

Н.В. Василевский¹,
А.С. Березин¹, ✉
Е.А. Лысова¹,
А.С. Ушаков¹,
И.В. Сметанина¹,
А.В. Демьянов²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, Боровск, Калужская обл., Россия

² Белгородский государственный аграрный университет, пос. Майский, Белгородская обл., Россия

✉ evgenijkharito@yandex.ru

Поступила в редакцию:
13.02.2023

Одобрена после рецензирования:
28.02.2023

Принята к публикации:
15.03.2023

Nikolay V. Vasilevsky¹,
Aleksandr S. Berezin¹, ✉
Elena A. Lysova¹,
Aleksandr S. Ushakov¹,
Irina G. Smetanina¹,
Aleksandr V. Demyanov²

¹ All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Borovsk, Russia

² Belgorod State Agrarian University, Belgorod, Russia

✉ evgenijkharito@yandex.ru

Received by the editorial office:
13.02.2023

Accepted in revised:
28.02.2023

Accepted for publication:
15.03.2023

Выращивание бычков на мясо при использовании в их рационах низкораспадаемых кормовых средств

РЕЗЮМЕ

Актуальность. При высокой интенсивности роста животных в период выращивания и начальный период откорма, когда идет преимущественное накопление мышечной массы, микробный белок и низкое количество нераспадаемого протеина не в состоянии удовлетворить потребности растущего организма в аминокислотах. Для получения высоких привесов необходимо увеличивать количество обменных аминокислот за счет поступления нераспавшегося, хорошо переваримого протеина в кишечник.

Методы Проведено два периода опыта на трех группах бычков ($n = 3$) в период выращивания: 1-я группа (распадаемость СП — 65%), 2-я группа (распадаемость СП — 60%), 3-я группа (распадаемость СП — 55%) и откорма: 1-я группа (распадаемость СП — 69%), 2-я группа (распадаемость СП — 64%), 3-я группа (распадаемость СП — 62%) — при разном уровне распадаемого протеина в рационах. Уровень распадаемого протеина изменяли за счет применения обработанного и необработанного подсолнечного шрота и контролировали путем инкубационных методов *in sacco*, а также проведением балансовых опытов, контроля микробно-ферментативных процессов в рубце и показателях крови.

Результаты. Установлено, что снижение распадаемости сырого протеина за счет замены части натурального подсолнечного шрота на обработанный обеспечивает достоверное снижение содержания аммиака в рубцовой жидкости с 9,73 мг / 100 мл до 9,0 в период выращивания ($p < 0,1$) и с 16,8 мг / 100 мл до 13,2 в период откорма ($p < 0,05$), за счет чего снижалось выделение азота с мочой с 31,0 до 26,0 г/сут ($p < 0,05$) и с 73,0 до 62,0 г/сут ($p < 0,05$) и увеличивался среднесуточный прирост живой массы с 1300 до 1375 г/сут ($p < 0,05$) в соответствующие периоды.

Ключевые слова: бычки, рубцовое пищеварение, нормы протеинового питания, распадаемый протеин

Для цитирования: Василевский Н.В., Березин А.С., Лысова Е.А., Ушаков А.С., Сметанина И.Г., Демьянов А.В. Выращивание бычков на мясо при использовании в их рационах низкораспадаемых кормовых средств. *Аграрная наука*. 2023; 369(4): 80–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-80-86>

© Василевский Н.В., Березин А.С., Лысова Е.А., Ушаков А.С., Сметанина И.Г., Демьянов А.В.

Cultivation of bulls for meat when using low-decaying feed products in their diets

ABSTRACT

Relevance. With a high intensity of growth of animals during the growing period and the initial fattening period, when there is a predominant accumulation of muscle mass, microbial protein and a low amount of non-degradable protein are not able to meet the needs of a growing organism in amino acids. To obtain high gains, it is necessary to increase the amount of metabolic amino acids due to the intake of undeveloped well-digested protein into the intestine.

Methods. Two periods of experiment were conducted on 3 groups of bulls ($n = 3$) during the growing and fattening period with different levels of degradation protein in the diets. The level of degradation protein was changed through the use of processed and unprocessed sunflower meal and was controlled by incubation methods *in sacco*, as well as by conducting balance experiments, monitoring microbial-enzymatic processes in the rumen and blood parameters.

Results. It was found that reducing the disintegration of crude protein by replacing part of the natural sunflower meal with processed provides a significant reduction in the ammonia content in the scar fluid from 9,73 mg / 100 ml to 9,0 during the growing period ($p < 0,1$) and from 16,8 mg / 100 ml to 13,2 during the fattening period ($p < 0,05$), due to which nitrogen excretion in urine decreased from 31,0 to 26,0 g/day ($p < 0,05$) and from 73,0 to 62,0 g/day ($p < 0,05$) and the average daily gain in body weight increased from 1300 to 1375 g/day ($p < 0,05$) in the corresponding periods.

Key words: bulls, rumen digestion, norms of protein nutrition, degradable protein

For citation: Vasilevsky N.V., Berezin A.S., Lysova E.A., Ushakov A.S., Smetanina I.G., Demyanov A.V. Cultivation of bulls for meat when using low-decaying feed products in their diets. *Agrarian science*. 2023; 369(4): 80–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-80-86> (In Russian).

© Vasilevsky N.V., Berezin A.S., Lysova E.A., Ushakov A.S., Smetanina I.G., Demyanov A.V.

Введение / Introduction

Производство говядины в большинстве стран с развитым скотоводством базируется на интенсивном выращивании и откорме животных, при этом особенно важным считается организация полноценного протеинового питания животных, при этом оптимальным считается уровень зерновых концентратов 50–55 % от обменной энергии рациона [1]. В этих условиях в рубце интенсивно протекают микробиологические процессы, что обеспечивает наращивание микробной массы, которая после переваривания в кишечнике наряду с переваримым нераспавшимся кормовым белком (НРП) является источником аминокислот (обменный белок — ОБ) для обеспечения метаболических процессов в организме жвачных животных [2].

Однако при высокой интенсивности роста животных в период выращивания и начальный период откорма, когда идет преимущественное накопление мышечной массы, микробный белок и низкое количество НРП не в состоянии удовлетворить потребности растущего организма в аминокислотах [3]. Учитывая, что возможности синтеза микробного белка в рубце ограничены, для получения высоких привесов необходимо увеличивать количество обменных аминокислот за счет поступления нераспавшегося, хорошо переваримого протеина в кишечник.

В период выращивания и начальный период откорма, когда идет преимущественное накопление мышечной массы, потребность в ОБ высокая. В этот период молодые животные обладают высокой способностью к белковому синтезу, хорошо используют протеин корма для формирования мышечной ткани, дают высокие приросты при относительно экономных затратах энергии и высоком использовании протеина кормов [4]. Их прирост происходит в большей мере за счет белка и в меньшей — жира.

На стадии откорма интенсивность отложения белка в мышцах снижается, при этом возрастает количество энергии, отложенной в жире, и, наоборот, уменьшается удельный вес энергии протеина [5]. Однако из-за большой мышечной массы увеличивается как количество отложенного белка, так и потребность на поддержание этой массы, поэтому потребность в обменном белке с возрастом может и не снижаться.

Молодняк крупного рогатого скота молочного направления продуктивности при интенсивном выращивании и откорме способен проявить высокие показатели скорости роста и качества мяса [6, 7].

В условиях одинакового содержания в рационе энергии и сырого протеина использование кормов с пониженной распадаемостью протеина и крахмала в рубце позволяет получить дополнительно высококачественную говядину от бычков молочных пород. В частности, в условиях 3,5-месячного дифференцированного питания от каждого бычка было получено дополнительно 11,9 кг мяса [4].

При включении в рацион белков 0,25 кг рыбной муки в сочетании с 0,75 кг кормовой патоки интенсивность роста бычков была на 4,1% выше по сравнению с дачей животным 0,4 кг подсолнечного шрота с кормовой патокой и на 11,1% выше, чем в контроле, где скармливали только ячменную дерть [8]. Установлено, что использование труднораспадаемых источников протеина в рационах интенсивно растущих бычков в разные периоды откорма

способствует увеличению живой массы животных на 6,5–20% и выходу мякоти в тушах на 3,7–4% [9, 10].

Постоянно совершенствуются технологии обработки известных белковых кормов (подсолнечный шрот, горох, люпин), в результате которых происходит снижение распадаемого протеина и повышается доля нераспадаемого [10, 12, 13].

В связи с этим проведены исследования по оптимизации протеинового питания бычков в период интенсивного доращивания и откорма с целью обеспечения оптимального уровня распадаемого и нераспадаемого протеина в рационе и повышения эффективности производства говядины за счет повышения продуктивности животных и снижения себестоимости использованных кормов.

Цели исследований — изучить процессы рубцового пищеварения, определить уровень переваримости и усвоения питательных веществ у бычков холмогорской породы в период интенсивного выращивания и откорма при использовании в их рационах низкораспадаемых кормовых средств.

Материалы и методы исследования / Materials and method

Эксперименты проведены на молодняке крупного рогатого скота в виварии института ВНИИФБиП (Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, Боровск, Калужская обл., Россия) в 2022 году.

В опытах использованы бычки холмогорской породы восьмимесячного возраста. Из девяти животных методом триплетов-аналогов были сформированы три группы животных. Содержание животных — в одинаковых условиях, освещенность, уровень влажности и температуры — в соответствии с требованиями ветеринарно-санитарного надзора и биоэтики согласно конвенции по охране животных, используемых в научных целях. В период выполнения опыта условия содержания соответствовали Директиве от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС Европейского парламента и Совета о защите животных, используемых в научных целях (Европейская комиссия, Брюссель, 2010). Продолжительность исследования — 155 суток.

Животные всех групп получали одинаковый основной рацион, сбалансированный по питательным веществам согласно существующим нормам для молодняка при интенсивном выращивании и откорме¹.

Опыты проведены в два периода — выращивание на силосно-концентратном рационе при исходной распадаемости протеина рациона 65% и откорм на травяно-концентратном рационе при исходной распадаемости протеина рациона 69%. Отличия в исходном уровне обусловлены более высокой распадаемостью протеина в зеленой массе по сравнению с силосом. Различия между группами в содержании распадаемого протеина достигались путем введения в состав зерновой смеси различного количества нативного и термически обработанного подсолнечного шрота. В результате обработки уровень нераспадаемого протеина (НРП) в шроте повышался с 18 до 52,9%. Контроль распадаемости и переваримости нераспавшейся части протеина в рубце определяли инкубационными методами на коровах с

¹ Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. Москва. 2003; 456 с. ISBN 5-94587-093-5.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of experience

Группа	Этап	Уровень распадаемости СП, %
1-я	Выращивание: силосно-концентратный рацион	65
2-я		60
3-я		55
1-я	Откорм: травяно-концентратный рацион	69
2-я		64
3-я		62

Таблица 2. Средняя живая масса и охват грудины у бычков в различные периоды исследований ($n = 3, M \pm m$)
Table 2. Average live weight and coverage of the sternum in bull calves in various periods of research ($n = 3, M \pm m$)

Дата	1-я группа (распадаемость СП — 65–69%)		2-я группа (распадаемость СП — 60–64%)		3-я группа (распадаемость СП — 55–62%)	
	живая масса, кг	обхват грудины, см	живая масса, кг	обхват грудины, см	живая масса, кг	обхват грудины, см
29.03.2022	199 ± 7	142 ± 7	197 ± 8	141 ± 5	199 ± 4	142 ± 3
28.04.2022	255 ± 13	150 ± 3	235 ± 16	149 ± 4	246 ± 5	149 ± 3
31.05.2022	291 ± 14	155 ± 3	268 ± 17	156 ± 6	277 ± 3	158 ± 1
29.06.2022	333 ± 12	160 ± 2	305 ± 18	159 ± 3	312 ± 10	165 ± 4
28.07.2022	368 ± 12	168 ± 3	365 ± 14	167 ± 3	360 ± 7	168 ± 3
30.08.2022	400 ± 7		410 ± 13*,***		407 ± 5*	

*, *** — $p < 0,05$ по парному t-критерию при сравнении с соответствующими группами.

канюлями рубца и 12-перстной кишки [14]. Схема опыта представлена ниже (табл. 1).

Для оценки интенсивности роста животных ежемесячно проводили взвешивание и промеры бычков. В начале и конце исследований по выращиванию проведены балансовые опыты по определению видимой переваримости питательных веществ и отложения азота в теле животных². В конце каждого балансового опыта проведен отбор проб крови из яремной вены и рубцового содержимого через три часа после утреннего кормления.

В пробах корма и кала определено содержание сухого и органического вещества, сырого протеина, клетчатки, общих липидов и золы³. По анализу выделенного азота с калом и мочой определены его баланс и отложение у бычков опытных групп.

В крови определяли уровень глюкозы, триглицеридов, мочевины, билирубина прямого и общего, общего холестерина, холестерина липопротеидов высокой плотности (Х-ЛПВП) и низкой плотности (Х-ЛПНП) активности, аланин- (АЛТ) и аспартаттрансфераза (AST) и щелочной фосфатазы с использованием тест-систем фирмы «ЮНИМЕД» (Россия) на биохимическом анализаторе Erba Lachema (Чехия), а также морфологический

состав крови на гематологическом анализаторе MiniPack, Mindray (Китай). В пробах содержимого рубца определяли: величину pH — потенциометрически на потенциометре ЭВ-7 (Россия), ЛЖК и их соотношение — на газовом хроматографе «Цвет-800» (Россия) после отгонки в аппарате Маркгамма, аммиак — диффузионным методом Конвея, число бактерий, инфузорий, амилотическую и целлюлозолитическую активность⁴.

Метод оценки экстерьера и телосложения животных по ГОСТ Р 577845.⁵

Математическая обработка полученных данных проведена стандартными методами биометрии с определением критерия достоверности Стьюдента с использованием программы для персонального компьютера Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследование распадаемости изучаемых кормов методом инкубации в рубце показало, что нативный подсолнечный шрот имел распадаемость протеина на уровне 82% при переваримости в нераспавшейся части в кишечнике 84%. Шрот, предварительно обработанный, показал

распадаемость протеина 47,1% при переваримости в кишечнике 87%. Таким образом, с учетом также замеренной распадаемости протеина в рубце других кормов рациона определена общая распадаемость протеина рационов в период выращивания на силосном рационе 65% в 1-й группе, 60% — во 2-й, 55% — в 3-й, в период откорма (на зеленой массе) — 69%, 64% и 62% соответственно.

В таблице 2 приведены результаты изменения живой массы и обхвата грудины (обхват грудной клетки за лопатками) бычков на протяжении всего периода исследований. Ввиду большой погрешности измерения живой массы из-за потребления пищи и воды, а также выделения кала и мочи дисперсионный анализ не выявил достоверных различий между опытными группами. Небольшое количество животных в опытных группах и существенный разброс индивидуальных конституциональных особенностей животных также не позволили выявить достоверные различия между группами по промерам (обхват грудины). Сопряжение полученных выборок по первоначальной живой массе и применение двухвыборочного t-критерия для зависимых выявили достоверные различия по приросту живой массы меж-

² Методы исследований питания сельскохозяйственных животных (под редакцией академика Кальницкого Б.Д. Боровск. 1998; 406.

³ Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы. Справочное пособие. (под редакцией профессора Б.В. Тараканова. Боровск: Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. 1998; 145.

⁴ Методы биохимического анализа. Справочное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН, профессора Б.Д. Кальницкого. Боровск: Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. 1997; 356.

⁵ ГОСТ Р 57784-2017 Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности крупного рогатого скота мясного направления. Breeding registered cattle. Methods for determination of productive parameters of beef cattle.

Таблица 3. Показатели ферментации рубцового содержимого в период балансовых опытов ($n = 3$, $M \pm m$)Table 3. Indicators of fermentation of the scar content during the balance experiments ($n = 3$, $M \pm m$)

Показатели	Периоды опыта					
	выращивание			откорм		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа	3-я группа
pH	6,93 $\pm$ 0,03	6,84 $\pm$ 0,11	7,06 $\pm$ 0,11	6,88 $\pm$ 0,02	6,78 $\pm$ 0,05	6,68 $\pm$ 0,07
Концентрация аммиака, мг / 100 мл	9,73 $\pm$ 2,14	9,05 $\pm$ 0,91	11,3 $\pm$ 1,0	16,87 $\pm$ 1,3	14 $\pm$ 0,8*	13,2 $\pm$ 1*
ЛЖК, ммоль / 100 мл	10,77 $\pm$ 0,94	9,57 $\pm$ 1,49	8,73 $\pm$ 0,96	11,2 $\pm$ 0,6	11 $\pm$ 0,3	11,3 $\pm$ 0,3
Ацетат, %	70,2 $\pm$ 0,3	70,7 $\pm$ 0,1	72,4 $\pm$ 0,3	66,9 $\pm$ 0,62	64,3 $\pm$ 1,3	65,8 $\pm$ 0,9
Пропионат, %	15,4 $\pm$ 0,3	15,1 $\pm$ 0,2	14,8 $\pm$ 0,1	20,3 $\pm$ 0,77	22,3 $\pm$ 1,52	21,1 $\pm$ 0,28*
Бутират, %	14,4 $\pm$ 0,3	14,3 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,2	12,8 $\pm$ 0,54	13,4 $\pm$ 0,23	13,1 $\pm$ 1,19
Количество микроорганизмов, млрд/мл	4,65 $\pm$ 0,27	4,88 $\pm$ 0,21	3,82 $\pm$ 0,46	7,7 $\pm$ 0,2	8,5 $\pm$ 0,3	7,6 $\pm$ 0,5
Количество простейших, тыс/мл	512 $\pm$ 16	313 $\pm$ 15*	413 $\pm$ 17*, **	593 $\pm$ 6,7	595 $\pm$ 5	667 $\pm$ 17*, **
Амилолитическая активность, ед/мл	21,1 $\pm$ 1,0	20,4 $\pm$ 1,4	20 $\pm$ 1,1	27,8 $\pm$ 1,8	27,2 $\pm$ 0,2	25,6 $\pm$ 1,6
Целлюлозолитическая активность, %	8,75 $\pm$ 2,17	8,69 $\pm$ 1,72	10,1 $\pm$ 2,4	9,8 $\pm$ 1,76	9,3 $\pm$ 1,45	10,3 $\pm$ 1,6

*, **, *** $p < 0,05$ по t-критерию при сравнении с соответствующими группами.

ду 1-й и 3-й группами с $p < 0,05$. Наилучшие результаты обеспечило сопряжение выборок по средней живой массе за опыт. Достоверные различия были установлены между 1-й и 2-й группами и между 2-й и 3-й группами с $p < 0,05$. Различия между 1-й и 3-й группами при этом были установлены на уровне тенденции с $p < 0,1$.

Среднесуточный прирост живой массы бычков за весь период выращивания (155 суток) по 1-й группе 1300 $\pm$ 10, по 2-й — 1375 $\pm$ 30, по 3-й — 1340 $\pm$ 50 г/сут (достоверные различия между 1-й и 3-й группами $p < 0,05$ по методу парных сравнений). Изучение процессов рубцовой ферментации показало, что в рубце бычков снижение в рационах распадаемости протеина сопровождалось снижением уровня аммиака, но достоверное различие между группами зафиксировано только в период откорма (табл. 3). Образование ЛЖК и их соотношение в пуле, а также величина pH в рубце бычков у всех групп во все периоды опыта находились на одном уровне. Эти данные косвенно свидетельствуют об однотипности и сходном уровне микробного синтеза и, соответственно, одинаковом вкладе микробного белка в общий фонд обменного белка во все периоды

обоих опытов. Это подтверждается показателями числа микроорганизмов в рубце подопытных бычков и их микробной активности (табл. 3).

По количеству отдельных переваренных питательных веществ бычками в период выращивания и в период откорма не отмечено достоверных различий этих показателей между группами ($p > 0,05$) (табл. 4, 5). Переваримость СП подсолнечного шрота после обработок не снижалась, хотя при наибольшем введении такого шрота (первый период, 3-я группа) отмечена тенденция к снижению (63,6 $\pm$ 1,1; 61,9 $\pm$ 2,6 в 1-й и 2-й группах, соответственно, $p > 0,05$) (табл. 5).

С целью установления характера использования протеина потребляемых кормов бычками во все периоды выращивания был изучен баланс азота в их организме (табл. 6).

При практически идентичном фактическом потреблении сырого протеина с кормами в оба периода наблюдалось разное количество выделения азота с мочой из-за разной распадаемости протеина в рубце и аммиакообразовании при его распаде (табл. 6). При снижении распадаемости происходило снижение вы-

Таблица 4. Переваривание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте в период выращивания ($n = 3$, $M \pm m$)Table 4. Digestion of nutrients in the gastrointestinal tract during the growing period ($n = 3$, $M \pm m$)

Показатели	Группы					
	1-я группа (распадаемость СП — 65%)		2-я группа (распадаемость СП — 60%)		3-я группа (распадаемость СП — 55%)	
	Переварено, г	Переваримость, %	Переварено, г	Переваримость, %	Переварено, г	Переваримость, %
Сухое вещество	5618 $\pm$ 229	72,3 $\pm$ 2,5	5656 $\pm$ 162	72,8 $\pm$ 1,8	5588 $\pm$ 305	71,99 $\pm$ 2,8
Органическое вещество	5499 $\pm$ 139	73,8 $\pm$ 1,8	5515,6 $\pm$ 117	74,1 $\pm$ 1,5	5479 $\pm$ 195	73,6 $\pm$ 2,1
Сырой протеин	595,4 $\pm$ 17	63,6 $\pm$ 1,1	585,9 $\pm$ 37	63,0 $\pm$ 2,3	575,2 $\pm$ 44	61,9 $\pm$ 2,6
Сырая клетчатка	824,6 $\pm$ 57	62,3 $\pm$ 2,6	828,8 $\pm$ 38	62,7 $\pm$ 1,7	851,4 $\pm$ 72,4	64,5 $\pm$ 2,9
Сырая зола	433 $\pm$ 96	27,3 $\pm$ 6,0	280 $\pm$ 46	18,0 $\pm$ 3,0	328 $\pm$ 27	22,2 $\pm$ 8,5
Сырой жир	247,5 $\pm$ 19	73,9 $\pm$ 5,5	253,7 $\pm$ 22	76,1 $\pm$ 6,5	252,9 $\pm$ 21	75,5 $\pm$ 3,9
БЭВ	4029 $\pm$ 78	83 $\pm$ 0,8	4023 $\pm$ 32	82,8 $\pm$ 1,8	3945 $\pm$ 102	81,2 $\pm$ 2,5

*, **, *** $p < 0,05$ по t-критерию при сравнении с соответствующими группами.

Таблица 5. Переваривание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте бычков в период откорма ($n = 3, M \pm m$)

Table 5. Digestion of nutrients in the gastrointestinal tract of bulls during the fattening period ($n = 3, M \pm m$)

Показатели	Группы					
	1-я группа (распадаемость СП — 69%)		2-я группа (распадаемость СП — 64%)		3-я группа (распадаемость СП — 62%)	
	Переварено, г	Переваримость, %	Переварено, г	Переваримость, %	Переварено, г	Переваримость, %
Сухое вещество	7122 ± 233	64,3 ± 1,7	7065 ± 234	63,8 ± 1,6	7074 ± 370	63,9 ± 2,1
Органическое вещество	6863 ± 247	65,4 ± 1,9	6724 ± 231	64,1 ± 1,8	6732 ± 363	64,2 ± 2,2
Сырой протеин	919,9 ± 67	61,7 ± 4,5	919,5 ± 35	61,8 ± 1,8	910,3 ± 74*	61,3 ± 3,4
Сырая клетчатка	640,2 ± 43	53,4 ± 3,6	630,4 ± 33	52,7 ± 2,4	636,8 ± 54	53,3 ± 2,8
Сырая зола	242,1 ± 13	41,6 ± 3,5	242,9 ± 11	42,7 ± 2,5	229,7 ± 7,4	39,2 ± 1,8
Сырой жир	454,3 ± 26	76,1 ± 3,9	457,9 ± 9,1	77,1 ± 2,5	462,9 ± 18	78,2 ± 1,7
БЭВ	5261 ± 167	73,0 ± 2,0	5134 ± 237	71,2 ± 3,3	5352 ± 251	74,2 ± 3,8

*, **, *** — $p < 0,05$ по t-критерию при сравнении с соответствующими группами.

деления азота с мочой при сохранении величин выделения азота с калом — как в абсолютном выражении, так и в процентах от принятого и переваренного. Более значительные изменения отмечены в период откорма. В период выращивания потери азота с мочой были минимальными у 3-й группы ($p < 0,05$), а в период откорма наименьшее выделение отмечено во 2-й группе.

Отложение азота возрастало при снижении распадаемости протеина в рационах. Однако достоверные изменения отмечены только во 2-й группе в период откорма ($p < 0,05$), в основном за счет низкого выделения азота с мочой (табл. 6).

Следовательно, скормливание бычкам комбикормов с более низкой распадаемостью протеина способствует увеличению отложения азота в организме животных и снижению потерь азота с мочой от общего их количества принятого с кормами, что свидетельствует о перспективе их использования в кормлении молодняка крупного рогатого скота.

Изучаемые показатели крови находились в пределах физиологических величин (табл. 7). Снижение распадаемости в рационах сопровождалось снижением концентрации мочевины в крови (особенно в 3-й груп-

пе) в оба периода опыта. Остальные исследованные показатели не различались между группами.

Изучение морфологии крови бычков показало, что у животных опытных групп отмечалось повышенное содержание в крови эритроцитов, гемоглобина и гематокрита, что свидетельствует о лучшем белковом обеспечении организма этих животных. Остальные показатели не имели достоверных различий.

Выводы/Conclusion

Установлено, что снижение распадаемости сырого протеина кормов за счет замены части натурального подсолнечного шрота на обработанный обеспечивает достоверное снижение содержания аммиака в рубцовой жидкости с 9,73 до 9,0 мг / 100 мл в период выращивания ($p < 0,1$) и с 16,8 до 13,2 мг / 100 мл в период откорма ($p < 0,05$), за счет чего снижалось выделение азота с мочой с 31,0 до 26,0 г/сут ($p < 0,05$) и с 73,0 до 62,0 г/сут ($p < 0,05$) и увеличивался среднесуточный прирост живой массы с 1300 г/сут до 1375 ($p < 0,05$) в соответствующие периоды.

Снижение распадаемости сырого протеина до уровня 60% за счет замены части натурального подсолнеч-

Таблица 6. Баланс азота бычков в период выращивания и откорма ($n = 3, M \pm m$)

Table 6. Nitrogen balance of calves during rearing and fattening ($n = 3, M \pm m$)

Показатель / группа	Период выращивания			Период откорма		
	1-я группа (распадаемость СП — 65%)	2-я группа (распадаемость СП — 60%)	3-я группа (распадаемость СП — 55%)	1-я группа (распадаемость СП — 69%)	2-я группа (распадаемость СП — 64%)	3-я группа (распадаемость СП — 62%)
Принято азота с кормом, г	148,9 ± 0,5	148,8 ± 0,2	148,6 ± 0,3	238,5 ± 0,8	238,1 ± 0,4	237,6 ± 0,2
Выделено азота с калом, г	54,18 ± 2,2	55,05 ± 1,4	56,61 ± 0,9	91,2 ± 3,1	91,00 ± 2,8	92,00 ± 3,4
Выделено азота с мочой, г	31,02 ± 2,3	28,35 ± 1,9	26,05 ± 2,4*	73,00 ± 2,7	62,00 ± 3,4*	65,00 ± 2,1*
% от принятого	20,8	19,05	17,53	30,6	26,0	27,3
% от переваренного	32,7	30,2	28,3	49,5	42,1	44,6
Переварено в пищеварительном тракте, г	94,72 ± 2,4	93,75 ± 1,6	92,0 ± 2,1	147,3 ± 3,8	147,1 ± 3,2	145,6 ± 2,4
Использовано на отложение, г	63,4 ± 1,4	65,4 ± 2,2	65,94 ± 1,8	74,3 ± 2,7	85,1 ± 3,4*	80,6 ± 4,2
% от принятого	42,6	43,9	44,3	31,1	35,7	33,9
% от переваренного	66,9	69,7	71,7	50,4	57,8	55,3

* $p < 0,05$ по t-критерию при сравнении с соответствующими группами.

Таблица 7. Биохимические и морфологические показатели крови бычков через три часа после утреннего кормления в период выращивания и откорма ($n = 3, M \pm m$)

Table 7. Biochemical and morphological blood parameters of bulls 3 hours after morning feeding during rearing and fattening ($n = 3, M \pm m$)

Показатели	Периоды опыта					
	выращивание			откорм		
	1-я группа (распадаемость СП – 65%)	2-я группа (распадаемость СП – 60%)	3-я группа (распадаемость СП – 55%)	1-я группа (распадаемость СП – 69%)	2-я группа (распадаемость СП – 64%)	3-я группа (распадаемость СП – 62%)
Общий белок, г/л	53,3 ± 0,51	55,3 ± 2,13	53,7 ± 0,72	55,9 ± 1,62	56,4 ± 2,9	53,6 ± 2,5
Мочевина, ммоль/л	3,21 ± 0,2	3,61 ± 1,3	2,73 ± 1,1	10,2 ± 1,4	9,0 ± 1,4	7,25 ± 0,71
Креатинин, ммоль/л	81,0 ± 9,32	68,9 ± 0,66	69,5 ± 3,68	97,3 ± 0,9	90,0 ± 4,9	91,8 ± 0,5
Глюкоза, ммоль/л	5,64 ± 0,3	5,56 ± 0,17	5,11 ± 0,16	5,18 ± 0,21	5,51 ± 0,6	4,71 ± 0,27
Триглицериды, ммоль/л	0,27 ± 0,02	0,32 ± 0,03	0,27 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,30 ± 0,01
Холестерин, ммоль/л	1,84 ± 0,24	1,78 ± 0,12	1,88 ± 0,13	2,06 ± 0,23	2,45 ± 0,04	2,06 ± 0,05
Х-ЛПВП, ммоль/л	0,74 ± 0,02	0,69 ± 0,04	0,66 ± 0,09	0,55 ± 0,02	0,49 ± 0,1	0,68 ± 0,15
Х-ЛПНП, ммоль/л	0,94 ± 0,14	0,92 ± 0,08	1,04 ± 0,06	1,24 ± 0,18	1,51 ± 0,06	1,28 ± 0,10
Билирубин прямой, ммоль/л	0,23 ± 0,05	0,35 ± 0,01	0,63 ± 0,04	0,42 ± 0,16	0,57 ± 0,09	0,49 ± 0,02
Билирубин общий, ммоль/л	0,64±0,07	0,63±0,11	0,63±0,16	0,64±0,12	0,4±0,18	0,57±0,12
АЛТ, мкат/л	25,03 ± 3,9	24,4 ± 1,27	24,4 ± 0,6	26,8 ± 2,86	25,3 ± 1,2	23,8 ± 2,58
АСТ, мкат/л	63,7 ± 4,79	63,3 ± 5,35	65,7 ± 3,05	60,9 ± 4,11	60,4 ± 9,24	56,0 ± 3,71
Щелочная фосфатаза, мкат/л	251 ± 19,8	195 ± 10,5	179 ± 24,0	186 ± 14,2	197 ± 11,8	201 ± 13,7
Лейкоциты*10 ⁹	85,1 ± 18,2	98,7 ± 7,22	87,8 ± 6,4	73,5 ± 6,89	90,5 ± 4,12	87,8 ± 11,2
Лимфоциты*10 ⁹	66,2 ± 16,4	80,6 ± 7,37	73,8 ± 11,7	61,7 ± 10,0	75,4 ± 14,2	69,8 ± 8,9
Моноциты*10 ⁹	3,5 ± 2,0	4,6 ± 1,4	2,0 ± 1,2	1,67 ± 0,76	2,0 ± 1,4	1,6 ± 0,17
Гранулоциты*10 ⁹	10,4 ± 0,05	13,4 ± 1,56	9,6 ± 1,8	8,6 ± 1,3	10,3 ± 2,9	7,1 ± 2,9
Эритроциты*10 ¹²	6,5 ± 0,02	7,7 ± 0,71*	7,2 ± 0,6	7,0 ± 0,07	7,6 ± 0,26*	7,7 ± 0,65
Гемоглобин, г/л	106,6 ± 4,2	119,3 ± 5,9*	118 ± 3,78*	106 ± 2,6	118 ± 1,01*	123 ± 7,61*
Гематокрит	29,3 ± 1,05	34,5 ± 2,28	32,3 ± 2,28	30,8 ± 1,32	31,5 ± 0,75	34,4 ± 2,06
Тромбоциты*10 ⁹	347 ± 29,3	645 ± 78,5	286 ± 34,0	387 ± 69,9	370 ± 35,4	522 ± 86,1
Тромбокрит	0,14 ± 0,01	0,31 ± 0,04	0,14 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,13 ± 0,06	0,25 ± 0,04

ного шрота на обработанный обеспечивает достоверное увеличение прироста живой массы до 75 г/сут в сравнении с аналогичным рационом с уровнем распа-

даемости 65%. Снижение распадаемости сырого протеина до уровня 55% нивелирует полученный эффект его использования.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lemiasheuski V., Ostrenko K., Kutin I. Assessment of Rumen Digestion Processes and Productivity of Fattening Bull Calves with a High Level of Concentrates in the Diet. *International Scientific Conference Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. 2022; 709–718. DOI: 10.1007/978-3-030-91405-9_78
2. Натинчик Т.М. Особенности биохимических и микробиологических процессов в рубце бычков при скармливании высокобелковых кормов с «защищенным» протеином. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2021; 56(1): 242–251. eLIBRARY ID: 47278506
3. Bandyk C.A., Cochran R.C., Wickersham T.A., Titgemeyer E.C., Farmer C.G., Higgins J.J. Effect of ruminal vs postprandial administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. *Journal of Animal Science*. 2001; 79(1):225–231. DOI: 10.2527/2001.791225x

REFERENCES

1. Lemiasheuski V., Ostrenko K., Kutin I. Assessment of Rumen Digestion Processes and Productivity of Fattening Bull Calves with a High Level of Concentrates in the Diet. *International Scientific Conference Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. 2022; 709–718. DOI: 10.1007/978-3-030-91405-9_78
2. Natynchik T.M. Specific features of biochemical and microbiological processes in rumen of steers when fed with high protein feed with "protected" protein. *Zootechnical Science of Belarus*. 2021; 56(1): 242–251 eLIBRARY ID: 47278506 (In Russian).
3. Bandyk C.A., Cochran R.C., Wickersham T.A., Titgemeyer E.C., Farmer C.G., Higgins J.J. Effect of ruminal vs postprandial administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. *Journal of Animal Science*. 2001; 79(1):225–231. DOI: 10.2527/2001.791225x

4. Галочкин В.А., Галочкина В.П., Остренко К.С. Влияние кормов с разным уровнем обменного протеина на интенсивность выращивания бычков. *Эффективное животноводство*. 2019; (1): 54–56. DOI: 10.24411/9999-007A-2019-10008
5. Погосян Д.Г. Влияние качества и уровня протеина в рационах на интенсивность роста бычков на откорме. *Нива Поволжья*. 2019; (4): 102–108. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.015
6. Акчурин Ф. Влияние генотипа и пола молодняка на выход и качество говядины. *Молочное и мясное скотоводство*. 2000; (7): 4–5.
7. Shibata M., Hikino Y., Matsumoto K. Influence of feeding a grass hay diet during the early stage of the fattening period on growth performance, carcass characteristics, and meat production in Japanese Black steers. *Animal Science Journal*. 2019; 90(2):196–204. DOI: 10.1111/asj.13139
8. Мещеряков А.Г. Научные и практические подходы рационального использования кормового протеина в рационах мясного скота с учетом особенностей его метаболизма. *Автореф. дисс. докт. биол. наук*. Оренбург. 2008; 49.
9. Лемешевский В.О., Харитонов Е.Л., Остренко К.С. Рубцовое пищеварение у бычков при разном соотношении распадаемого и нераспадаемого протеина в рационе. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2020; 2:90–98. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.2.90-98
10. Харитонов Е.Л., Березин А.С. Процессы рубцового пищеварения у бычков в периоды выращивания и откорма при разном уровне обменного протеина в рационе. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2019; 4:64–72. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.4.64-72
11. Лемешевский В.О., Харитонов Е.Л., Остренко К.С., Черепанов Г.Г. Физиологические и продуктивные эффекты обработки пропиононовой кислотой размолотого зерна гороха для защиты от распада в рубце у выращиваемых бычков. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2020; (4):82–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4:82-91
12. Антонович А.М., Радчиков В.Ф., Люндышев В.А., Груша А.А. Степень расщепляемости протеина в рубце бычков при скормлении гранулированного люпина. *Агропанорама*. 2020; (6):15–18. eLIBRARY ID: 46114778
13. Oria F., Aldrich C.G., Elizalde J.C., Bauer L.L., Merchen N.R. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. *Journal of Animal Science*. 2002; 80(9):2493–2501. DOI: 10.1093/ansci/80.9.2493
14. Харитонов Е.Л., Погосян Д.Г. К методике определения переваримости сырого протеина кормов. *Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных*. 1992; (1):66–70. eLIBRARY ID: 24495012
4. Galochkin V.A., Galochkina V.P., Ostrenko K.S. The influence of feed with different levels of exchange protein on the intensity of bull-rearing. *Efficient animal husbandry*. 2019; (1): 54–56. DOI: 10.24411/9999-007A-2019-10008 (In Russian)
4. Pogosyan D.G. Influence of the quality and the level of protein in diets on the growth rate of fattening bull-calves. *Volga Region Farmland*. 2019; (4): 102–108. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.015 (In Russian)
6. Akchurina F. Influence of the genotype and sex of young animals on the yield and quality of beef. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2000; (7):4–5. (In Russian)
7. Shibata M., Hikino Y., Matsumoto K. Influence of feeding a grass hay diet during the early stage of the fattening period on growth performance, carcass characteristics, and meat production in Japanese Black steers. *Animal Science Journal*. 2019; 90(2):196–204. DOI: 10.1111/asj.13139
8. Meshcheryakov A.G. Scientific and practical approaches to the rational use of feed protein in the diets of beef cattle, taking into account the peculiarities of its metabolism. *Abstract of the dissertation of Doctor of Biology*. Orenburg. 2008; 49. (In Russian)
9. Lemeshevsky V.O., Kharitonov E.L., Ostrenko K.S. Ruminal digestion in steers at different ratios of degradable and non-degradable protein in the diet. *Problems of Productive Animal Biology*. 2020; 2:90–98. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.2.90-98 (In Russian)
10. Kharitonov E.L., Berezin A.S. Processes of ruminal digestion of feed in steers during the period of fattening and fattening at different levels of exchange protein in the diet. *Problems of Productive Animal Biology*. 2019; 4:64–72. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.4.64-72 (In Russian)
11. Lemeshevsky V.O., Kharitonov E.L., Ostrenko K.S., Cherepanov G.G. Physiological and productive effects of processing of grinded peas by propionic acid for protection from ruminal degradation in growing bulls. *Productive Animal Biology*. 2020; (4):82–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4:82-91 (In Russian)
12. Antonovich A.M., Radchikov V.F., Lyundyshev V.A., Grusha A.A. The degree of protein cleavability in the rumen of bulls when feeding granulated lupin. *Agropanorama*. 2020; (6):15–18. eLIBRARY ID: 46114778 (In Russian)
13. Oria F., Aldrich C.G., Elizalde J.C., Bauer L.L., Merchen N.R. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. *Journal of Animal Science*. 2002; 80(9):2493–2501. DOI: 10.1093/ansci/80.9.2493
14. Kharitonov E.L., Pogosyan D.G. To the methodology for determining the digestibility of raw protein feed. *Bulletin of the All-Union Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of farm animals*. 1992; (1):66–70. eLIBRARY ID: 24495012 (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Николай Владимирович Василевский, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия vasilevskii.n@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-7437-2910>

Александр Сергеевич Березин, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия learnedcat@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-0197-7844>

Елена Андреевна Лысова, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия <https://orcid.org/0000-0003-4195-2051>

Александр Сергеевич Ушаков, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия asu2004@bk.ru <https://orcid.org/0000-0001-5253-6083>

Ирина Геннадьевна Сметанина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФНЦ им. Л.К. Эрнста, пос. Институт, Боровск, Калужская обл., 249010, Россия sme.irina2011@yandex.ru <https://orcid.org/>

Александр Викторович Демьянов, аспирант, Белгородский государственный аграрный университет, ул. Вавилова, 1, пос. Майский, Белгородская обл., 308503, Россия a.v.demyanov@efko.ru <https://orcid.org/>

ABOUT THE AUTHORS:

Nikolay Vladimirovich Vasilevsky, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia vasilevskii.n@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-7437-2910>

Aleksandr Sergeevich Berezin, Researcher, All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia learnedcat@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-0197-7844>

Elena Andreevna Lesova, Candidate of Biological Sciences, Researcher, All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia <https://orcid.org/0000-0003-4195-2051>

Aleksandr Sergeevich Ushakov, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia asu2004@bk.ru <https://orcid.org/0000-0001-5253-6083>

Irina Gennadevna Smetanina, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, All-Russia Research Institute of Animal Physiology, Biochemistry, and Nutrition — Branch of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, village Institute, Borovsk, Kaluga Region, 249010, Russia sme.irina2011@yandex.ru <https://orcid.org/>

Aleksandr Viktorovich Demyanov, graduate student, Belgorod State Agrarian University, 1 Vavilova str., vil. Maysky, Belgorod region, 308503, Russia a.v.demyanov@efko.ru <https://orcid.org/>