

# КОРМОПРОИЗВОДСТВО: КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ / FODDER PRODUCTION: LIVESTOCK FEEDING

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.496-506>  
УДК 636.2:636.084.413:636.085



## Влияние разных доз экструдата ржи на переваримость рациона и биохимические показатели рубцовой жидкости и крови у ремонтных тёлочек

© 2022. Н. А. Морозков✉, Е. В. Суханова, Л. С. Терентьева

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Российская Федерация

*В статье представлены результаты влияния скармливания разных доз экструдата зерна озимой ржи на переваримость кормов рациона и биохимический состав рубцовой жидкости и крови ремонтных тёлочек. Исследования проводили на молочном комплексе ООО «Соколово» (Пермский край). Объектом исследования были ремонтные тёлки голштинизированной черно-пёстрой породы в возрасте 12-15-ти месяцев. У тёлочек опытных групп концентратная часть рациона по сухому веществу состояла из экструдата зерна озимой ржи: в первой группе на 12,5 %, во второй – на 25,0 %, в третьей – на 50,0 %. В результате исследований было выявлено, что ремонтные тёлки первой, второй и третьей опытных групп показали большие результаты по сравнению с тёлочками контрольной группы по переваримости сухого вещества рациона на 0,63 %, 0,99 и 1,77 % ( $p < 0,01$ ) соответственно. Содержание аммиака в рубцовой жидкости первой опытной группы тёлочек через три часа после кормления на 0,62 мг% (на 2,97 %)  $p < 0,05$ , во второй опытной группы на 1,22 мг% (4,77 %)  $p < 0,05$ , в третьей – на 1,70 мг% (9,42 %)  $p < 0,01$  было меньше по сравнению с контрольной. Уровень содержания мочевины в крови у тёлочек опытных групп был ниже, по сравнению с контролем, в первой – на 0,34 ммоль/л (на 6,65 %), во второй – на 0,46 ммоль/л (9,21 %) и в третьей – на 0,58 ммоль/л (14,90 %)  $p < 0,05$ .*

**Ключевые слова:** целлюлозолитические бактерии, рубец, аммиак, крахмал, мочевина, глюкоза, сахаро-протеиновое отношение

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (тема № АААА-А19-119032190060-4).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Морозков Н. А., Суханова Е. В., Терентьева Л. С. Применение зерна озимой ржи экструзионной переработки в рационах ремонтных тёлочек. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(4):496-506. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.496-506>

Поступила: 13.05.2022

Принята к публикации: 27.07.2022

Опубликована онлайн: 25.08.2022

## The effect of different doses of rye extrudate on the digestibility of the diet feeds and biochemical parameters of rumen fluid and blood in replacement heifers

© 2022. Nikolay A. Morozkov✉, Elena V. Sukhanova, Ludmila S. Terentyeva

Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo, Perm Region, Russian Federation

*The article presents the results of identifying the effect of feeding different doses of winter rye grain extrudate on the digestibility of diet feeds and the biochemical composition of rumen fluid and blood of replacement heifers. The research was carried out at the Sokolovo dairy complex (Perm Krai). The objects of the study were replacement heifers of Holstein black-and-white breed aged 12-15 months. The concentrate part in the diet of heifers of the experimental groups consisted from winter rye grain extrudate: in the first group by 12.5 %, in the second – by 25.0 %, in the third – by 50.0 %. As the result of the research, it was revealed that the replacement heifers of the first, second and third experimental groups showed great results compared to the heifers of the control group in the digestibility of the dry matter of the diet feed by 0.63 %, 0.99 and 1.77 % ( $p < 0.01$ ), respectively. The ammonia content was in the rumen fluid of the first experimental group of heifers three hours after feeding by 0.62 mg% (2.97 %)  $p < 0.05$ , in the second experimental group by 1.22 mg% (4.77 %)  $p < 0.05$ , in the third –*

by 1.70 mg% (9.42 %)  $p < 0.01$  less, compared to the control. The level of urea in the blood of heifers of the experimental groups was lower, compared with the control, in the first – by 0.34 mmol/l (by 6.65 %), in the second by 0.46 mmol/l (9.21 %) and in the third – by 0.58 mmol/l (14.90 %)  $p < 0.05$ .

**Keywords:** cellulolytic bacteria, rumen, ammonia, starch, urea, glucose, sugar-protein ratio

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. AAAAA-A19-119032190060-4).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Morozkov N. A., Sukhanova E. V., Terentyeva L. S. The effect of different doses of rye extrudate on the digestibility of the diet feeds and biochemical parameters of rumen fluid and blood in replacement heifers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(4):496-506. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.496-506>

Received: 13.05.2022

Accepted for publication: 27.07.2022

Published online: 25.08.2022

Состояние здоровья животных, объём и качество производимой продукции в большей степени зависят от полноценности кормления и уровня восполнения норм потребности животных в необходимых питательных веществах и при соблюдении их соотношений<sup>1</sup>. Важное значение в кормлении жвачных животных принадлежит легкоусвояемым углеводам (сахарам). Они являются питательной средой для микроорганизмов, населяющих преджелудки животных и используются ими при синтезе бактериального белка [1].

В соответствии с зоотехническими нормами потребности при выращивании ремонтных тёлочек концентрация сахара в сухом веществе рациона в среднем должна составлять: в возрасте 3 месяцев – 15-16 %; 6 месяцев – 8,0-9,5 %; 7-12 месяцев – 6,5-9,0 %; 13-18 месяцев – 6,5-8,5 %<sup>2</sup>. Из анализа фактических рационов кормления молодняка крупного рогатого скота (КРС) 12-15-месячного возраста в хозяйствах Пермского края дефицит легкоусвояемых сахаров составляет 41,5-71,3 %, при этом сахаро-протеиновое отношение не выходит за рамки 0,29-0,34:1 при норме 0,85:1. Как утверждает автор [2], это расстраивает работу микробиоты рубца и уменьшает переваримость и усвоение питательных веществ рациона, что не только противоречит достижению наследственно полученного уровня продуктивности, но и негативно отражается на общем состоянии организма животного.

Рационы скота и птицы, обогащённые ценным ржаным кормом, обеспечивают качественную продукцию животноводства, которая поступает в организм человека согласно естественной цепи «корма – сельскохозяйственные

животные – мясомолочная продукция – человек» и способствует поддержанию здоровья [3].

Желание производить зерно ржи для кормовых целей постоянно привлекало аграриев, потому что биологическая ценность белка ржи превосходит все зерновые культуры, кроме овса. Белок ржи на 83 % идентичен молочному казеину, в то время как у пшеницы только на 41 %. В составе белка ржи содержится 3...4 % лизина и более, он сбалансирован по всем незаменимым аминокислотам [4]. По содержанию безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) отмечается, что максимальный уровень БЭВ в зерне ржи – 672 г/кг зерна, в пшенице – 642, ячмене 638, овсе – 573 г/кг зерна [5]. Наличие витамина Е в ржаном зерне в 1,5-2 раза больше по сравнению с пшеничным. Важнейшая функция данного витамина состоит в сохранении плода, вынашивании и нормальном появлении на свет потомства, нормализации работы мышц. Ржаное зерно является источником повышенного количества йода и железа [6].

Включение зерна озимой ржи традиционных сортов в рационы скота ограничено присутствием в нем значительного числа водорастворимых пентозанов, таких как арабиноза и ксилоза (арабиноксиланы), которые входят в химический состав некрахмалистых полисахаридов [7]. Их общий уровень в зерне ржи варьирует от 7,0 до 13,0 %, тогда как в пшенице – от 5 до 7 % [8]. Учитывая это, нужно иметь в виду, что в желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота большая часть некрахмалистых полисахаридов, танинов и пектинов разрушаются при воздействии на них микробиоты рубца, преобразуются и всасываются в кишечнике [9].

<sup>1</sup>Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Мордовия и Пензенской области. Официальный сайт. ГМО в кормах. [Электронный ресурс].

URL: <http://ursn-rm.ru/news/allnews/10678.html> (дата обращения: 11.04.2022).

<sup>2</sup>Хохрин С. Н., Рожков К. А., Лунегова И. В. Кормление животных с основами кормопроизводства. Санкт-Петербург: Проспект науки, 2016. 480 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25882654>

Среди зерновых культур более всего подвержена поражению спорыньей (*Claviceps purpurea* Fr. Tul.) рожь. Загрязнение зернового корма алкалоидами спорыньи приводит к снижению поедаемости кормов рациона и вызывает аборт у животных. При внедрении менее поражаемых сортов и соблюдении технологии возделывания существует реальная возможность получения зерна ржи хорошего качества<sup>3</sup>.

Высокое содержание антипитательных веществ в составе зерна озимой ржи препятствует использованию данного зернового сырья в кормлении сельскохозяйственных животных. Поэтому зерно озимой ржи перед скармливанием необходимо подвергать обработке. Существуют способы подготовки зерновых кормов к скармливанию: механические, тепловые, биологические, химические, влаготепловые. К влаготепловой обработке относится экструзия – обработка зерна под действием высокого давления и температуры [10].

В процессе экструзионной обработки зернового материала изменяется его химический состав (декстринизация крахмала и частично сырой неструктурной клетчатки – до глюкозы, увеличение содержания легкоусвояемых углеводов, с сохранением энергетической питательности перерабатываемого корма, водорастворимых витаминов и биологически активных веществ). При скармливании экструдированных зерновых кормов сельскохозяйственным животным наблюдается увеличение переваримости и усвояемости питательных веществ всего рациона, повышается стойкость при хранении в результате разрушения жироращепляющих ферментов, корм получается обезвреженным от патогенной микрофлоры, получается продукт с высокими вкусовыми качествами. Экструзия позволяет шире использовать в животноводстве механизацию и автоматизацию процессов переработки зерновых кормов [11, 12, 13, 14, 15].

Использование животными питательных веществ экструдата зерновых продуктов возрастает до 90 %, или на 25-30 % в сравнении с зерном в размолотом виде. При экструзионной переработке зерна озимой ржи в значительной степени распадаются в своей структуре антипитательные вещества, такие как уреазы, ингибиторы протеаз, трипсина. Уровень растворимых веществ в составе экструдата зерна увеличивается в 5-8 раз по сравнению с исходным зерновым сырьём [16, 17].

<sup>3</sup>Пономарев С. Н. Основы адаптивной селекции озимой ржи на продуктивность и качество в среднем Поволжье: дис.... д-ра с.-х. наук. М., 2014. 418 с.

Кроме обеззараживания сырья, экструзирование позволяет: снизить скорость расщепляемости белка в рубце; повысить синтез микробиального белка; повысить использование зернового крахмала животными за счет его декстринизации до глюкозы в процессе экструзии; понизить объём ферментации крахмала в рубце; увеличить энергетическую питательность рациона на 10-15 % [18, 19, 20, 21].

При силосно-концентратном типе кормления даже использование сенажа, заготовленного по современной технологии, как источника легкоусвояемых сахаров, не может в полной мере устранить дефицит сахаров в рационах молодняка КРС. Это послужило мотивом для разработки рационов кормления тёлочек 12-15-месячного возраста с использованием в них зерна озимой ржи экструзионной переработки, которая бы способствовала увеличению обеспеченности тёлочек недостающим количеством сахаров.

**Цель исследования** – изучить влияние скармливания разных доз экструдата зерна озимой ржи в составе концентратной части рациона ремонтных тёлочек на переваримость основных питательных веществ кормов и биохимический состав рубцовой жидкости и крови.

**Задачи исследований:**

- изучить химический состав экструдата зерна озимой ржи и других кормов, входящих в состав рациона ремонтных тёлочек;
- определить переваримость питательных веществ кормов рациона;
- с интервалом 10 дней трижды в ходе опыта произвести забор и проанализировать биохимический состав рубцовой жидкости;
- проанализировать биохимический состав крови ремонтных тёлочек в начале и конце опыта.

**Научная новизна** работы заключалась в обосновании беспрепятственного использования зерна озимой ржи после экструзионной переработки в рационах молодняка крупного рогатого скота. Установлено, что повышение сахаропротеинового отношения в рационе ремонтных тёлочек с 0,29-0,34:1 до 0,57-0,63:1 (норма 0,85:1) способствовало улучшению показателей микробиома рубца.

**Материал и методы.** Объект исследования – ремонтные тёлочки голштинизированной черно-пёстрой породы в возрасте 12 месяцев. Опыты проводили в 2021 году на молочном комплексе ООО «Соколово» Вережгинского

района Пермского края по методике В. М. Кузнецова [22]. Методом пар-аналогов были сформированы четыре группы ремонтных тёлочек по 11 голов в каждой с учётом живой массы, возраста и линейной принадлежности. Содержание привязное.

Переваримость питательных веществ проводили по методике определения переваримости кормов и рационов М. Ф. Томмэ<sup>4</sup>.

Анализ морфо-биохимических показателей крови у тёлочек (по три головы из каждой группы) в начале и конце опыта проводили согласно общепринятым в ветеринарии методикам<sup>5</sup>.

Основной рацион (ОР) включал – сено злаково-бобовое (ежа сборная+клевер луговой), сенаж бобовый (козлятник восточный), концентраты (50/50 % типовой комбикорм КР-3 ГОСТ 9268-90 / ячмень плющенный). Животные контрольной группы получали ОР, первой опытной – концентратная часть ОР по СВ представлена на 50 % из типового комбикорма, на 37,5 % из ячменя плющенного и на 12,5 % из экструдата зерна озимой ржи; второй опытной – 50 % / 25 % / 25 % соответственно; третьей опытной – концентратная часть ОР по СВ представлена на 50 % из типового комбикорма и на 50 % из экструдата зерна озимой ржи. При замене доли концентратной части рациона на экструдат зерна озимой ржи животные были обеспечены витаминно-минеральным комплексом в соответствии с научно обоснованными нормами кормления.

Экструдат зерна озимой ржи произведён на одношнековой установке, предназначенной для экструзионной переработки зерновых культур. Установка разработана институтом

механики сплошных сред ПФИЦ УрО РАН и изготовлена в НПО «Искра» г. Пермь. Отработана экструзионная технология переработки зерна на примере увлажненной крошки озимой ржи для получения продукта с необходимым качеством. В аналитической лаборатории Пермского НИИСХ – филиал ПФИЦ УрО РАН проведен анализ химического состава всех кормов, входящих в рацион опытных и контрольных ремонтных тёлочек, по общепринятым методикам зоотехнического анализа кормов<sup>6</sup> и биохимических исследований согласно требованиям ГОСТа (лаборатория проводит исследования по качеству сырья и готовых кормов на основании заключения № 07-10/18-18, выданного ФБУ «Пермский ЦСМ»).

Рубцовую жидкость отбирали зондом у трёх животных из каждой экспериментальной группы по общепринятой в ветеринарии методике, согласно которой в ней определяли pH – иономером ЭЭВ-74, концентрацию аммиака – диффузным методом Конвея, целлюлозолитическую активность<sup>7</sup>.

Экспериментальные данные опытов обработали методом биометрической статистики с использованием прикладной программы Microsoft Excel 2003, разницу по отношению к контрольной группе считали достоверной при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$ .

**Результаты и их обсуждение.** Для выполнения поставленных задач исследований был приготовлен экструдат зерна озимой ржи с последующим скармливанием его экспериментальным животным в ходе научно-хозяйственного опыта (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав зерна озимой ржи до и после экструзии, а.с.в. /

Table 1 – The chemical composition of winter rye grain before and after extrusion, a.d.v.

Вид корма / Fodder type	Сухое в-во, % / Dry matter, %	Сырой жир, % / Raw fat, %	Сырой протеин, % / Raw protein, %	Сырая клетчатка, % / Raw fiber, %	Сахар, % / Sugar, %	Кальций, г/кг / Calcium, g/kg	Фосфор, г /кг / Phosphorus, g/kg	Обменная энергия, МДж/кг / Exchange energy, MJ/kg
Зерно / Grain	88,76	1,85	14,73	7,18	5,05	0,24	0,96	12,34
Экструдат / Extrudate	88,19	0,93	14,67	6,93	12,44	0,19	0,66	12,34

<sup>4</sup>Томмэ М. Ф. Методика определения переваримости кормов и рационов. М.: ВИЖ, 1969. 37 с.

<sup>5</sup>Кондрахин И. П., Архипов А. В., Левченко В. И., Таланов Г. А., Фролова Л. А., Новиков В. Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. М.: КолосС, 2004. 520 с.

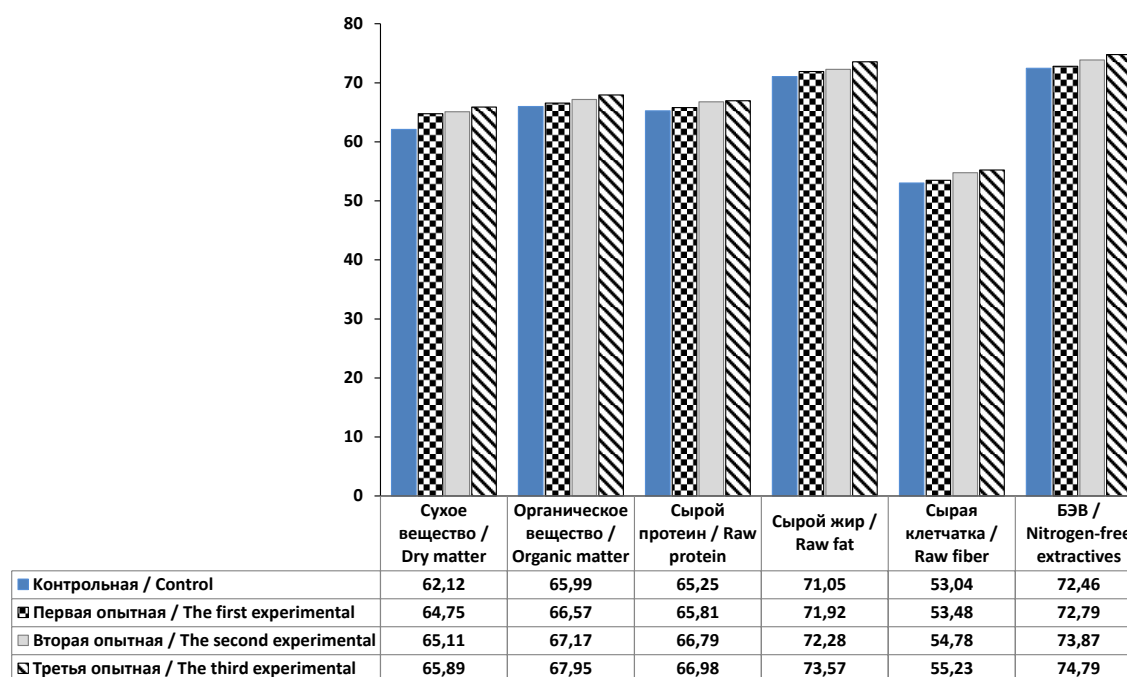
<sup>6</sup>Методы зоотехнического анализа кормов. Топорова Л. В., Архипов А. В. и [др.]. М.: МГАВМиБ им. К. И. Скрябина, 2013. 49 с.

<sup>7</sup>Изучение пищеварения у жвачных: методические указания. Н. В. Курилов [и др.]; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. Боровск, 1987. 96 с.

Содержание сахара в экструдате по сравнению с зерном увеличилось в 2,46 раза и составило в расчете на 1 кг абсолютно сухого вещества 12,44 %.

Результаты исследования свидетельствуют, что использование в кормлении

молодняка крупного рогатого скота в составе концентратной части рациона экструдата зерна озимой ржи способствовало улучшению переваримости питательных веществ рационов (рис. 1).



**Рис. 1. Коэффициенты переваримости питательных веществ кормов в рационах молодняка крупного рогатого скота при скармливании разных доз экструдата зерна озимой ржи, % /**

**Fig. 1. Digestibility coefficients of nutrients in the diets of young cattle when fed with different doses of winter rye grain extrudate, %**

Молодняк КРС (тёлочки) первой, второй и третьей опытных групп показали большие результаты по сравнению с тёлочками контрольной по переваримости питательных веществ рациона, соответственно, сухого вещества на 0,63, 0,99 и 1,77 % ( $p<0,01$ ), органического вещества – на 0,58, 1,18 и 1,96 % ( $p<0,01$ ), сырого протеина – на 0,56, 1,54 и 1,73 % ( $p<0,01$ ), сырого жира – на 0,87, 1,23 и на 2,52 % ( $p<0,05$ ), сырой клетчатки – на 0,44, 1,74 и 2,19 % ( $p<0,05$ ), БЭВ – на 0,33, 1,41 и на 2,33 % ( $p<0,05$ ).

Нами было изучено влияние повышения сахаропротеинового отношения в рационе тёлок за счёт включения экструдата зерна озимой ржи в концентратную часть на биохимический состав рубцовой жидкости (рис. 2, 3).

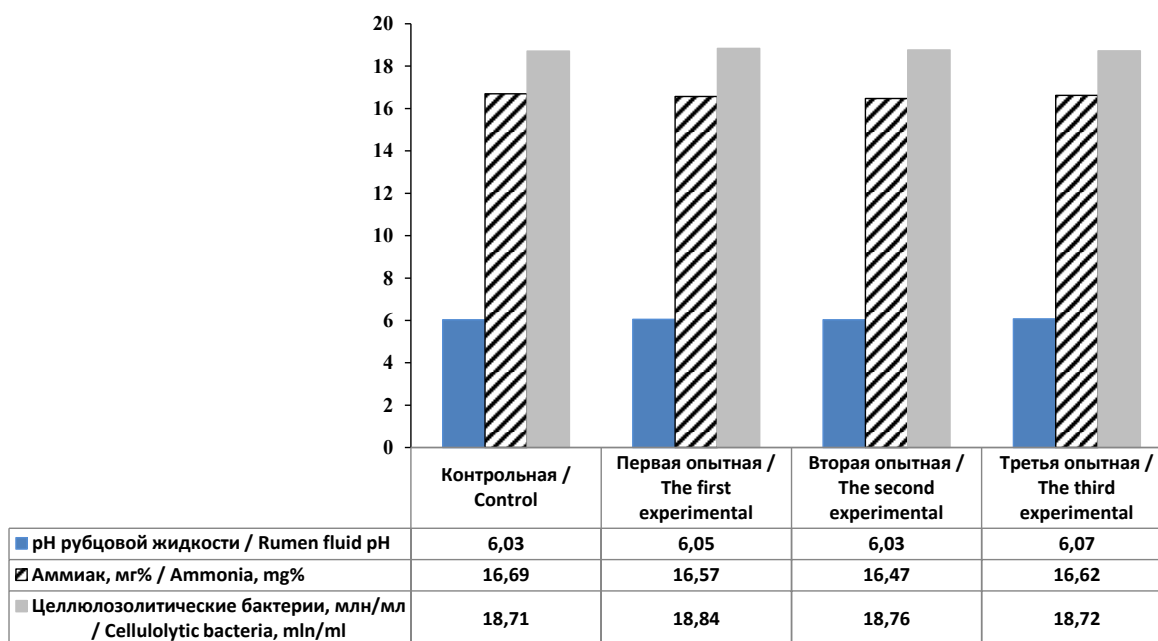
Кислотность рубцовой жидкости в норме должна находиться в пределах значения pH 6,5-7,4. Это является оптимальной средой для размножения микроорганизмов в рубце

КРС. Научно обоснованный показатель кислотности в рубце свойственен только для здоровых животных при биологически полноценном кормлении. Но когда подвергается сбраживанию большой объём корма, кислотность в рубце увеличивается, или иными словами, выработка органических кислот в процессе брожения выше уровня их нейтрализации и всасывания [23]. В нашем эксперименте результаты исследования показали, что уровень pH во всех исследуемых группах в начале и конце опыта находился в пределах физиологической нормы – слабощелочная реакция содержимого рубца у тёлок опытных групп и слабокислая – в контроле.

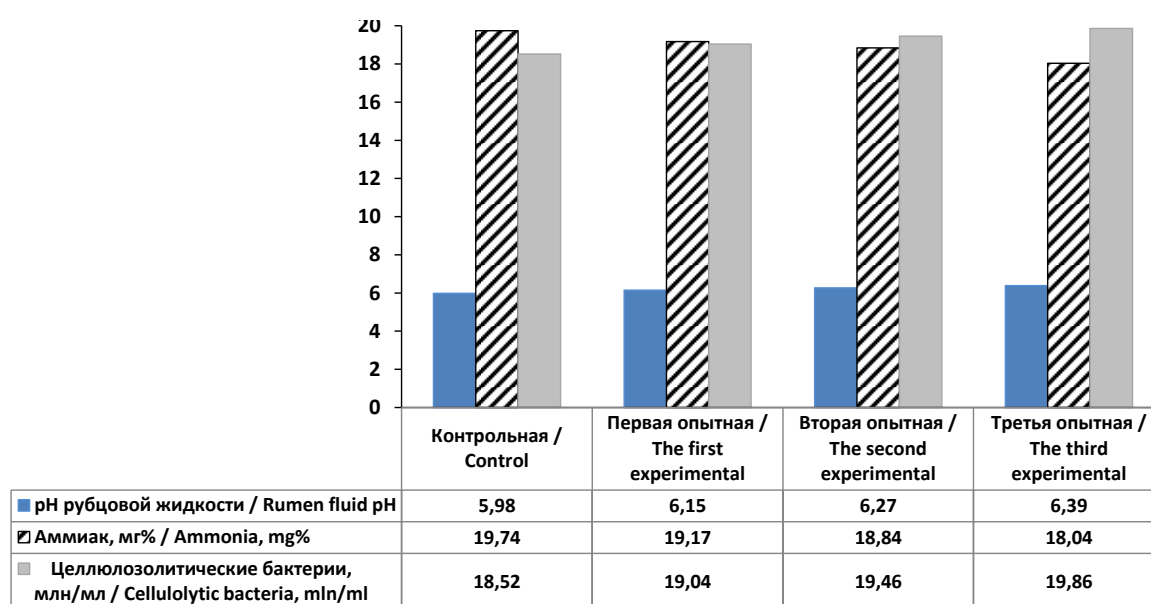
Общеизвестно, что протеин корма (около 40-80 %), который поступает в пищеварительный тракт животного, подвергается различным преобразованиям, в том числе и гидролизу, в последующем распадаясь в процессе ферментации до аминокислот, пептидов и аммиака,

также из поступившего с кормом в организм жвачного животного небелкового азота образуются аминокислоты и аммиак. Общая потребность жвачных в белке удовлетворяется на 20-30 % за счёт микробного белка. Аммиак, всасывающийся из рубцовой жидкости в венозную кровь, в печени превращается в мочевины. В пик образования аммиака в рубце происходит повышение концентрации аммиака в крови, так как он не может во всем

объёме превратиться в мочевины в печени. Происходит перенасыщение крови аммиаком и у животного возникает токсикоз. По данным наших исследований, содержание аммиака в рубцовой жидкости первой опытной группы тёлочек через три часа после кормления было меньше на 0,62 мг% (на 2,97 %)  $p < 0,05$ , во второй – на 1,22 мг% (на 4,77 %)  $p < 0,05$ , в третьей – на 1,70 мг% (на 9,42 %)  $p < 0,01$  по сравнению с контрольной.



*Рис. 2. Некоторые показатели содержимого рубца ремонтных тёлочек за 1 час до кормления /  
Fig. 2. Some indicators of the contents of the scar of repair heifers 1 hour before feeding*



*Рис. 3. Некоторые показатели содержимого рубца ремонтных тёлочек через 3 часа после кормления /  
Fig. 3. Some indicators of the contents of the scar of repair heifers 3 hours after feeding*



Наиболее важными микроорганизмами в рубцовом пищеварении являются целлюлозолитические, так как под их воздействием происходит преобразование клетчатки до простых углеводов. В последующем сбраживание простых углеводов до летучих жирных кислот осуществляют молочнокислые микроорганизмы. Одной из причин снижения переваривания клетчатки является наличие в испытуемом рационе легкопереваримых углеводов, таких как сахароза, выше норм потребности животного, так как целлюлозолитические микроорганизмы начинают в первую очередь перерабатывать более простые формы углеводов, а не саму клетчатку. При преобразовании лишнего сахара в рационе образуется более высокое содержание молочной кислоты, за счёт которой повышается кислотность в рубце, а наиболее продуктивно ведут себя целлюлозолитические бактерии при кислотности рубца 6,2-6,4. Экспериментальные данные нашего опыта свидетельствуют, что

количество целлюлозолитических бактерий в рубцовой жидкости ремонтных тёлочек первой опытной группы больше на 2,81 % ( $p < 0,05$ ), второй – на 5,07 % ( $p < 0,01$ ), третьей – на 7,23 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем.

Все обменные процессы, протекающие в организме животного тесно взаимосвязаны друг с другом и отражаются на составе крови. Анализируя данные таблицы 2, следует отметить, что с возрастом тёлочек растёт уровень общего белка в сыворотке крови. Соотношение белковых фракций тоже изменяется в сторону увеличения. В сыворотке крови динамика роста содержания общего белка была заметна у животных второй и третьей опытных групп. У них также наблюдалось достоверное повышение общего белка в конце опыта на 1,72 и 6,96 % ( $p < 0,001$ ) при сравнении с тёлочками контрольной группы. Основываясь на эти данные, можно судить о более положительном обмене азота в организме тёлочек второй и третьей опытных групп.

*Таблица 2 – Биохимический анализ крови ремонтных тёлочек (n = 3) ( $X \pm Sx$ ) /  
Table 2 – Biochemical analysis of blood of replacement heifers (n = 3) ( $X \pm Sx$ )*

Показатель / Indicator	Норма / Standard	Группа / Group			
		контрольная / control	первая опытная / the first experi- ment-tal	вторая опытная / the second experi- mental	третья опытная / the third experi- mental
В начале опыта / At the beginning of the experience					
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	72-86	73,13±0,53	73,28±0,32	72,93±0,75	72,97±0,17
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	2,20- 3,30	2,44±0,54	2,45±0,71	2,26±0,58	2,34±0,44
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,30- 4,42	3,24±0,65	3,22±0,93	3,18±0,54	3,38±0,57
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,30- 6,70	5,36±0,12	5,39±0,34	5,25±0,21	5,33±0,09
В конце опыта / At the end of the experiment					
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	72-86	73,83±0,53	74,63±0,32	75,10±0,75	78,97±0,17***
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	2,20- 3,30	2,56±0,41	2,75±0,71	2,81±0,58	3,04±0,44
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,30- 4,42	3,64±0,55	3,82±0,93	4,02±0,54	4,18±0,57
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	3,30- 6,70	5,45±0,12	5,11±0,34	4,99±0,21	4,87±0,09*

\* Достоверно при  $p < 0,05$ ; \*\*\* при  $p < 0,001$  \* Reliably at  $p < 0,05$ ; \*\*\* at  $p < 0,001$

Научно обосновано, что концентрация в крови животных глюкозы играет важную роль в обеспечении физиологических функций организма. В процессе метаболизма глюкозы образуются химические вещества, необходимые

для обеспечения основных процессов обмена веществ. Многочисленными научными исследованиями доказано, что повышение глюкозы в сыворотке крови животных указывает на улучшение обмена веществ и общего состояния

животных за счёт повышения качества кормления. По научному обоснованию глюкоза является источником энергии всех жизненно важных физиологических процессов в организме. По окончании опыта выявлено, что в крови ремонтных тёлочек всех экспериментальных групп уровень глюкозы был в пределах физиологической нормы (2,56-3,04 ммоль/л). У тёлочек опытных групп уровень глюкозы был выше по сравнению с контролем в первой – на 7,42 %, во второй – на 9,76 % и в третьей – на 18,75 % (табл. 2). Установленная динамика и уровень глюкозы в крови животных опытных групп обусловлены сложной нейрогуморальной регуляцией в ответ на введение в рацион тёлочек экструдата зерна озимой ржи, содержащего большой объём кормового сахара.

Содержание холестерина в крови животных всех экспериментальных групп находилось в пределах физиологической нормы – 1,30-4,42 ммоль/л. Исходя из научного заключения, холестерин организму необходим как предшественник половых гормонов и витамина Д. По этому показателю можно судить об успешности дальнейших результатов в воспроизводстве стада. В нашем случае имеет место высокое содержание холестерина у ремонтных тёлочек третьей опытной группы 4,18 ммоль/л, в сравнении со второй опытной группой больше на 0,16 ммоль/л (на 2,34 %), с первой – на 0,36 ммоль/л (3,79 %) и контрольной – на 0,54 ммоль/л (8,42 %). Поскольку уровень холестерина в крови тёлочек опытных групп выше по сравнению с контролем, то можно предположить, что более высокое его наличие результативнее отразится на выработке половых гормонов у тёлочек опытных групп, получавших в составе концентратной части рациона экструдат зерна озимой ржи, что возможно в последующем в период осеменения положительно повлияет на результаты воспроизводства тёлочек опытных групп.

Научно обосновано, что мочевина – это одна из фракций остаточного азота крови,

составляющая около 50 % всего его количества. Она является индикатором степени использования и биологической ценности переваренного протеина. К концу опыта содержание мочевины в крови у всех групп было в пределах физиологической нормы (3,30-6,70 ммоль/л). У тёлочек опытных групп содержание мочевины в крови было ниже, по сравнению с контролем, в первой – на 0,34 ммоль/л (на 6,65 %), во второй – на 0,46 ммоль/л (9,21 %) и в третьей – на 0,58 ммоль/л (14,90 %)  $p < 0,05$ . Полученные данные позволяют предположить, что у тёлочек второй и третьей опытных групп конверсия азота в продукцию выращивания была выше по сравнению с контролем.

**Выводы.** После экструзионной переработки зерна озимой ржи содержание сахара в экструдате увеличилось в 2,46 раза и составило в расчете на 1 кг абсолютно сухого вещества 12,44 %.

Ремонтные тёлочки первой, второй и третьей опытных групп показали большие результаты по сравнению с животными контрольной группы по переваримости сухого вещества рациона на 0,63 %, 0,99 и 1,77 % ( $p < 0,01$ ) соответственно.

Численность целлюлозолитических бактерий в рубцовой жидкости ремонтных тёлочек первой опытной группы больше на 2,81 % ( $p < 0,05$ ), второй – на 5,07 % ( $p < 0,01$ ), третьей – на 7,23 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем.

У тёлочек опытных групп содержание мочевины в крови было ниже, по сравнению с контролем, в первой – на 0,34 ммоль/л (на 6,65 %), во второй на 0,46 ммоль/л (9,21 %) и в третьей – на 0,58 ммоль/л (14,90 %) при  $p < 0,05$ . Полученные данные позволяют предположить, что у тёлочек второй и третьей опытных групп, получавших 25,0 и 50,0 % от сухого вещества концентратной части рациона экструдат зерна озимой ржи, обменные процессы в организме проходили более интенсивно по сравнению с контрольными.

#### **Список литературы**

1. Мотовилов К. Я., Науменко И. В., Волончук С. К., Резепин А. И. Исследование и разработка способов получения кормовых сахаропроductов из зерновых культур в СИБНИИП СФНЦА РАН. Пища. Экология. Качество: сб. тр. XVII Международ. научн.-практ. конф. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. С. 422-425. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44818459>
2. Горшков В. В. Разработка научных основ функционального кормления крупного рогатого скота с использованием сельскохозяйственного и вторичного сырья, подвергнутого комплексным технологическим обработкам. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017;(9):125-129. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29980839>



3. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Значение озимой ржи для сохранения природного агро-экологического баланса и здоровья человека (обзор). Теоретическая и прикладная экология. 2020;(1):14-20. DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-1-014-020>
4. Шакирзянов А. Х., Лещенко Н. И., Никонорова И. М., Агафонова В. А. Перспективные образцы озимой ржи для селекции кормовой ржи в условиях юго-западного Предуралья. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(8):38-42. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10808>
5. Исмагилов Р. Р., Ахиярова Л. М., Ахияров Б. Г. Качества зерна сортов озимой ржи в процессе хранения. Аграрный вестник Урала. 2011;(3):63. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17839063>
6. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Приоритетные направления исследований в решении проблемы multifunctional использования озимой ржи. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(6(43)):4-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22484544>
7. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Тагиров М. Ш., Гильмуллина Л. Ф., Маннапова Г. С. Генотипическая изменчивость содержания пентозанов в зерне озимой ржи. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(5):1041-1048. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.1041rus>
8. Liu W-C., Halley P. J., Gilbert R. G. Mechanism of degradation of starch, a highly branched polymer, during extrusion. Macromolecules. 2010;43(6):2855-2864. DOI: <https://doi.org/10.1021/ma100067x>
9. Пешка М., Камышек М., Рудзкий Б., Лопушанская-Русек М. Использование зерна гибридной ржи в кормлении коров голштинофризской породы на ранней стадии лактации в Польше. Молочное и мясное скотоводство. 2017;(1):32-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28392315>
10. Шариков А. Ю., Амелякина М. В. Модификация углеводов сельскохозяйственного сырья в процессе термопластической экструзии (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(6):795-803. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.795-803>
11. Славнов Е. В., Петров И. А. Теоретические основы экструзии зерновых и отжима масличных культур. Пермь: Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2019. 328 с.
12. Морозков Н. А., Ситников В. А. Экструдированная рожь в рационе дойных коров. Достижения науки и техники АПК. 2013;(5):50-53. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19049674>
13. Шариков А. Ю., Степанов В. И., Иванов В. В. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019;9(3):447-460. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460>
14. Brennan M. A., Derbyshire E., Tiwari B. K., Brennan C. S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. International Journal of Food Science & Technology. 2013;48(5):893-902. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12055>
15. Ситников В. А., Морозков Н. А. Использование зерна озимой ржи экструзионной обработки в кормлении коров: монография. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2016. 134 с.
16. Болотова Н. С. Экструдированные рапс и ячмень в рационах молодняка крупного рогатого скота. Кормопроизводство. 2011;(5):45.
17. Шагалиев Ф., Назыров В., Хасанова Ф. Экструдированные корма для коров. Животноводство России. 2012;(10):59.
18. Касьянов Р. О., Смоловская О. В., Белова С. Н. Экструдированный корм в рационах сельскохозяйственных животных. Аграрные проблемы горного Алтая и сопредельных регионов: мат.-лы Всеросс. научн.-практ. конф., посвящ. 90-летию Горно-Алтайского НИИ сельского хозяйства и 100-летию Министерства сельского хозяйства Республики Алтай (Барнаул). Санкт-Петербург: изд-во Азбука, 2020. С. 176-183. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44211056>
19. Боровский А. Ю., Балджи Ю. А., Шантыз А. Х., Исабекова С. А., Султанаева Л. З. Эффективность использования экструдированных кормов. Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: мат.-лы VIII Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 50-летию создания Совета молодых ученых СО ВАСХНИЛ. Краснообск: Сибирский ФНЦ агробиотехнологий РАН, 2021. С. 308-316.
20. Cabrera-Ramirez A. H., Cervantes-Ramirez E., Morales-Sanchez E., Rodriguez-Garcia M. E., Reyes-Vega M. de la L., Gaytan-Martinez M. Effect of Extrusion on the Crystalline Structure of Starch during RS5 Formation. Polysaccharides 2021;2(1):187-201. DOI: <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2010013>
21. Nessi V., Falourd X., Maigret J.-E., Cahier K., D'Orlando A., Descamps N., Gaucher V., Chevigny Ch., Lourdin D. Cellulose nanocrystals/starch nanocomposites produced by extrusion: Structure and behavior in physiological conditions. Carbohydrate Polymers. 2019;225:115123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115123>
22. Кузнецов В. М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 568 с.
23. Алексеева Л. В., Лукьянов А. А. Процессы рубцового метаболизма в организме бычков при введении в рацион нанопорошка меди и её соли. Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016;(S2). Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27533595>

*References*

1. Motovilov K. Ya., Naumenko I. V., Volonchuk S. K., Rezepin A. I. Research and development of methods for obtaining feed sugar products from grain crops at SIBNIIP SFNCA RAS. Food. Ecology. Quality: sat. tr. XVII International. scientific.-practical conf. Ekaterinburg: *Ural'skiy gosudarstvennyy ekonomicheskij universitet*, 2020. C. 422-425. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44818459>
2. Gorshkov V. V. Development of scientific foundation of cattle functional nutrition with the use of agricultural and secondary raw materials undergone integrated technological processing. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;(9):125-129. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29980839>
3. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Importance of winter rye for maintaining natural agroecological balance and human health (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology. 2020;(1):14-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-1-014-020>
4. Shakirzyanov A. Kh., Leshchenko N. I., Nikonorova I. M., Agafonova V. A. Promising samples of winter rye for breeding for forage purposes under conditions of the South-Western Cis-Urals. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2019;33(8):38-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10808>
5. Ismagilov R. R., Akhiyarova L. M., Akhiyarov B. G. Qualities of grain of grades of the winter rye in the course of storage. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2011;(3):63. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17839063>
6. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Priority directions of researches in decision of a problem of multipurpose use of winter rye. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2014;(6(43)):4-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22484544>
7. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Tagirov M. Sh., Gilmullina L. F., Mannapova G. S. Pentosan content genotypic variability in winter rye grain. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2017;52(5):1041-1048. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.1041rus>
8. Liu W-C., Halley P. J., Gilbert R. G. Mechanism of degradation of starch, a highly branched polymer, during extrusion. *Macromolecules*. 2010;43(6):2855-2864. DOI: <https://doi.org/10.1021/ma100067x>
9. Peshka M., Kamyshek M., Rudzkiy B., Lopushanskaya-Rusek M. Evaluation of the usefulness of hybrid rye in feeding Polish holstein-friesian dairy cows in early lactation. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2017;(1):32-35. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28392315>
10. Sharikov A. Yu., Amelyakina M. V. Modification of carbohydrates of food raw materials in the process of thermoplastic extrusion (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(6):795-803. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.795-803>
11. Slavnov E. V., Petrov I. A. Theoretical foundations of grain extrusion and extraction of oilseeds. Perm': Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika», 2019. 328 p.
12. Morozkov N. A., Sitnikov V. A. Extruded rye in the diet of dairy cows. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2013;(5):50-53. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19049674>
13. Sharikov A. Yu., Stepanov V. I., Ivanov V. V. Thermoplastic extrusion in food biotechnology processes. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2019;9(3):447-460. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460>
14. Brennan M. A., Derbyshire E., Tiwari B. K., Brennan C. S. Ready-to-eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science & Technology*. 2013;48(5):893-902. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12055>
15. Sitnikov V. A., Morozkov N. A. The use of winter rye grain extrusion processing in cow feeding: monograph. Perm': *IPTs «Prokrost»*, 2016. 134 p.
16. Bolotova N. S. Extruded rape and barley in rations of young cattle. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2011;(5):45. (In Russ.).
17. Shagaliev F., Nazyrov V., Khasanova F. Extruded feed for cows. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2012;(10):59. (In Russ.).
18. Kasyanov R. O., Smolovskaya O. V., Belova S. N. Efficiency of using extruded feed mixture for growing farm animals. Agrarian problems of the Altai Mountains and adjacent regions: All-Russian materials. Scientific.-practice. Conf., dedicated. The 90th anniversary of the Gorno-Altai Research Institute of Agriculture and the 100th anniversary of the Ministry of Agriculture of the Altai Republic (Barnaul). Saint-Petersburg: *izd-vo Azbuka*, 2020. pp. 176-183. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44211056>
19. Borovskiy A. Yu., Baldzhi Yu. A., Shantyz A. Kh., Isabekova S. A., Sultanaeva L. Z. Efficiency of using extruded feed. The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists: materials of the VIII International Scientific-practical conf., dedicated. The 50th anniversary of the creation of the Council of Young Scientists WITH VASHNIL. Krasnoobsk: *Sibirskiy FNTs agrobiotekhnologii RAN*, 2021. pp. 308-316.

20. Cabrera-Ramirez A. H., Cervantes-Ramirez E., Morales-Sanchez E., Rodriguez-Garcia M. E., Reyes-Vega M. de la L., Gaytan-Martinez M. Effect of Extrusion on the Crystalline Structure of Starch during RS5 Formation. *Polysaccharides* 2021;2(1):187-201. DOI: <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2010013>

21. Nessi V., Falourd X., Maigret J.-E., Cahier K., D'Orlando A., Descamps N., Gaucher V., Chevigny Ch., Lourdin D. Cellulose nanocrystals/starch nanocomposites produced by extrusion: Structure and behavior in physiological conditions. *Carbohydrate Polymers*. 2019;225:115123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115123>

22. Kuznetsov V. M. Fundamentals of scientific research in animal husbandry. Kirov: *Zonal'nyy NIISKh Severo-Vostoka*, 2006. 568 p.

23. Alekseeva L. V., Lukyanov A. A. Processes of cicatricial metabolism in the organism of bull-calves at introduction in a diet of nanopowder of copper and its salts. *Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU* = Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU. 2016;(S2). (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27533595>

#### *Сведения об авторах*

✉ **Морозков Николай Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский край, Пермский район, Российская Федерация, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3454-7843>, e-mail: [ivanushkizabereznik@yandex.ru](mailto:ivanushkizabereznik@yandex.ru)

**Суханова Елена Валерьевна**, научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, 614532, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский край, Пермский район, Российская Федерация, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0419-1126>

**Терентьева Людмила Сергеевна**, кандидат с.-х. наук, заведующая лабораторией биологически активных кормов, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Культуры, д. 12, с. Лобаново, Пермский край, Пермский район, Российская Федерация, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3958-1717>

#### *Information about the authors*

✉ **Nikolay A. Morozkov**, PhD in Agricultural sciences, senior researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Culture St., 12, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3454-7843>, e-mail: [ivanushkizabereznik@yandex.ru](mailto:ivanushkizabereznik@yandex.ru)

**Elena V. Sukhanova**, post-graduate student, Junior researcher, the Laboratory of Biologically Active Feed, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Culture St., 12, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0419-1126>

**Lyudmila S. Terentyeva**, PhD in Agricultural sciences, Head of the Laboratory of Biologically Active Feed, Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Culture St., 12, Lobanovo, Perm district, Perm Region, Russian Federation, 614532, e-mail: [pniish@rambler.ru](mailto:pniish@rambler.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3958-1717>

✉ – Для контактов / Corresponding author