

С. 180-182.

8. Продукты пептидно-аминокислотные хелатированные ПАД-2, ПАД-3 : ТУ ВУ 100050710.217-2021 : введ. 19.08.2021 г., № ГР 062969 / Е.А. Чернявский [и др.]. – Минск, 2021. – 21 с.

*Поступила 14.04.2025 г.*

УДК 636.2.085.15

А.А. КУРЕПИН

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА И РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ ПЕРВОТЁЛОК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ СТРУКТУРНЫХ УГЛЕВОДОВ В РАЦИОНЕ**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Клетчатка составляет большую часть рациона жвачных животных, поэтому изучение питательности кормов и совершенствование рационов по содержанию и соотношению структурных углеводов является актуальным для производства продуктов животноводства. Целью исследования, результаты которого представлены в статье, являлось изучить баланс и использование азота, а также рубцовое пищеварение первотёлок в период ранней лактации в зависимости от содержания структурных углеводов в рационе. В процессе проведения опытов установлено, что уровень структурных углеводов в рационе первотёлок влияет на потребление сухого вещества. Определены оптимальные уровни структурных углеводов в рационе лактирующих коров в ранний период лактации (30,7-32,6 % НДК и 21,5-21,9 % КДК), способствующие более интенсивному рубцовому пищеварению, выразившиеся в поддержании оптимального уровня рН рубца на уровне 6,65-6,61 ед., в повышении переваривания структурных углеводов растительных кормов с увеличением образования конечных продуктов метаболита (ЛЖК), снижением содержания аммиака и увеличением молочной продуктивности.

**Ключевые слова:** структурные углеводы, первотёлки, потребление, рубцовое пищеварение.

## **NITROGEN UTILIZATION AND RUMINAL DIGESTION OF FIRST-CALF HEIFERS DEPENDING ON THE CONTENT OF STRUCTURAL CARBOHYDRATES IN THE DIET**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences  
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

Fiber makes up a major part of the diet of ruminants, so studying the nutritional value of feed and improving diets in terms of the content and ratio of structural carbohydrates is relevant for the production of livestock products. The purpose of the study, the results of which are presented in this paper, was to study the balance and utilization of nitrogen, as well as ruminal digestion of first-calf heifers during early lactation depending on the content of structural carbohydrates in the diet. During the experiments it was found that the level of structural carbohydrates in the diet of first-calf heifers influenced dry matter intake. The optimal levels of structural carbohydrates in the diet of lactating cows during early lactation (30.7-32.6% of NDF and 21.5-21.9% of ADF) were determined, promoting more intensive ruminal digestion, expressed in maintaining the optimal pH value of the rumen at a level of 6.65-6.61 units, in improving the digestion of structural carbohydrates of plant feeds with an increase in the formation of end metabolite products (VFA), a decrease in the ammonia content and an increase in milk productivity.

**Key words:** structural carbohydrates, first-calf heifers, intake, ruminal digestion.

**Введение.** Анатомо-морфологическое строение пищеварительного аппарата жвачных животных, обуславливающее своеобразие физиологических функций организма, наличие богатой микрофлоры и микрофауны в преджелудках, способствующей разложению большого количества растительного корма, налагают характерные особенности на процессы пищеварения.

Клетчатка составляет большую часть рациона жвачных животных и является для них важным питательным веществом, поэтому эффективность использования корма в значительной степени зависит от переваримости структурных углеводов. Основным местом переваривания питательных веществ, особенно клетчатки, для жвачных животных является рубец. Поскольку сами они не могут секретировать целлюлолитические ферменты переваривание клетчатки полностью зависит от симбиотических микроорганизмов рубца [1, 2].

Многими авторами [3, 4, 5, 6, 7, 8] установлено, что для гармоничного развития микробной популяции рубца, а следовательно, и для идущих в нём ферментативных процессов большое значение имеет тип кормления, вид корма, набор кормов в рационе содержание структурных углеводов, энергии в рационе и других питательных веществ.

Исходя из вышеизложенного, изучение питательности кормов и совершенствование рационов жвачных животных по содержанию и соотношению структурных углеводов является актуальным для производства продуктов животноводства. Данные исследования позволяют дать объективную оценку изучаемому вопросу применительно к особенностям кормления жвачных животных и кормовой базы хозяйств Республики Беларусь.

Целью исследования являлось изучить баланс и использование азота, а также рубцовое пищеварение первотёлок в период ранней лактации в зависимости от содержания структурных углеводов в рационе.

**Материал и методика исследований.** Для достижения поставленной цели и решения задач данных исследований были проведены научно-хозяйственный и физиологические опыты на базе хозяйства Минской области с целью определения влияния различного содержания НДК и КДК в рационах первотёлок на потребление кормов рациона, эффективность использования азота и показатели рубцового пищеварения. При организации и проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками [9, 10].

Рационы кормления были сбалансированы по всем основным питательным веществам и соответствовали ранее разработанным рекомендациям. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона у животных всех групп находилась на уровне 11,4 МДж, сырого протеина – 16 %, концентрация сырой клетчатки в сухом веществе рациона составляла 18,0-19,2 %, что соответствует требованиям при нормировании рационов коров [11, 12].

В состав кормосмеси для животных всех групп входили: сенаж злаковый, силос кукурузный, сенно-соломенная резка, плющенное зерно, патока. Нормирование концентрированных кормов (комбикорм концентрат) проводился с учётом молочной продуктивности, что в среднем за опыт составило 0,3 кг на 1 л молока.

В среднем в структуре рациона у животных всех групп в течение всего опыта кормосмесь занимала 56,98-56,4 %, концентрированные корма находились на уровне 43 %.

Из приведённых данных по структуре и составу кормосмеси и рационов животных следует, что для достижения различной концентрации структурных углеводов в рацион животных вводили сенно-соломенную резку от 0,5 кг в контроле, до 1,5 кг – II опытная группа. При этом в рационе животных контрольной группы содержание нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) составило 28,7 %, кислотнo-детергентной – 21,1 %, в то время как у животных I и II опытных групп данные показатели находились на уровне 30,7 и 21,5 % и 32,6 и 21,9 % соответственно.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Эффективность рационов с различным содержанием структурных углеводов (НДК и КДК) в сухом веществе для высокопродуктивных лактирующих коров первотелок в период ранней лактации оценивали по фактически потребленным кормам (рациона) (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика потребления рациона

Наименование показателя		Группа			
		кон- трольная	I опытная	II опытная	
Задаваемое количество рациона (в среднем за опыт), кг		38,1	38,8	38,2	
Остатки корма, в среднем за опыт	кг	1,66	1,12	1,29	
	%	4,36	2,89	3,38	
Итого фактически потреблено, кг		36,44	37,68	36,91	
± по потреблению СВ		%	-3,5	-2,3	-2,7

По данным химического анализа кормов их остатков вычислили фактическое потребление животными основных питательных веществ за учётный период.

Из анализа полученных данных следует, что животные всех групп получали в среднем 18,5-18,8 кг сухого вещества рациона, что составляет 38,1-38,8 кг задаваемых кормов. В то же время при определении потребления кормов рациона имеются некоторые различия. Так, животные контрольной группы в среднем за опыт на 3,5 % меньше потребили кормов от задаваемого, в то время как у животных I опытной группы, получавших рацион с содержанием НДК и КДК, в среднем на уровне 30,7 и 21,5 % соответственно, снижение потребления основного рациона было на уровне 2,89 %, дальнейшее увеличение содержание структурных углеводов в рационе животных – в среднем до 32,6 % НДК и 21,9 % КДК не привело к адекватному увеличению потребления кормов: так, у животных II опытной группы на 3,38 % снизилось потребление рациона по отношению к задаваемому.

Различное содержание структурных углеводов в рационе животных предопределило различие в потреблении сухого вещества, так животные контрольной группы потребляли на 3,5 % меньше сухого вещества от заданного, в то же время при увеличении структурных углеводов в сухом веществе рациона I опытной группы в среднем до 30,7 % НДК и 21,5 % КДК снижение потребление сухого вещества было на уровне 2,3 %. Дальнейшее увеличение структурных углеводов в сухом веществе рациона не привело к увеличению потребления сухого вещества основного рациона.

По данным физиологического опыта установлено, что баланс азота у животных всех групп был отрицательным. Выделение азота в моче от переваренного составляет 47,16 % в контроле, 42,89 и 43,7 % – в I и II опытных групп соответственно, что ниже на 4,27 и 3,46 п. п. по отношению к контролю.

Животные опытных групп использовали азот от принятого на 3,88 и 3,18 п. п. больше, чем животные контрольной группы, и тем самым распределение азота на продукцию от принятого различна. Так, на молоко первотёлки контрольной группы использовали азот незначительно больше, чем опытные на 1,47 и 1,5 п. п., в то же время на прирост массы тела отрицательный баланс был больше у животных контрольной группы и составил 18,16 % от использованного, что на 8,48 и 7,33 п. п. больше, чем у животных I и II опытной групп.

Данные физиологического опыта, проведённого на первотёлках, указывают, что снижение потерь азота с экскрементами свидетельствовало о рациональном его использовании не только на молоко, но и на построение белка тела. Уменьшение баланса азота в контрольной группе объясняется сравнительно невысокой переваримостью протеина, меньшим его потреблением и менее интенсивным процессом усвоения. Также можно предположить, что азот на продукцию молока у животных контрольной группы заимствовался из запасов тела, чему свидетельствует пониженный отрицательный баланс азота на прирост массы тела у первотёлок контрольной группы.

В ходе изучения влияния различного уровня структурных углеводов в рационе первотёлок в период ранней лактации на физиологические показатели рубцового пищеварения выявлено, что у животных всех групп концентрация ионов водорода (рН рубца) (рисунок 1) была в пределах физиологической нормы.

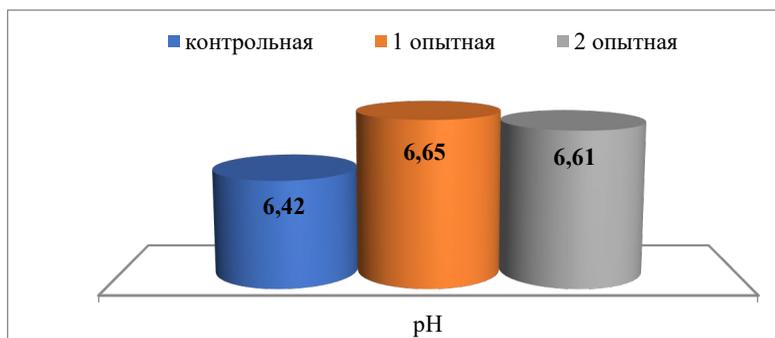


Рисунок 1 – Концентрация ионов водорода (рН рубца)

Реакция содержимого рубца в зависимости от рациона может быть слабокислой или слабощелочной, она поддерживается в пределах рН 6,3-7,4, что является важнейшим условием для развития микроорганизмов и для течения биохимических процессов в преджелудках. В послетельный период деятельность рубца также нарушается в связи с резким высвобождением от сдавливания плодом, что сопровождается нарушениями моторики, атониями рубца. Это усугубляется тем фактом, что в начале лактации энергетические потребности коров резко возрастают и для их восполнения скармливаются корма, богатые крахмалом, что обуславливает снижение рН рубцового содержимого, повышает риск развития подострого ацидоза, кетоза с ухудшением здоровья животных.

По полученным данным концентрация ионов водорода у животных I и II опытных групп была выше на 0,23 и 0,19 ед. по отношению к животным контрольной группы и составляла 6,65-6,61 соответственно, хотя статистически достоверной разницы не выявлено. Повышение общей кислотности рубцового содержимого у опытных коров связано с интенсификацией процессов брожения и образования кислых метаболитов в рубце в виде летучих жирных кислот.

Летучие жирные кислоты (ЛЖК) образуются в рубце преимущественно в результате сбраживания углеводов корма и являются главным источником энергии для жвачных. В рубце постоянно протекают два взаимосвязанных процесса – образование этих высокоценных метаболитов и их всасывание, происходящее с разной скоростью для каждой кислоты и зависящее от концентрации и рН среды. Жвачные животные, благодаря симбиотическим отношениям рубцового микробиоценоза, приспособлены к перевариванию структурных углеводов растительных кормов, богатых клетчаткой и менее приспособлены к высоко концентратным рационам, так как при возникающих ацидозах происходит гибель целлюлозолитических микроорганизмов – важнейших продуцентов энергопластических летучих жирных кислот, в частности ацетата для синтеза молочной продукции.

Из полученных данных (рисунок 2) следует, что животные контрольной группы имели более низкий показатель по содержанию летучих жирных кислот в рубцовой жидкости – 92,7 ммоль/100 мл. В то же время, у животных опытных групп, получавших рацион с содержанием структурных углеводов НДК, в I опытной группе – на уровне 30,7 % в сухом веществе рациона и во II опытной группе – 32,6 %, содержание ЛЖК в рубце превышало контроль на 21,68 и 19,09 %, что свидетельствует о более интенсивном протекании гидролиза углеводов у опытных животных.

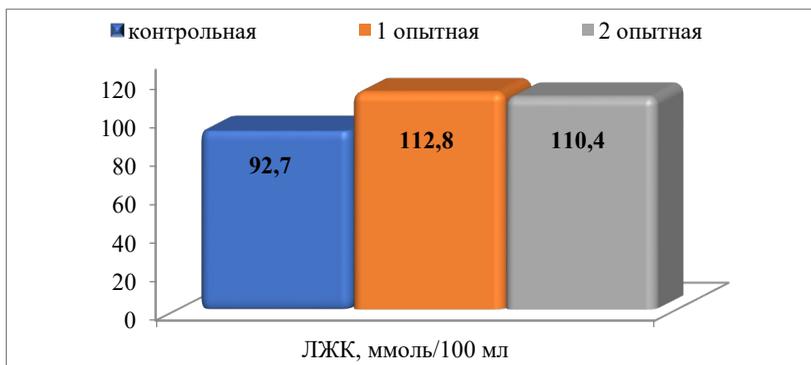


Рисунок 2 – Содержание летучих жирных кислот в рубце животных

Под действием протеолитических ферментов микроорганизмов рубца белковые компоненты корма расщепляются с образованием пептидов и аминокислот, которые подвергаются воздействию дезаминаз с образованием аммиака. Последний используется микроорганизмами для синтеза белков из тела, имеющих высокую биологическую ценность для организма животного-хозяина. Излишки аммиака всасываются через стенки рубца и попадают в печень.

У животных всех групп содержание аммиака в рубцовой жидкости находилось в пределах физиологической нормы, однако в количественном содержании и в конечном счёте в его использования имелись некоторые различия (рисунок 3).

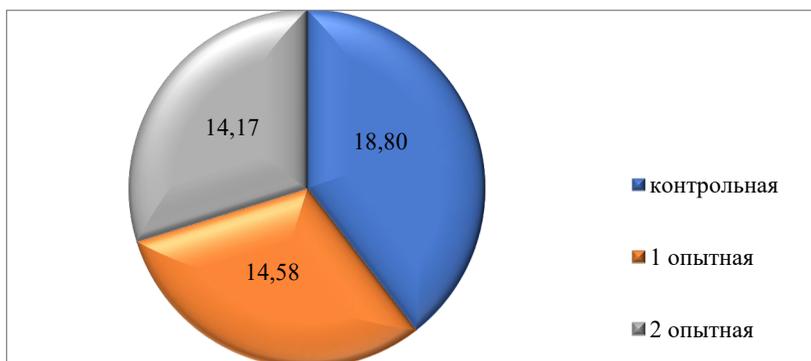


Рисунок 3 – Содержание аммиака в рубцовой жидкости животных, мг/100 мл

Таким образом, у животных контрольной группы, получавших рацион с содержанием НДК и КДК на уровне 28,7 и 21,1 %

соответственно, содержание аммиака составило 18,8 мг/100 мл, у животных опытных групп этот показатель был ниже на 28,9 и 32,67 %.

Результаты исследований по установлению влияния различного уровня структурных углеводов в рационе первотёлок в период ранней лактации на физиологические показатели рубцового пищеварения свидетельствуют о том, что оптимальное содержание структурных углеводов в рационе лактирующих коров в ранний период лактации на уровне 30,7-32,6 % НДК и 21,5-21,9 % КДК способствовало более интенсивному рубцовому пищеварению, выразившемуся в поддержании оптимального уровня рН рубца на уровне 6,65-6,61 ед., в повышении переваривания структурных углеводов растительных кормов с увеличением образования конечных продуктов метаболита (ЛЖК) на 21,68 и 19,09 % и снижением содержания аммиака на 28,9 и 32,67 %.

**Заключение.** Установлено, что уровень структурных углеводов в рационе первотёлок влияет на потребление сухого вещества. Так, животные контрольной группы потребляли на 3,5 % меньше сухого вещества от заданного, в то время как при увеличении структурных углеводов в сухом веществе рациона в среднем до 30,7 % НДК и 21,5 % КДК снижение потребления сухого вещества было на уровне 2,3 %, дальнейшее увеличение содержания структурных углеводов в рационе в среднем до 32,6 % НДК и 21,9 % КДК не привело к адекватному увеличению потребления кормов, и потребление рациона по отношению к задаваемому снизилось на 3,38 %.

Оптимальное содержание структурных углеводов в рационе лактирующих коров в ранний период лактации на уровне 30,7-32,6 % НДК и 21,5-21,9 % КДК способствовало более интенсивному рубцовому пищеварению, выразившиеся в поддержании оптимального уровня рН рубца на уровне 6,65-6,61 ед., в повышении переваривания структурных углеводов растительных кормов с увеличением образования конечных продуктов метаболита (ЛЖК) на 21,68 и 19,09 % и снижением содержания аммиака на 28,9 и 32,67 %.

#### Литература

1. Relationship between the structure and composition of rumen microorganisms and the digestibility of neutral detergent fibre in goats / K. Liu, L. Wang, T. Yan [et al.] // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. – 2019. – Vol. 32(1). – P. 82-91. – DOI: 10.5713/ajas.18.0043
2. Polysaccharide utilization by gut bacteria: potential for new insights from genomic analysis / H. J. Flint, E. A. Bayer, M. T. Rincon [et al.] // *Nat. Rev. Microbiol.* – 2008. – Vol. 6. – P. 121-31. – DOI: 10.1038/nrmicro1817.
3. Муратова, Н. С. Влияние кормовых структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров / Н. С. Муратова, В. В. Танифа, В. Л. Лукичев // *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. – 2016. – № 4(48). – С. 121-125.

4. Сизова, Ю. В. Влияние фракционного состава углеводов на молочную продуктивность коров / Ю. В. Сизова // *Инновационная наука*. – 2015. – № 9(9). – С. 123-127.
5. Miller-Cushon, E. K. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management / E. K. Miller-Cushon, T. J. DeVries // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(5). – P. 4172–4183. – DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
6. Кузьмина, Л. Н. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров / Л. Н. Кузьмина, А. П. Карташова // *Аграрный вестник Урала*. – 2020. – № 7(198). – С. 56-64. – DOI 10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64.
7. Филинская, О. В. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса / О. В. Филинская, С. А. Кеворкян // *Вестник АПК Верхневолжья*. – 2018. – № 4(44). – С. 30-36.
8. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages / E. Raffrenato, R. Fievisohn, K. W. Cotanch [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100(10). – P. 8119–8131. – DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
9. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – Москва : Колос, 1976. – 302 с.
10. Викторов, П. И. Методика и организация зоотехнических опытов / П. И. Викторов, В. К. Менькин. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 112 с.
11. Нормы кормления крупного рогатого скота / Н. А. Попков, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук [и др.]. – Жодино, 2011. – 260 с. – ISBN 978-985-6895-10-7.
12. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа : республиканский регламент / И. В. Брыло, А. Н. Коршун, Ю. А. Пивоварчик [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск : Белорусское сельское хозяйство, 2014. – 108 с.

*Поступила 18.04.2025 г.*

УДК 636.085.[15+532]

А.А. КУРЕПИН

## **РАСЩЕПЛЯЕМОСТЬ НЕЙТРАЛЬНО-ДЕТЕРГЕНТНОЙ КЛЕТЧАТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ В СЕНАЖАХ**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

В статье представлены материалы исследований, целью которых стало изучить расщепляемость нейтрально-детергентной клетчатки в сенажах в зависимости от её количественного содержания. В процессе изучения состава структурных углеводов в консервированных травянистых кормах установлено, что при их накоплении в сухом веществе зелёной массы на силос и сенаж снижается общее содержание обменной энергии и кормовых единиц, что в свою очередь снижает продуктивное действие корма. При определении закономерности кинетики нейтрально-детергентной клетчатки в злаково-бобовых консервированных кормах в рубце жвачных животных с установлением их распадаемости