

ISSN 1996-6733

# ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Научно-  
теоретический  
журнал

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК для опубликования материалов кандидатских и докторских диссертаций

Журнал представлен в информационных системах (базах данных): Russian Periodical Catalog, Ulrich's Periodicals Directory, РФ ВИНТИ, eLibrary.ru, РИНЦ, Google Scholar, AGRIS

2020

2

**ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ**

Научно-теоретический журнал

2020 № 2

Выходит 4 раза в год

Учредитель: ФГБНУ Федеральный научный центр животноводства - ВИЖ  
им. ак. Л.К. Эрнста, 142132, Подольск-Дубровицы Московской обл., Российская Федерация

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Г.Г. Черепанов – гл. редактор,

А.И. Абилов, В.В. Алёшин, А.И. Бudevич (Беларусь), Т.Ф. Василенко,  
О.А. Громова, Г.А. Дворянчиков (США), К.Т. Еримбетов, О.В. Костюнина,  
В.М. Кузнецов, В.В. Кузьмина, З.Н. Макар, Н.С. Марзанов, А.И. Михальский,  
Р.В. Некрасов, К.С. Остренко, Ю.А. Столповский, Е.Л. Харитонов,  
Ф. Седен (Турция); А.Б. Шевелев

Целью журнала является развитие интегративного подхода к решению проблем, возникающих на стыке между фундаментальной наукой и прикладными исследованиями в области биологии продуктивных животных. Журнал публикует результаты экспериментальных исследований, научные обзоры и методические статьи в области физиологии, биохимии, разведения, селекции, генетики и биотехнологии животных. Особое внимание уделяется вопросам, связанным с качеством животноводческой продукции и её использованием для улучшения здоровья человека. Рабочие языки – русский и английский. Рефераты статей публикуются на русском и английском.

*Адрес редакции:* 249013, г. Боровск Калужской области, ВНИИФБиП  
Тел: 8(48438)43026 (институт); 8(961)1243110 (редакция); Факс: 8(48438)42088;  
e-mail: 89611243110@mail.ru (редакция); <http://www.bifip.ru/journal>

Problemy biologii productivnykh zhivotnykh

**Problems of Productive Animal Biology**

2020 No. 2

Published 4 issues per year

*Founder:* Ernst Federal Research Centre for Animal Husbandry,  
142132, Podolsk, Moscow oblast, Russian Federation

**EDITORIAL BOARD**G.G. Cherepanov (*Editor-in-Chief*),

A.I. Abilov, V.V. Aleshin, A.I. Budevich (Belarus), G.A. Dvoryanchikov (USA),  
K.T. Erimbetov, O.A. Gromova, E.L. Kharitonov, O.V. Kostyunina, V.V. Kuz'mina,  
V.M. Kuznetsov, Z.N. Makar, N.S. Marzanov, A.I. Mikhalskii, R.V. Nekrasov,  
K.S. Ostrenko, F. Seden (Turkey), A.B. Shevelev, Yu.A. Stolpovskii, T.F. Vasilenko

*Editorial address:* 249013, Borovsk Kaluga oblast, Institute.  
8(961)1243110, Fax: 8(48438)42088;  
e-mail: 89611243110@mail.ru; <http://www.bifip.ru/journal>

ISSN 1996-6733

© Проблемы биологии продуктивных животных,  
2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ, ОБЗОРЫ

<i>Черепанов Г.Г.</i> Новые подходы в изучении жизнеспособности высокоудойных коров: концепции, модели, анализ данных.....	5
--	---

### МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И КЛЕТОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Колоскова Е.М., Езерский В.А.</i> Разработка способа модификации гена бета-лактоглобулина крупного рогатого скота с использованием технологии CRISPR/Cas9 .....	43
--	----

### РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА И ПРОДУКТИВНОСТИ

<i>Федорова А.В., Еримбетов К.Т., Земляной Р.А., Фрог Е.С., Обвинцева О.В.</i> Влияние добавки наноразмерной формы 20-гидроксиэкдизона на развитие и химический состав мышечной ткани у кроликов.....	57
---	----

<i>Остренко К.С., Полякова Л.Л.</i> Снижение предубойного стресса у свиней как фактор повышения качества мясной продукции.....	66
--	----

### ВОСПРОИЗВОДСТВО, РАЗВЕДЕНИЕ И ГЕНЕТИКА

<i>Vasilenko T.F.</i> Factors determining the elevated blood cholesterol level in dairy cows during first months of postpartum.....	75
---	----

### ПИТАНИЕ

<i>Ниязов Н.С.-А.</i> Интенсивность роста и особенности обмена веществ у молодняка свиней при скормливании суспензии хлореллы.....	82
--	----

<i>Лемешевский В.О., Харитонов Е.Л., Остренко К.С.</i> Рубцовое пищеварение у бычков при разном соотношении распадаемого и нераспадаемого протеина в рационе.....	90
---	----

<i>Харитонов Е.Л., Галочкина В.П.</i> Становление рубцового пищеварения у бычков в послемолочный период при скормливании комбикормов-стартеров разного состава.....	99
---	----

<i>Земляной Р.А., Еримбетов К.Т., Федорова А.В., Фрог Е.С., Обвинцева О.В.</i> Влияние клатратного комплекса [3-(2-фенилэтил)-2-тиоксо-1,3 тиазолидин-4-он с $\beta$ -циклодекстрином] на рост и физиолого-биохимический статус кроликов.....	110
---	-----

## CONTENTS

### GENERAL PROBLEMS, REVIEWS

- Cherepanov G.G.* **New approaches in research on the viability of high-yielding cows: concepts, models, and data analysis.....** 5

### MOLECULAR BIOLOGY, CELL TECHNOLOGIES

- Koloskova E.M., Ezerskiy V.A.* **Development of a method for modifying the bovine beta-lactoglobulin gene using CRISPR/Cas9 technology.....** 43

### CONTROL OF METABOLISM AND PRODUCTIVITY

- Fedorova A.V., Yerimbetov K.T., Zemlyanoy R.A., Frog E.S., Obvintseva O.V.* **Effect of additive of nanosized form of 20-hydroxyecdysone on the development and chemical composition of muscular tissue in rabbits.....** 57

- Ostrenko K.S., Polyakova L.L.* **Reducing pre-slaughter stress in pigs as a factor for improving the quality of meat products.....** 66

### REPRODUCTION, BREEDING AND GENETICS

- Vasilenko T.F.* **Factors determining the elevated blood cholesterol level in dairy cows during first months of postpartum.....** 75

### NUTRITION

- Niyazov N.S.-A.* **Growth rate and metabolic characteristics of young pigs when feeding *Chlorella* suspension.....** 82

- Lemeshevsky V.O., Kharitonov E.L., Ostrenko K.S.* **Formation of ruminal digestion in calves at different ratios of degradable and non-degradable protein in the diet.....** 90

- Kharitonov E.L., Galochkina V.P.* **Formation of ruminal digestion in growing and fattening bulls at different levels of non-degradable and metabolizable protein in the diet.....** 99

- Zemlyanoy R.A., Erimbetov K.T., Fedorova A.V., Frog E.S., Obvintseva O.V.* **Effect of the clatrate complex [3- (2 – phenylethyl) -2-thioxo-1,3 thiazolidin-4-oh with  $\beta$ -cyclodextrin] on growth and physiological-biochemical status of rabbits.....** 110

**РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ У БЫЧКОВ ПРИ РАЗНОМ  
СООТНОШЕНИИ РАСПАДАЕМОГО  
И НЕРАСПАДАЕМОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ**

<sup>1,2</sup>Лемешевский В.О., <sup>2</sup>Харитонов Е.Л., <sup>1,2</sup>Остренко К.С.

<sup>1</sup>*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова  
Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь;* <sup>2</sup>*ВНИИ физиологии,  
биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства – ВИЖ  
им. ак. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация;*

При выращивании и откорме бычков молочных пород особую значимость имеют вопросы протеинового питания. Поскольку синтез микробного белка в рубце ограничен, у растущих животных он может обеспечить не более 40-50 % потребности, а остальное количество белка должно поступать с кормом, избегая распада в рубце. Достичь этого можно подбором кормов, протеин которых устойчив к распаду в рубце, а также обработкой корма физическими или химическими способами с целью «защиты» протеина. Цель данной работы – изучение ферментативных процессов в рубце у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6-12 месяцев в зависимости от соотношения в рационе энергии, распадаемого (РП) и нераспадаемого (НРП) протеина. Для проведения физиологического опыта были сформированы 5 групп бычков чёрно-пестрой породы по 4 головы каждая, которым в возрасте 6-12 месяцев в течение 30 дней скармливали основной рацион при разном соотношении РП и НРП. Для составления рационов были отобраны образцы различных видов травяных (сено разнотравное, зеленые корма из однолетних и многолетних трав) и концентрированных кормов (зерно ячменя, пшеницы, тритикале, рапса, люпина), используемых в кормлении молодняка летнего периода содержания. В ходе исследования установлено, что снижение уровня распадаемости сырого протеина до 70-60% в рационах бычков летнего периода способствует меньшему накоплению в рубцовой жидкости аммиака на 5,4-13,1 мг/100 мл ( $P < 0,01$ ), активизации синтеза летучих жирных кислот (ЛЖК) на 5,4-13,1% ( $P < 0,01$ ), снижению численности инфузорий на 7,2-14,7% ( $P < 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой с уровнем распадаемости протеина 80%. При использовании рационов с распадаемостью выше 70% отмечена тенденция уменьшения содержания аммиака, ингибирования роста численности клеток инфузорий, образования ЛЖК, общего и белкового азота.

*Ключевые слова: бычки на откорме, рубцовое пищеварение, распадаемость протеина, аммиак, ЛЖК, численность инфузорий*

*Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 2: 90-98*

### **Введение**

Многочисленные исследования показали, что для организации рационального протеинового питания жвачных необходим достаточный объём знаний о процессах распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце (Kuorppala et al., 2010; Naadland et al., 2017; Terry et al., 2018). Нормирование рационов только по содержанию в кормах сырого и переваримого протеина, без учёта его качества и уровня микробиологического синтеза в преджелудках, может приводить к перерасходу кормового протеина, недополучению и удорожанию продукции, нарушениям обмена веществ (Valkeners et al., 2006; Terry et al., 2018; Кондрахин, 2004; Bonilha et al., 2017). Особую значимость эти вопросы приобретают в кормлении высокопродуктивных животных. Поскольку синтез микробного белка в рубце ограничен, у таких животных он может обеспечить 40-50 % потребности, а остальное количество белка должно поступать с кормом, избегая распада в рубце. Достичь этого можно подбором кормов, протеин которых устойчив к распаду в рубце, а также обработкой корма физическими или химическими способами с целью «защиты» протеина. В целом, оптимизация протеинового питания жвачных животных базируется на создании условий для

эффективного синтеза микробного белка в преджелудках и максимального поступления полноценного протеина в тонкий кишечник (Курилов, 1987).

Наличие симбионтной микрофлоры в преджелудках жвачных оказывает значительное влияние на процессы переваривания протеина корма и на обеспеченность организма необходимым количеством аминокислот (Курилов, 1987; Wanapat et al., 2008; Zhou et al., 2019).

Распадаемость протеина в преджелудках является одним из главных критериев, характеризующих качество кормового протеина и определяющих в целом обмен азота у животных. Под распадом протеина имеется в виду микробный ферментативный гидролиз белковой и небелковой частей сырого протеина корма до образования конечных продуктов – пептидов, аминокислот и аммиака (Курилов, 1987; Peyrat et al., 2016; Sok et al., 2017). Кроме того, аммиак поступает в организм из небелковых источников, содержащихся в кормах, а также из мочевины, поступающей в рубец со слюной и через стенки рубца, которая используется микроорганизмами для роста популяции. Степень использования аммиака для синтеза бактериального протеина (белка) главным образом зависит от количества доступной энергии, выработанной при ферментации углеводов. Слишком низкий уровень аммиака в рубце приводит к нехватке азота для микроорганизмов, что приводит к ослаблению процесса пищеварения. Слишком большое содержание аммиака приводит к его потерям, аммиачному отравлению, и в худших случаях – к смерти животного.

Обычно некоторая часть протеина в рационе, устойчивая к рубцовой деградации, не разложившись в рубце, попадает в тонкий кишечник. Протеин грубых кормов разлагается значительно лучше (60-80 %), чем протеин, содержащийся в концентратах или побочных продуктах пищевой переработки (30-60 %).

Из всего протеина, попадающего в тонкий кишечник, около 80% переваривается, а остальные 20% выводятся из организма (рис. 1). В среднем, на каждый дополнительно усвоенный килограмм сухого вещества, корова теряет из организма дополнительно 33 г протеина (белка), выделенного с фекалиями (Материкин, 1998; Ferreira, et al., 2017).

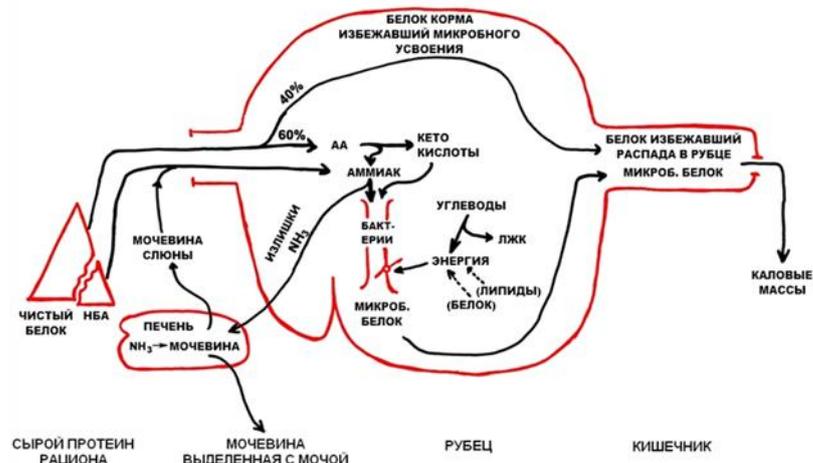


Рис. 1. Использование протеина (азота) в организме жвачных. АА – аминокислоты; микроб. белок – микробальный белок; НБА – небелковый азот.

На современном уровне развития зоотехнической науки невозможно составлять рационы без знания химических свойств основных питательных веществ, процессов их расщепления, скорости и места образования в разных отделах желудочно-кишечного тракта продуктов их гидролиза, а также прогнозирования последующей метаболической судьбы каждого компонента рациона на пути его превращения в животноводческую продукцию. Для молодняка крупного рогатого скота, выращиваемого на мясо, повышение интенсивности роста и получения от него больше мяса и лучшего качества решается, в первую очередь, обеспечением максимально эффективного использования всех питательных веществ для биосинтеза мышечных белков и

разработкой технологических приемов, регулирующих процессы ферментации в рубце (Курилов, 1971). Успешное решение этих вопросов определяется уровнем знаний о процессах пищеварения и обмена веществ в организме животных (Курилов, 1987; Алиев, 1997).

Таким образом, изменяя структуру рациона и соотношение питательных веществ в рационе можно стимулировать или угнетать как общий характер рубцовых процессов, так и уровень утилизации питательных веществ.

Цель работы – изучение ферментативных процессов в рубце у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6-12 месяцев в зависимости от соотношения в рационе энергии, распадаемого и нераспадаемого протеина.

### Материал и методы

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- изучить химический состав кормов и содержание распадаемого (РП) и нераспадаемого протеина (НРП) в травяных и концентрированных кормах;
- разработать состав кормовой добавки и отработать нормы ввода в комбикорма, обеспечивающие различное соотношение РП и НРП в рационе;
- установить влияние уровня распадаемости протеина в рационе молодняка крупного рогатого скота на процессы рубцового пищеварения;
- определить затраты кормов на продукцию, сравнить себестоимость рационов;
- изучить интенсивность ферментации кормов в рубце;
- определить переваримость и усвояемость питательных веществ кормов.

Исследования по изучению количественных показателей использования азотистых веществ в сложном желудке проводили методом *in vivo* у бычков в возрасте 6-12 месяцев с живленными хроническими фистулами рубца.

Были отобраны образцы различных видов травяных (сено разнотравное, зеленые корма из однолетних и многолетних трав) и концентрированных кормов (зерно ячменя, пшеницы, тритикале, рапса, люпина), используемых в кормлении молодняка летнего периода содержания. Отбор проб проводился по ГОСТ 27262-81 (Мальчевская, 1981). Химический анализ кормов проводили в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по схеме общего зоотехнического анализа - первоначальную, гигроскопичную и общую влагу (Петухова, 1989); общего азота, сырой клетчатки, сырого жира, сырой золы (Овсянников, 1976; Курилов, 1987, 1989); кальций, фосфор (Peyrat, et al., 2016); каротин (Курилов, 1971); сухое и органическое вещество, БЭВ (Бондарь, 2000).

Физиологический опыт проведен на бычках чёрно-пестрой породы в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в соответствии с методикой А.И. Овсянникова (1976).

Для проведения исследования были сформированы по принципу пар-аналогов 5 групп бычков чёрно-пестрой породы по 4 голов каждая, которым в период откорма в возрасте 6-12 месяцев в течение 30 дней скармливали основной рацион при разном соотношении РП и НРП (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группы	Соотношение РП к НРП в ОР
I (контроль)	80:20
II	75:25
III	70:30
IV	65:35
V	60:40

Основной рацион (ОР) по набору кормов молодняка подопытных групп был одинаковым. Животные контрольной группы получали рацион по нормам ВАСХНИЛ (Huber, et al., 1981; Гибадуллина, 2005) с распадаемостью сырого протеина 80%, их аналоги II, III, IV и V групп – рационы с уровнем распадаемости протеина 75, 70, 65 и 60% соответственно.

Комбикорма, используемые в кормлении подопытного скота, приготавливались на основе зерновой смеси, состоящей из ячменя и пшеницы, а также белковой витаминно-минеральной добавки (БВМД). В состав БВМД входили семена рапса и люпина, подвергнутые экструзии, а также витаминно-минеральные компоненты.

Для оценки показателей распада протеина применяли метод *in sacco*.

Для изучения интенсивности процессов рубцового пищеварения бычков проведен физиологический опыт продолжительностью 30 дней. Для исследований отбирался молодняк 6-12-месячного возраста. Пробы содержимого рубца брали через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней четыре раза в месяц. В рубцовой жидкости, отфильтрованной через 4 слоя марли, определяли:

- концентрацию ионов водорода (рН) – электропотенциометром марки рН-340;
- общий и небелковый азот – методом Кьельдаля (2004), белковый – по разнице между общим и небелковым азотом;
- общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама;
- аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея;
- количество инфузорий – путем подсчета в камере Горяева.

### Результаты и обсуждение

Для проведения исследований химического состава травяных и концентрированных кормов, использованных в кормлении подопытного молодняка 6-12 месячного возраста, были отобраны различные виды зерна бобовых, злаков и других кормов.

Сравнительно низкой распадаемостью сырого протеина среди зерна бобовых и злаков характеризовались рапс и люпин экструдированные – 57 и 67%. Протеин зерна злаковых культур и рапсового шрота распадался на 78-86%, протеин сена разнотравного с содержанием 30 % сырой клетчатки и 9,9 % сырого протеина в сухом веществе – на 47 %. Наименьшая степень денатурации сырого протеина среди кормов установлена в злаковом сене – 18 %.

Для составления рационов в соответствии с заданным соотношением РП и НРП было разработано 2 рецепта комбикорма КР-3. В своей основе комбикорм на 75% состоит из зерновой смеси и 25 % БВМД. Зерносмесь, используемая в комбикорме КР-3, на 70 % представлена зерном ячменя и на 30 % – пшеницы. Обработка компонентов зерновой смеси № 2 экструдированием позволила изменить фракционный состав протеина, а также некоторые параметры питательности смеси.

В 1 кг нативной зерновой смеси (№ 1) натуральной влажности содержалось 1,16 к. ед., 11,24 МДж обменной энергии, 104 г сырого и 77 г переваримого протеина. Распадаемость протеина находилась на уровне 85%. Концентрация обменной энергии в сухом веществе зерновой смеси составила 13,22 МДж/кг. Доля сырого протеина в сухом веществе смеси находилась на уровне 12,2%, переваримого – 9,1 %.

Распадаемость протеина зерновой смеси, подвергнутой экструзии (№ 2) была снижена до 54%, при этом степень защиты кормового белка составила 36,6 %. Энергетическая ценность экструдированного компонента возросла на 4,45%, содержание сухого вещества – на 4,35%. Концентрация обменной энергии в сухом веществе смеси составила 13,24 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе приходилось 11,8 %. Помимо зерновой части, в состав комбикорма был включен белково-витаминно-минеральный компонент (БВМД) в количестве 25% по массе.

Поскольку добиться повышенного и пониженного уровня распадаемости протеина крайне сложно, для комбикормов разработано две белково-витаминно-минеральные добавки (табл. 2). В качестве белковой составляющей в БВМД включены семена рапса и зерно люпина, подвергнутые экструзии. На долю рапса приходилось 70-50%, соответственно, и 14-34% – на долю люпина. Содержание РП в разработанных БВМД составило 64-66%.

В состав комбикорма II, III, IV частично, а в V полностью вводили зерносмесь, подвергнутую экструдированию. Концентрация обменной энергии в сухом веществе комбикорма № I, IV и V составила 13,43, 13,44 и 13,45 МДж/кг, соответственно. В комбикорме № II и III – 13,84-13,85 МДж/кг.

Таблица 2. Состав (%) и питательность БВМД

Компоненты	№ добавки	
	I	II
Рапс экструдированный (зерно)	14	34
Люпин экструдированный (зерно)	70	50
ВМД	16	16
В 1 кг добавки содержится:		
кормовых единиц	0,97	1,10
обменной энергии, МДж	10,12	11,45
сухого вещества, г	713	713
сырого протеина, г	295	260
распадаемого протеина, г	195	167
нераспадаемого протеина, г	100	93
переваримого протеина, г	252	219
сырого жира, г	97	177
сырой клетчатки, г	72	64
крахмала, г	128	94
сахара, г	42	32
кальция, г	29,2	29,2
фосфора, г	12	12,3
Распадаемость протеина, %	66	64

Комбикорм КР-3 в зависимости от состава отличался соотношением РП и НРП. Так, наиболее высокой распадаемостью характеризовался протеин комбикорма I и II – 76 и 72 %, соответственно, где концентратная часть представлена в основном нативной зерновой смесью.

За счет преимущественного использования в составе комбикорма экструдированной зерновой смеси, в рецептах III-V соотношение фракционного состава протеина находилось на уровне 63-60 – 37-40.

Для изучения влияния различной распадаемости протеина в рубце животных в летний период на процессы рубцового пищеварения были составлены рационы на основе разработанных комбикормов с соотношением РП и НРП 80-60 – 20-40 (табл. 3).

Таблица 3. Рационы по фактически потребленным кормам, кг/гол./сут.

Корма	Группы				
	I	II	III	IV	V
Трава злаково-бобовая	17,0	17,0	17,0	15,5	13,0
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Комбикорм	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
В рационе содержится:					
кормовых единиц	7,35	7,37	7,35	7,35	7,29
обменной энергии, МДж	83,24	83,50	83,14	83,06	82,65
сухого вещества, кг	7,6	7,5	7,5	7,6	7,8
сырого протеина, г	1106	1066	1052	1062	1070
распадаемого протеина, г	851	805	738	689	642
нераспадаемого протеина, г	255	261	315	373	428
переваримого протеина, г	765	735	730	730	724
кальция, г	63,0	62,3	61,4	61,1	60,4
фосфора, г	29,5	29,2	28,4	31,1	33,4
Распадаемость протеина, %	77	75	70	65	60

Травяные корма в рационе представлены злаково-бобовой смесью на 47%. На долю сена от общей питательности рациона приходилось по 3,3 % в I (контрольной), II и III группах с увеличением до 6,4 и 12,9% – в IV и V группах, соответственно.

Анализ основных показателей микробной ферментации углеводов и протеина в рубце указывает на специфическое влияние протеина разного качества на эти процессы (табл. 4).

Таблица 4. Основные показатели рубцовой жидкости, М±m

Группы	pH	ЛЖК, ммоль/100 мл	Аммиак, мг/100 мл	Инфузории, тыс./мл
I	6,69±0,13	10,91±0,15	22,86±0,53	814,94±23,28
II	6,63±0,12	11,04±0,19	21,04±0,40	784,71±12,04
III	6,58±0,21	11,14±0,12	17,49±0,52**	756,31±12,10
IV	6,44±0,10	12,26±0,12**	13,31±1,45**	723,94±14,65*
V	6,37±0,16	12,37±0,16**	9,79±2,27*	695,09±24,70*

Примечание: \*P<0,05; \*\*P<0,01 по *t*-критерию при сравнении с контролем

Показатель pH рубцового содержимого животных опытных групп показывал тенденцию к закислению относительно контроля. Так, скармливание рационов с распадаемостью протеина ниже 80%, но выше 60% способствовало смещению pH рубцовой жидкости в кислую сторону на 0,1-0,3 ед., достигнув значения 6,37 ед.

Снижение распадаемости протеина рациона до 70-65% при повышенной интенсивности образования ЛЖК способствовало уменьшению концентрации аммиака на 5,37-9,55 мг/100 мл (P<0,01) по отношению к контрольной группе, что говорит о лучшем использовании его микроорганизмами для синтеза своего белка.

Наиболее низкое содержание аммиака установлено в V группе, получавшей рационы с распадаемостью протеина 60%, – 9,79 мг/100 мл, или ниже контроля на 13,07 мг/100 мл (P<0,05).

Распадаемость протеина рационов на уровне 80 и 75% не оказывала существенного влияния на численность инфузорий, которая находилась в пределах 814,9-784,7 тыс./мл. В IV и V группах отмечено ингибирование развития инфузорий, выразившееся в снижении их количества на 11,17-14,7 % (P<0,05) относительно контроля.

Установлено, что снижение распадаемости сырого протеина способствует уменьшению концентрации азотистых веществ в рубце. Так, в III, IV и V группах отмечено уменьшение уровня общего азота на 70,5-122,4 мг/100 мл в сравнении с контролем (P<0,05). Доля белкового азота в общей сумме азотистых веществ среди подопытных групп находилась на уровне 78-81%.

Анализ экономических показателей является заключительным и одним из важных этапов исследований, позволяющим предварительно оценить практическую значимость полученных результатов (табл. 5).

Таблица 5. Эффективность использования кормов

Показатели	Группы				
	I	II	III	IV	V
Затраты кормов на прирост, к. ед.	6,80	6,74	6,56	6,73	6,76
± к контрольной группе, %	-	-0,90	-3,46	-1,00	-0,51
Затрачено на 1 кг прироста:					
обменной энергии, МДж	77,03	76,30	74,27	76,04	76,72
± к контрольной группе, %	-	-0,95	-3,59	-1,29	-0,41
Себестоимость рациона, руб.	3350	3296	3227	3422	3264
± к контрольной группе, %	-	-1,61	-3,67	2,15	-2,56

Применение в кормлении бычков в летний период рационов с пониженным уровнем распадаемости сырого протеина способствовало повышению эффективности продуктивного действия корма. Эффект от использования корма на продукцию составил 3,5 % у животных III группы, которые использовали его лучше, чем контрольный молодняк. Затраты кормов во II, IV и V группах были ниже контрольного значения незначительно.

Затраты обменной энергии и сырого протеина на прирост живой массы у телят II, IV и V опытных групп были ниже, чем в контрольной на 0,4-1,3 и 3,0-5,0%, соответственно. Применение

рациона с распадаемостью протеина на уровне 70% способствовало более эффективному использованию обменной энергии и сырого протеина кормов на прирост живой массы, а разница с контролем составила 3,6 и 8,1 %.

По себестоимости рационов опытные группы уступали контрольной на 1,6-3,7%. Наиболее низкая себестоимость рациона установлена в III– 3227,2 руб., что ниже контрольного значения на 3,7 %.

### Заключение

Снижение распадаемости сырого протеина до уровня 70-60 % в рационах бычков летнего периода способствует меньшему накоплению в рубцовой жидкости аммиака, активизации синтеза ЛЖК, снижению численности инфузорий при доле белкового азота в общем 80% ( $P < 0,05$ ). При использовании рационов с распадаемостью протеина выше 70 % отмечается тенденция к уменьшению содержания аммиака, роста численности инфузорий, образования ЛЖК, общего и белкового азота.

Экономически оправданными и целесообразными являются рационы с распадаемостью протеина 70%, так как при этом снижаются затраты кормов на 3,5-7,0%, обменной энергии – на 3,6-7,3%, протеина – на 8,2-11,5% и себестоимость рациона – на 1,6-3,7%. Использование рационов с иными изучаемыми вариантами распадаемости сырого протеина показывали менее выраженный экономический эффект.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных. – М.: НИЦ Инженер, 1997. – 420 с.
2. Бондарь Ю.В. Влияние рациона с разным качеством протеина на процессы рубцового пищеварения и эффективность использования питательных веществ бычками – кастратами при интенсивном выращивании: автореф. дисс. ... к.б.н. – Оренбург, 2000. – 22 с.
3. Гибадуллина Ф. С. Резервы повышения протеиновой питательности кормов и рационов для крупного рогатого скота на современном этапе: автореф. дисс. ... д. с.-х.н. – Ульяновск, 2005. – 46 с.
4. Кондрахин И.П. (Ред.). Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики – М.: Колос, 2004. – 520 с.
5. Курилов Н.В. Нормирование протеинового питания жвачных // В сб.: Новое в кормлении высокопродуктивных животных. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 17-22.
6. Курилов Н.В. Изучение пищеварения у жвачных. – Боровск: ВНИИФБиП, 1987. – 104 с.
7. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. – М.: Колос, 1971. – 431 с.
8. Мальчевская Е.Н., Миленская Г.С. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.
9. Материкин А.М., Харитонов Е.Л. Определение растворимости, распадаемости и переваримости протеина кормов // В сб.: Методы исследований питания сельскохозяйственных животных. – Боровск: ВНИИФБиП, 1998. – С. 132-140.
10. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. – М.: Колос, 1976. – 302 с.
11. Петухова Е.А., Бессабарова Р.Ф., Холенева Л.Д. Зоотехнический анализ кормов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
12. Bonilha S.F.M., Branco R.H., Mercadante M.E.Z., Dos Santos Gonçalves C.J.N., Monteiro F.M., Ribeiro E.G. Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nellore bulls // Trop. Anim. Health Prod. – 2017. – Vol. 49. – No. 3. – P. 529-535. DOI: 10.1007/s11250-017-1224-9.
13. Ferreira L.M.M., Hervás G., Belenguer A., Comparison of feed intake, digestion and rumen function among domestic ruminant species grazing in upland vegetation communities // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berlin). – 2017. – Vol. 101. – No. 5. – P. 846-856. DOI: 10.1111/jpn.12474.
14. Huber J.T. Michigan trials new light on non-protein nitrogen use // Hourds Dairyman. – 1981. – Vol. 127. – No. 1. – P. 23-24.
15. Kuoppala K., Rinne M., Ahvenjärvi S., Nousiainen J., Huhtanen P. The effect of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrient supply in dairy cows // J. Dairy Sci. – 2010. – Vol. 93. – No. 7. – P. 3253-3263. DOI: 10.3168/jds.2009-3013
16. Naadland S.S., Steinshamn H., Krizsan S.J., Randby Å.T. Effect of organic grass-clover silage on fiber digestion in dairy cows // Animal. – 2017. – Vol. 11. – No. 6. – P. 1000-1007. DOI: 10.1017/S1751731116002421.
17. Peyrat J., Baumont R., Le Morvan A., Nozière P. Effect of maturity and hybrid on ruminal and intestinal

- digestion of corn silage in dry cows // *J. Dairy Sci.* – 2016. – Vol. 99. – No. 1. – P. 258-268. DOI: 10.3168/jds.2015-9466
18. Satter L.D., Roffler R.E. // *Protein Metabolism and Nutrition.* – 1977. – Vol. 14. – No. 2. – P. 133-136,
  19. Sok M., Ouellet D.R., Firkins J.L., Pellerin D., Lapierre H. Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle // *J. Dairy Sci.* – 2017. – Vol. 100. – No. 7. – P. 5241-5249. DOI:10.3168/jds.2016-12447.
  20. Terry S.A., Ribeiro G.O., Gruninger R.J. Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers // *J. Anim. Sci.* – 2018. – Vol. 96. – No. 9. – P. 3863-3877. DOI:10.1093/jas/sky265.
  21. Valkeners D., Théwis A., Amant S., Beckers Y. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-musled Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – No. 4. – P. 877-885. DOI:10.2527/2006.844877x.
  22. Wanapat M., Cherdthong A., Pakdee P., Wanapat S. Manipulation of rumen ecology by dietary lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.) powder supplementation // *J. Anim. Sci.* – 2008. – Vol. 86. – No. 12. – P. 3497-3503. DOI: 10.2527/jas.2008-0885.
  23. Zhou K., Bao Y., Zhao G. Effects of dietary crude protein and tannic acid on rumen fermentation, rumen microbiota and nutrient digestion in beef cattle // *Arch. Anim. Nutr.* – 2019. – Vol. 73. – No. 1. – P. 30-43. DOI:10.1080/1745039X.2018.1545502.

#### REFERENCES

1. Aliev A.A. *Obmen veshchestv u zhvachnykh zivotnykh* (Metabolism in ruminants). Moscow: NITs Inzhener Publ., 1997, 420 p.
2. Bondar' Yu.V. *Vliyanie ratsiona s raznym kachestvom proteina na protsessy rubtsovogo pishchevareniya i effektivnost' ispol'zovaniya pitatel'nykh veshchestv bychkami – kastratami pri intensivnom vyrashchivanii* (The influence of a diet with different quality of protein on the processes of cicatricial digestion and the efficiency of nutrient use by gobies - castrates during intensive cultivation). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Orenburg, 2000, 22 p.
3. Bonilha S.F.M., Branco R.H., Mercadante M.E.Z., Dos Santos Gonçalves Cyrillo J.N., Monteiro F.M., Ribeiro E.G. Digestion and metabolism of low and high residual feed intake Nellore bulls. *Trop. Anim. Health Prod.* 2017, 49(3): 529-535. DOI: 10.1007/s11250-017-1224-9.
4. Ferreira L.M.M., Hervás G., Belenguer A., Comparison of feed intake, digestion and rumen function among domestic ruminant species grazing in upland vegetation communities. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berlin)*. 2017, 101(5): 846-856. DOI: 10.1111/jpn.12474.
5. Gibadullina F. S. *Rezervy povysheniya proteinovoi pitatel'nosti kormov i ratsionov dlya krupnogo rogatogo skota na sovremennom etape* (The reserves of increasing the protein nutritional value of feed and diets for cattle at the present stage). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Agr., Ul'yanovsk, 2005, 46 p.
6. Huber J.T. Michigan trials new light on non-protein nitrogen use. *Hourds Dairyman*. 1981, 127(1): 23-24.
7. Kondrakhin I.P. (Ed.). *Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki* (Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics). Moscow: Kolos Publ., 2004, 520 p.
8. Kuoppala K., Rinne M., Ahvenjärvi S., Nousiainen J., Huhtanen P. The effect of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrient supply in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2010, 93(7): 3253-3263. DOI: 10.3168/jds.2009-3013
9. Kurilov N.V. *Izuchenie pishchevareniya u zhvachnykh* (Digestion study in ruminants) – Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1987, 104 p.
10. Kurilov N.V., Krotkova A.P. *Fiziologiya i biokhimiya pishchevareniya zhvachnykh* (Physiology and biochemistry of digestion of ruminants). Moscow: Kolos Publ., 1971, 431 p.
11. Kurilov N.V. [Rationing of protein nutrition of ruminants]. In: *Novoe v kormlenii vysokoproduktivnykh zivotnykh* (News in the feeding of highly productive animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 1989. P. 17-22.
12. Mal'chevskaya E.N., Milen'kaya G.S. *Otsenka kachestva i zootekhnicheskii analiz kormov* (Quality assessment and zootechnical analysis of feed.. Minsk: Uradzhai Publ., 1981, 143 p.
13. Materikin A.M., Kharitonov E.L. [Determination of solubility, disintegration and digestibility of feed protein]. In: *Metody issledovaniya pitaniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Research Methods for Farm Animal Nutrition). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1998, P. 132-140.
14. Naadland S.S., Steinshamn H., Krizsan S.J., Randby Å.T. Effect of organic grass-clover silage on fiber digestion in dairy cows. *Animal*. 2017, 11(6): 1000-1007. DOI: 10.1017/S1751731116002421.
15. Ovsyannikov A.I. *Osnovy opytnogo dela v zhitovnovodstve* (Fundamentals of experimental work in animal husbandry). Moscow: Kolos Publ., 1976, 302 p.
16. Petukhova E.A., Bessabarova R.F., Kholeneva L.D. *Zootekhnicheskii analiz kormov* (Zootechnical analysis of feed). Moscow: Agropromizdat Publ., 1989, 239 p.

17. Peyrat J., Baumont R., Le Morvan A., Nozière P. Effect of maturity and hybrid on ruminal and intestinal digestion of corn silage in dry cows. *J. Dairy Sci.* 2016, 99(1): 258-268. DOI: 10.3168/jds.2015-9466
18. Satter, L. D., Roffler R. E. *Protein Metabolism and Nutrition*. 1977, 14(2): 133-136.
19. Sok M., Ouellet D.R., Firkins J.L., Pellerin D., Lapierre H. Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle. *J. Dairy Sci.* 2017, 100(7): 5241-5249. DOI: 10.3168/jds.2016-12447.
20. Terry S.A., Ribeiro G.O., Gruninger R.J. Effect of humic substances on rumen fermentation, nutrient digestibility, methane emissions, and rumen microbiota in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 2018, 96(9): 3863-3877. DOI: 10.1093/jas/sky265.
21. Valkeners D., Théwis A., Amant S., Beckers Y. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet. *J. Anim. Sci.* 2006, 84(4): 877-885. DOI: 10.2527/2006.844877x.
22. Wanapat M., Cherdthong A., Pakdee P., Wanapat S. Manipulation of rumen ecology by dietary lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.) powder supplementation. *J. Anim. Sci.* 2008, 86(12): 3497-3503. DOI: 10.2527/jas.2008-0885.
23. Zhou K., Bao Y., Zhao G. Effects of dietary crude protein and tannic acid on rumen fermentation, rumen microbiota and nutrient digestion in beef cattle. *Arch. Anim. Nutr.* 2019, 73(1): 30-43. DOI: 10.1080/1745039X.2018.1545502.

### **Ruminal digestion in steers at different ratios of degradable and non-degradable protein in the diet**

<sup>1,2</sup>Lemeshevsky V.O., <sup>1</sup>Kharitonov E.L., <sup>1,2</sup>Ostrenko K.S.,

<sup>1</sup>*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus.*

<sup>2</sup>*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition – Branch of Ernst Federal Science Center of Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

**ABSTRACT.** When growing and fattening dairy bulls, issues of protein nutrition are of particular importance. Since the synthesis of microbial protein in the rumen is limited, in growing animals it can provide no more than 40-50% of the need, and the rest of the protein should be supplied with food, avoiding decay in the rumen. This can be achieved by selecting feeds whose protein is resistant to degradation in the rumen, as well as treating the feed with physical or chemical methods to “protect” the protein. The aim of this work is to study digestive processes in the rumen of bulls aged 6-12 months, depending on the ratio in the diet of degradable (DP) and non-degradable protein (NDP). To conduct a physiological experiment, 5 groups of Black-and-White calves were formed, 4 animals each, which at the age of 6-12 months were fed the main diet for 30 days with different ratios of DP and UDP. For preparation of diets, samples of various types of grasses (grass hay, green feed from annual and perennial grasses) and concentrated feeds (grain of barley, wheat, triticale, rape, lupine) used in the feeding of young animals in the summer period were selected. In the course of the study, it was found that a decrease in the level of breakdown of crude protein to 70-60% in the diets of bulls in the summer contributes to a lesser accumulation of ammonia in the rumen fluid by 5.4-13.1 mg/100 ml (P<0.01), activation of the synthesis of volatile fatty acids (VFA) by 5.4–13.1% (P<0.01), a decrease in the number of ciliates by 7.2-14.7% (P<0.05) in comparison with the control group with a DP of 80%. When using diets with DP of more than 70%, there was a tendency to a decrease in the content of ammonia, inhibition of the growth in the number of ciliates, the formation of VFA, total and protein nitrogen.

*Keywords: fattening bulls, protein degradability, ruminal digestion, ammonia, VFA, number of ciliates*

**Проблеми біології продуктивних тварин - Problems of Productive Animal Biology. 2020, 2: 90-98**

*Поступило в редакцію: 21.05.2020*

*Получено после доработки: 02.06.2020*

**Лемешевский Виктор Олегович**, к.с-х, доц., тел. +(37529)938-17-70. E-mail: Lemeshonak@yahoo.com

**Харитонов Евгений Леонидович**, д.б.н., дир., тел.

**Остренко Константин Сергеевич**, д.б.н., зав. лаб.. +79109166658, Ostrenkoks@gmail.com.

**Журнал «ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ»**

2020 № 2

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

Главный редактор Г.Г. Черепанов

Дата выхода в свет: 30.06.2020

Индекс для подписки: 82160

Тираж 100 экз.

Цена свободная

Адрес редакции и издателя: 249013, Калужская область, г. Боровск, п. Институт (ВНИИФБиП)

Отпечатано с готового оригинала-макета в типографии «Оптима Пресс», 249038, г. Обнинск, Гурьянова, 21

Средство массовой информации, печатное издание, журнал, включено в реестр СМИ, зарегистрированных Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР), рег. номер ПИ № ФС77-75487 от 05.04.2019 г.