физиологических и биохимических процессов образования конечных продуктов переваривания питательных веществ кормов // Журнал Проблемы биологии продуктивных животных. – Боровск. – 2008 – №4 – с. 1-27.

113. 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.

114. 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.

115. Харитонов, Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота / Е. Л. Харитонов. – Боровск: Оптима Пресс, 2011. – 372 с.

116. Шантыз, А. Ю. Основы клинической анатомии домашних животных / А. Ю. Шантыз, Г. С. Шантыз. – Краснодар : 2008. – 21 см. Ч. 1: Соматические системы. – 2008. – 482 с.

117. 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.

118. 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.

119. Шляхова, О. Г. Особенности реабилитационного периода у коров после канюлирования рубца и кишечника / О. Г. Шляхова, А.А. Тантави, Н. С. Комарова // XI Всероссийская конференция молодых ученых, посвященная 95-летию

Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. - 2018. - с. 184-185.

120. Шпильман, И. Д. Совершенствование протеинового и энергетического питания высокопродуктивных коров / И. Д. Шпильман // Сел. хоз-во за рубежом. - 1977. - № 9. - С. 33-37.

121. 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.

122. 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.

123. Arriola Apelo, S. I. Effects of reduced dietary protein and supplemental rumen-protected essential amino acids on the nitrogen efficiency of dairy cows / S. I. Arriola Apelo, A. L. Bell, K. Estes // J. Dairy Sci. - 2014. - Vol. 97. - P. 56-88.

124. 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.

125. Bahrami-yekdangi, H. 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 // J. Dairy Sci. - 2014. - Vol. 97. - P. 3707-3714

126. Bahrami-yekdangi, M. Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood metabolites1. / Bahrami-yekdangi, M., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Khan, M. A., & Ghaffari, M. H.. // Journal of Animal Science, - 2016. -Vol 94(2), - P .718-725.

127. Baker, D. H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry / D. H. Baker // Amino Acids. - 2009. - N 37. - P. 29-41.

128. Barros, T. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization / T. Barros, M. A. Quaas-sdorff, M. J. Aguerre [et al.] // Journal of Dairy Science. - 2017. - Vol. 100. - P. 5434-5448.

129. Batista, E. D. 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.
130. Birds, A. Modeling ruminant digestion and metabolism / A. Birds // Nutr. Abst.Rev. – 1981. – Vol. 51. – P. 789.
131. 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.
132. Brito, A. F. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. / Brito, A. F., and G. A. Broderick.// Journal of Dairy Science. – 2007.
133. 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.
134. 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.
135. 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.
136. 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, 2000. Model Documentation
137. 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

138. CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood : Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. – 648 p.
139. Cyriac, J., A.G. Rius, M.L. McGilliard, R.E. Pearson, B.J. Bequette, and M.D. Hanigan. Lactation performance of midlactation dairy cows fed ruminally degradable protein at concentrations lower than National Research Council recommendations. *Journal of Dairy Science*. – 2008. 91:4704-4713. doi:10.3168/jds.2008-1112
140. Davidson, S. 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.
141. Doepel L. 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.
142. 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>. Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H. Lapierre. 2010
143. Doepel, L. D. 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>. Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, and H. Lapierre. 2010
144. 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.
145. 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.
146. 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.

147. Ferraretto, L. F. Influence of essential amino acid balancing post-partum on lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. / Ferraretto, L. F., C. S. Ballard, C. J. Sniffen, and I. Shinzato. // Journal of Dairy Science. – 99. 2016. (Suppl. 1):718.
148. Giallongo, F. Effects of rumen-protected methionine, lysine, and histidine on lactation performance of dairy cows. Journal of Dairy Science, 2016. 99(6): 4437–4452.
149. Gressley, T. F. Effects of low rumen degradable protein or abomasal fructan infusion on diet digestibility and urinary nitrogen excretion in lactating dairy cows. / Gressley, T. F., and L. E. Armentano. // - 2007. J. Dairy Sci. 90:1340–1353. doi:10.3168/jds.S0022-0302(07)71621-1.
150. 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.
151. Hristov, A.N. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows / Hristov A.N., R. P. Etter, J. K. Ropp, K. L. Grande. // J. Anim. Sci. – 2004. – N 82. – P. 3219–3229.
152. 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.
153. Huhtanen, P. and Hristov AN. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk n efficiency in dairy cows. Journal of DairyScience. – 2009. 92:3222 - 3232.
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. Kalscheur, K. F. Milk production of dairy cows fed differing concentrations of rumen-degraded protein. / Kalscheur, K. F., R. L. Baldwin VI, B. P. Glenn, and R. A. Kohn.// J. Dairy Sci. – 2006. 89:249 – 259. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72089-6.



156. 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.

157. Kaufman, J. D. 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. Ríos1 . // J. Dairy Sci. - 2017. – Vol. 101. – P. 386–395.

158. 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. / Kaufman, J. D., Kassube, K. R., & Ríos, A. G. // Journal of Dairy Science, – 2017. 100(10), 8132 – 8145. doi:10.3168/jds.2017-13026

159. Kaufmann, W. Protein utilization. Feeding strategy for the high yielding dairy cow / W. Kaufmann // Broster ed. - 1979. – Vol. 90. – P. 113.

160. Kuehl, R. O. Design of experiments: statistical principles in research design and analysis / R. O. Kuehl // Duxbury Press, Pacific Grove, CA. 2000.

161. Lactation, response to soybean meal and rumen-protected methionine supplementation of corn silage-based diets / H. Nurnsoy, M. G. Ronquillo, A. P. Faciola, G. A. Broderick // J. Dairy Sci. - 2017. – Vol. 101. – P. 1–12.

162. Lapierre, H. 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.

163. Lee, C. A. Effects of metabolizable protein supply and amino acid supplementation on nitrogen utilization, milk production, and ammonia emissions from manure in dairy cows. / Lee, C. A. N. Hristov, K. S. Heyler, T. W. Cassidy // Journal of Dairy Science. – 2012. 95:5253-5268. [http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2012-5581](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5581)

164. Lee, C. Effects of metabolizable protein supply and amino acid supplementation on nitrogen utilization, milk production, and ammonia emissions from manure in dairy cows. / Lee, C., A. N. Hristov, K. S. Heyler, H. Lapierre. // Journal of Dairy Science. – 2012. 95:5253-5268. [http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2012-5581](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5581)

165. 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.

166. Mutsvangwa, T. Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. / Mutsvangwa, T. Davies, K. L., McKinnon, J. J. // Journal of Dairy Science, - 2016. 99(8), 6298–6310. doi:10.3168/jds.2016-10917

167. NRC - National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Nutrient requirements of domestic animals. - Washington : National Academy Press, 2001. – 547 p.

168. 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.

169. Overton, T. R. Nutritional management of transition cows: Strategies to optimize metabolic health / T. R. Overton, M. R. Waldron // Dairy Science. - 2004;87:E105-E119.

170. 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.

171. 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.

172. Savari, M. 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.

173. Schwab, C. G. Maximizing milk components and metabolizable protein utilization through amino acid formulation / C. G. Schwab, G. N. Foster // Proceeding of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, New York, Oct. 20-22, 2009. - New York, 2009. – P. 236-243.

174. Schwab, C. G. Protected proteins and amino acids for ruminants / C. G. Schwab // *Biotechnology in Animal Feeds*. - 1995. – N 15. - P. 115–141.
175. 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.
176. 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.
177. Tacoma, R. 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 / Tacoma, R. Fields, J., Ebenstein, D. B., Lam, Y.-W., & Greenwood, S. L. // *Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science*, 100(9), 7246–7261. doi:10.3168/jds.2017-12647
178. Tacoma, R. 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.
179. Tamminga, S. Protein evaluation for ruminants: the DVE/OEB system. CVB Documentation report nr / G. G. Brandsma, (et al.) // *Centraal Veevoederbureau*, Lelystad, The Netherlands. – 2007. –Vol 53– P. 35–45.
180. Wang, C. 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.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Удой молока за 10 дней по периодам

| 1 серия | №<br>рациона | 21.10.17 | 22.10.17 | 23.10.17 | 24.10.17 | 25.10.17 | 26.10.17 | 27.10.17 | 28.10.17 | 29.10.17 | 30.10.17 | Сумма за<br>10 дней | В среднем |
|---------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|
| Павлина | 1            | 39       | 39       | 37       | 38       | 36       | 37       | 38       | 37       | 36       | 37       | 374                 | 37,4      |
| Ария    | 2            | 38       | 38       | 38       | 38       | 39       | 39       | 39       | 38       | 39       | 40       | 386                 | 38,6      |
| Висла   | 3            | 39       | 40       | 39       | 39       | 40       | 39       | 40       | 39       | 39       | 39       | 393                 | 39,3      |
| Крошка  | 4            | 38       | 38       | 38       | 38       | 38       | 40       | 39       | 40       | 39       | 39       | 387                 | 38,7      |

| 2 серия | №<br>рациона | 17.11.17 | 18.11.17 | 19.11.17 | 20.11.17 | 21.11.17 | 22.11.17 | 23.11.17 | 24.11.17 | 25.11.17 | 26.11.17 | Сумма за 10<br>дней | В среднем |
|---------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|
| Павлина | 4            | 38       | 38       | 39       | 37       | 38       | 39       | 40       | 39       | 39       | 39       | 386                 | 38,6      |
| Ария    | 1            | 37       | 37       | 38       | 37       | 37       | 38       | 37       | 37       | 38       | 37       | 373                 | 37,3      |
| Висла   | 2            | 38       | 39       | 38       | 38       | 38       | 40       | 38       | 39       | 39       | 37       | 384                 | 38,4      |
| Крошка  | 3            | 39       | 40       | 39       | 40       | 38       | 40       | 39       | 38       | 39       | 40       | 392                 | 39,2      |

| 3 серия | №<br>рациона | 15.12.17 | 16.12.17 | 17.12.17 | 18.12.17 | 19.12.17 | 20.12.17 | 21.12.17 | 22.12.17 | 23.12.17 | 24.12.17 | Сумма за<br>10 дней | В среднем |
|---------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|
| Павлина | 3            | 38       | 39       | 39       | 40       | 40       | 39       | 41       | 41       | 40       | 39       | 396                 | 39,6      |
| Ария    | 4            | 39       | 40       | 38       | 38       | 39       | 39       | 39       | 38       | 38       | 39       | 387                 | 38,7      |
| Висла   | 1            | 38       | 37       | 38       | 37       | 38       | 38       | 37       | 38       | 38       | 37       | 376                 | 37,6      |
| Крошка  | 2            | 39       | 37       | 37       | 38       | 39       | 40       | 39       | 38       | 39       | 40       | 386                 | 38,6      |

| 4 серия | №<br>рациона | 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 | Сумма за<br>10 дней | В среднем |
|---------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|-----------|
| Павлина | 2            | 40       | 39       | 39       | 40       | 39       | 40       | 39       | 39       | 38       | 39       | 392                 | 39,2      |
| Ария    | 3            | 39       | 38       | 39       | 40       | 39       | 40       | 40       | 39       | 40       | 39       | 393                 | 39,3      |
| Висла   | 4            | 38       | 38       | 38       | 39       | 39       | 40       | 39       | 39       | 38       | 40       | 388                 | 38,8      |
| Крошка  | 1            | 37       | 38       | 37       | 38       | 37       | 37       | 37       | 37       | 38       | 37       | 373                 | 37,3      |

## Приложение 2

## Определение переваримости нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), %

| Коровы    | Потребление СВ, кг/д | Содержание НДК в СВ рациона, % | Потреблено НДК, кг/д | Выделено СВ кала, кг/д | Содержание НДК в СВ кала, кг/д | Содержание НДК в СВ кала, % | Переварено НДК, кг/д | Коэффициент переваримости НДК, % |
|-----------|----------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|
|           | 21,11                | 34,4                           | 7,26                 | 8,31                   | 3,16                           | 38,0                        | 4,1                  | 57,4                             |
|           | 20,9                 | 34,4                           | 7,18                 | 6,60                   | 3,28                           | 49,6                        | 3,9                  | 54,9                             |
|           | 20,8                 | 34,4                           | 7,15                 | 6,70                   | 3,25                           | 48,5                        | 3,9                  | 55,7                             |
| В среднем | 20,9                 | 34,4                           | 7,19                 | 7,2                    | 3,23                           | 45,4                        | 3,96                 | 56,0                             |
|           | 23,80                | 34,5                           | 8,21                 | 7,57                   | 3,61                           | 47,6                        | 4,6                  | 57,2                             |
|           | 21,79                | 34,5                           | 7,51                 | 7,50                   | 3,31                           | 44,1                        | 4,2                  | 56,6                             |
|           | 20,70                | 34,5                           | 7,14                 | 7,10                   | 3,04                           | 42,8                        | 4,1                  | 57,2                             |
|           | 21,90                | 34,5                           | 7,55                 | 6,70                   | 3,25                           | 48,5                        | 4,3                  | 57,1                             |
| В среднем | 22,0                 | 34,5                           | 7,60                 | 7,2                    | 3,3                            | 45,8                        | 4,3                  | 57,02                            |
|           | 21,90                | 33,3                           | 7,29                 | 7,60                   | 3,59                           | 47,2                        | 3,7                  | 51,4                             |
|           | 20,86                | 33,3                           | 6,94                 | 7,36                   | 3,14                           | 42,6                        | 3,8                  | 55,3                             |
|           | 23,21                | 33,3                           | 7,72                 | 8,23                   | 3,12                           | 37,9                        | 4,6                  | 59,7                             |
|           | 22,42                | 33,3                           | 7,46                 | 8,44                   | 3,16                           | 37,4                        | 4,3                  | 57,3                             |
| В среднем | 22,1                 | 33,3                           | 7,35                 | 7,9                    | 3,25                           | 41,1                        | 4,1                  | 55,9                             |
|           | 21,3                 | 33,8                           | 7,19                 | 7,13                   | 2,89                           | 40,5                        | 4,3                  | 59,8                             |
|           | 20,5                 | 33,8                           | 6,92                 | 6,36                   | 3,02                           | 47,5                        | 3,9                  | 57,1                             |
|           | 22,5                 | 33,8                           | 7,60                 | 8,09                   | 3,3                            | 40,1                        | 4,3                  | 56,0                             |
|           | 22                   | 33,8                           | 7,43                 | 7,63                   | 3,23                           | 42,3                        | 4,2                  | 56,2                             |
|           | 21,6                 | 33,8                           | 7,28                 | 7,3                    | 3,08                           | 42,2                        | 4,2                  | 57,3                             |

## Определение переваримости органического вещества (ОВ), %

| Коровы    | Потребление СВ, кг/д | Содержание ОВ в корме, % | Потреблено ОВ, кг/д | Содержание ОВ в СВ кале, % | Содержание ОВ в СВ кале, кг/д | Переварено ОВ, кг/д | Коэффициент переваримости ОВ, % |
|-----------|----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 группа  |                      |                          |                     |                            |                               |                     |                                 |
|           | 21,11                | 96,63                    | 20,4                | 79                         | 6,6                           | 13,8                | 67,9                            |
|           | 20,9                 | 96,63                    | 20,2                | 83,5                       | 6,3                           | 13,9                | 69,3                            |
|           | 20,8                 | 96,63                    | 20,1                | 84,2                       | 6,9                           | 13,2                | 65,6                            |
| В среднем | 20,9                 | 96,63                    | 20,2                | 82,2                       | 6,6                           | 13,6                | 67,6                            |
| 2 группа  |                      |                          |                     |                            |                               |                     |                                 |
|           | 23,80                | 92,81                    | 22,1                | 83,1                       | 6,9                           | 15,2                | 68,7                            |
|           | 21,79                | 92,81                    | 20,2                | 82,5                       | 6,6                           | 13,6                | 67,2                            |
|           | 20,70                | 92,81                    | 19,2                | 80,5                       | 5,8                           | 13,4                | 69,8                            |
|           | 21,90                | 92,81                    | 20,3                | 80,5                       | 6,1                           | 14,2                | 69,9                            |
| В среднем | 22,0                 | 92,81                    | 20,5                | 81,7                       | 6,4                           | 14,1                | 68,9                            |
| 3 группа  |                      |                          |                     |                            |                               |                     |                                 |
|           | 21,90                | 93,75                    | 20,5                | 82,9                       | 6,8                           | 13,7                | 67,1                            |
|           | 20,86                | 93,75                    | 19,5                | 82,6                       | 6,7                           | 12,8                | 65,8                            |
|           | 23,21                | 93,75                    | 21,7                | 83,5                       | 7,8                           | 13,9                | 64,5                            |
|           | 22,42                | 93,75                    | 21,0                | 83,5                       | 7,1                           | 13,9                | 66,4                            |
| В среднем | 22,1                 | 93,75                    | 20,7                | 83,1                       | 7,1                           | 13,6                | 66,1                            |
| 4 группа  |                      |                          |                     |                            |                               |                     |                                 |
|           | 21,3                 | 93,47                    | 22,8                | 84,6                       | 7,3                           | 15,5                | 68,13                           |
|           | 20,5                 | 93,47                    | 21,9                | 82,4                       | 7,2                           | 14,7                | 67,15                           |
|           | 22,5                 | 93,47                    | 24,1                | 81,0                       | 7,4                           | 16,7                | 69,4                            |
|           | 22                   | 93,47                    | 23,5                | 80,5                       | 7,1                           | 16,4                | 69,9                            |
| В среднем | 21,6                 | 93,47                    | 23,1                | 82,1                       | 7,3                           | 15,8                | 68,7                            |

## Переваримость азота, %

| Коровы         | Потребление СВ,<br>кг/д | Содержание N,<br>%СВ корма | Потреблено N, г/д | Выделено кала,<br>СВ кг/д | Содержание N в<br>СВ кала, % | Содержание N в<br>кале, г/д | Переварено N, г/д | Коэффициент пе-<br>реваримости N, % |
|----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 группа       |                         |                            |                   |                           |                              |                             |                   |                                     |
|                | 21,11                   | 2,51                       | 530               | 8,30                      | 2,01                         | 167                         | 363               | 68,5                                |
|                | 20,9                    | 2,51                       | 525               | 6,60                      | 2,33                         | 154                         | 371               | 70,6                                |
|                | 20,8                    | 2,51                       | 522               | 6,67                      | 2,39                         | 160                         | 362               | 69,4                                |
| В сред-<br>нем | 20,9                    | 2,51                       | 525               | 7,2                       | 2,24                         | 160                         | 365               | 69,5                                |
| 2 группа       |                         |                            |                   |                           |                              |                             |                   |                                     |
|                | 23,8                    | 2,51                       | 597               | 7,57                      | 2,3                          | 174                         | 423               | 71,0                                |
|                | 21,8                    | 2,51                       | 547               | 7,50                      | 2,0                          | 150                         | 397               | 72,6                                |
|                | 20,7                    | 2,51                       | 522               | 7,10                      | 2,05                         | 146                         | 376               | 72,1                                |
|                | 22,0                    | 2,51                       | 545               | 6,70                      | 2,2                          | 150                         | 395               | 72,5                                |
| В сред-<br>нем | 22,1                    | 2,51                       | 553               | 7,2                       | 2,1                          | 155                         | 398               | 72,1                                |
| 3 группа       |                         |                            |                   |                           |                              |                             |                   |                                     |
|                | 21,9                    | 2,83                       | 620               | 7,6                       | 2,3                          | 175                         | 445               | 71,8                                |
|                | 20,86                   | 2,83                       | 591               | 7,26                      | 2,5                          | 183                         | 408               | 69,0                                |
|                | 23,21                   | 2,83                       | 657               | 8,23                      | 2,3                          | 192                         | 465               | 70,8                                |
|                | 22,42                   | 2,83                       | 635               | 8,44                      | 2,1                          | 180                         | 455               | 71,7                                |
| В сред-<br>нем | 22,1                    | 2,83                       | 626               | 7,8                       | 2,3                          | 183                         | 443               | 70,8                                |
| 4 группа       |                         |                            |                   |                           |                              |                             |                   |                                     |
|                | 21,3                    | 2,83                       | 603               | 7,10                      | 2,3                          | 169                         | 434               | 71,9                                |
|                | 20,5                    | 2,83                       | 580               | 6,10                      | 2,6                          | 158                         | 422               | 72,8                                |
|                | 22,5                    | 2,83                       | 637               | 8,10                      | 2,2                          | 178                         | 459               | 72                                  |
|                | 22,0                    | 2,83                       | 623               | 7,60                      | 2,3                          | 171                         | 452               | 72,6                                |
| В сред-<br>нем | 21,6                    | 2,83                       | 611               | 7,2                       | 2,3                          | 169                         | 442               | 72,3                                |



Переваримость кислотно-детергетной клетчатки (КДК), %

| Коровы         | Потребление СВ,<br>кг/д | Содержание КДК,<br>%СВкорма | Потреблено КДК,<br>кг/д | Выделено кала,<br>кг/д | Содержание КДК<br>в СВ кала, % | Содержание КДК<br>в кале, кг/д | Переварено КДК,<br>кг/д | Коэффициент пе-<br>реваримости N, % |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
|                | 21,11                   | 20,16                       | 4,25                    | 8,30                   | 24,8                           | 2,06                           | 2,19                    | 51,7                                |
|                | 20,9                    | 20,16                       | 4,21                    | 6,60                   | 35,6                           | 2,35                           | 1,86                    | 44,26                               |
|                | 20,8                    | 20,16                       | 4,19                    | 6,67                   | 28,8                           | 1,92                           | 2,27                    | 54,24                               |
| В сред-<br>нем | 20,9                    | 20,16                       | 4,21                    | 7,2                    | 29,2                           | 2,1                            | 2,11                    | 50,1                                |
|                | 23,8                    | 21,88                       | 5,21                    | 7,57                   | 33,4                           | 2,53                           | 2,68                    | 51,61                               |
|                | 21,8                    | 21,88                       | 4,76                    | 7,50                   | 31,2                           | 2,34                           | 2,42                    | 50,95                               |
|                | 20,7                    | 21,88                       | 4,53                    | 7,10                   | 30,9                           | 2,2                            | 2,33                    | 51,62                               |
|                | 22,0                    | 21,88                       | 4,81                    | 6,70                   | 34,9                           | 2,34                           | 2,47                    | 51,55                               |
| В сред-<br>нем | 22,1                    | 21,88                       | 4,83                    | 7,2                    | 32,6                           | 2,35                           | 2,48                    | 51,43                               |
|                | 21,9                    | 20,13                       | 4,40                    | 7,6                    | 31,6                           | 2,4                            | 2,00                    | 45,67                               |
|                | 20,86                   | 20,13                       | 4,19                    | 7,26                   | 28,9                           | 2,1                            | 2,09                    | 50,10                               |
|                | 23,21                   | 20,13                       | 4,67                    | 8,23                   | 25,5                           | 2,1                            | 2,57                    | 55,04                               |
|                | 22,42                   | 20,13                       | 4,51                    | 8,44                   | 25,6                           | 2,16                           | 2,35                    | 52,26                               |
| В сред-<br>нем | 22,1                    | 20,13                       | 4,44                    | 7,8                    | 28,07                          | 2,19                           | 2,25                    | 50,77                               |
|                | 21,3                    | 20,46                       | 4,35                    | 7,10                   | 28,02                          | 1,99                           | 2,36                    | 54,43                               |
|                | 20,5                    | 20,46                       | 4,19                    | 6,10                   | 33,4                           | 2,04                           | 2,15                    | 51,47                               |
|                | 22,5                    | 20,46                       | 4,60                    | 8,10                   | 28,4                           | 2,3                            | 2,30                    | 50,11                               |
|                | 22,0                    | 20,46                       | 4,50                    | 7,60                   | 29,5                           | 2,24                           | 2,26                    | 50,38                               |
| В сред-<br>нем | 21,6                    | 20,46                       | 4,42                    | 7,2                    | 29,7                           | 2,14                           | 2,28                    | 51,60                               |

## Переваримость сухого вещества (СВ), %

| Коровы         | Потребление<br>натур.корма, кг/д | Содержание СВ в<br>корме, % | Потреблено СВ,<br>кг/д | Выделено кала,<br>кг/д | Сод-е СВ в кале,<br>% | Выделено кала<br>СВ, кг/д | Переварено СВ,<br>кг/д | Переваримость<br>СВ, % |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 группа       |                                  |                             |                        |                        |                       |                           |                        |                        |
|                | 46,3                             | 45,60                       | 21,11                  | 39,0                   | 21,3                  | 8,31                      | 12,80                  | 60,64                  |
|                | 45,8                             | 45,60                       | 20,90                  | 33,0                   | 20,0                  | 6,60                      | 14,30                  | 68,42                  |
|                | 45,6                             | 45,60                       | 20,80                  | 25,2                   | 26,6                  | 6,70                      | 14,10                  | 67,6                   |
| В сред-<br>нем | 45,9                             | 45,6                        | 20,9                   | 32,4                   | 22,6                  | 7,2                       | 13,7                   | 65,6                   |
| 2 группа       |                                  |                             |                        |                        |                       |                           |                        |                        |
|                | 52,3                             | 45,50                       | 23,80                  | 43,20                  | 17,52                 | 7,57                      | 16,23                  | 68,19                  |
|                | 47,9                             | 45,50                       | 21,79                  | 31,30                  | 22,36                 | 7,50                      | 14,29                  | 65,59                  |
|                | 45,5                             | 45,50                       | 20,70                  | 27,90                  | 29,48                 | 7,10                      | 13,60                  | 65,70                  |
|                | 48,1                             | 45,50                       | 21,90                  | 36,90                  | 17,48                 | 6,70                      | 15,20                  | 69,41                  |
| В сред-<br>нем | 48,5                             | 45,5                        | 22,0                   | 34,8                   | 21,7                  | 7,2                       | 14,8                   | 67,2                   |
| 3 группа       |                                  |                             |                        |                        |                       |                           |                        |                        |
|                | 46,4                             | 47,20                       | 21,90                  | 31,50                  | 24,12                 | 7,60                      | 14,30                  | 65,10                  |
|                | 44,2                             | 47,20                       | 20,86                  | 31,70                  | 22,88                 | 7,36                      | 13,50                  | 65,00                  |
|                | 49,18                            | 47,20                       | 23,21                  | 34,70                  | 23,72                 | 8,23                      | 14,98                  | 64,55                  |
|                | 47,5                             | 47,20                       | 22,42                  | 43,50                  | 19,40                 | 8,44                      | 13,98                  | 62,36                  |
| В сред-<br>нем | 46,8                             | 47,2                        | 22,1                   | 35,4                   | 22,5                  | 7,9                       | 14,2                   | 64,3                   |
| 4 группа       |                                  |                             |                        |                        |                       |                           |                        |                        |
|                | 47,5                             | 44,84                       | 21,3                   | 33,3                   | 21,3                  | 7,13                      | 14,17                  | 66,52                  |
|                | 45,7                             | 44,84                       | 20,5                   | 34,9                   | 17,48                 | 6,36                      | 14,14                  | 69,0                   |
|                | 50,2                             | 44,84                       | 22,5                   | 41,8                   | 19,4                  | 8,09                      | 14,41                  | 64,06                  |
|                | 49,1                             | 44,84                       | 22                     | 40,1                   | 18,95                 | 7,63                      | 14,37                  | 65,31                  |
| В сред-<br>нем | 48,1                             | 44,8                        | 21,6                   | 37,5                   | 19,3                  | 7,3                       | 14,3                   | 66,1                   |

## Переваримость сырого жира (СЖ), %

| Коровы         | Потребление СВ,<br>кг/д | Содержание СЖ,<br>%СВкорме | Потреблено СЖ, г/д | Выделено кала, кг/д | Содержание СЖ в<br>СВ кала, % | Содержание СЖ в<br>кале, г/д | Переварено СЖ, г/д | Коэффициент пере-<br>варимости 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-<br>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-<br>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-<br>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-<br>нем | 21,6                    | 4,79                       | 1035               | 7,2                 | 1,4                           | 100                          | 935                | 90,32                               |

## 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 |

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

| Коровы    | Потребление СВ,<br>кг/д | Перешло в дуоде-<br>нум, кг/д | КПСВ, кг | ИПСВ, кг | МИДХ. % СВ | МИДХ. г/д | сколько содержится<br>1 кг Микробная 117<br>биомасса азота | Азот в микробной<br>биомассе | Переваримость 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               |