

УДК 636.085.25

DOI: 10.33284/2658-3135-102-4-218

Энергетический обмен в организме бычков, получавших в рационе кавитированные концентрированные корма

**Н.М. Ширнина¹, Б.Х. Галиев¹, И.С. Мирошников¹, И.А. Рахимжанова², А.С. Байков²,
Х.Б. Дусаева³, В.И. Корнейченко¹, А.А. Мелех¹**

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (г. Оренбург)

²Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)

³Оренбургский государственный университет (г. Оренбург)

Аннотация. В представленной статье по результату балансового опыта приведены сравнительные данные по обмену энергии в организме подопытных бычков красной степной породы при использовании ими в составе рационов концентрированных кормов с различной подготовкой (дроблёная зерносмесь, кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби).

Бычки на откорме, где в составе рационов были кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби, с поступившими и переваренными питательными веществами кормов приняли больше валовой энергии на 3,57 и 31,24 МДж (2,75 и 21,45 %), переваримой – на 8,18 и 29,10 (8,71 и 30,97 %) и обменной энергии – на 6,45 и 22,74 МДж (6,68 и 30,62 %) соответственно, чем их сверстники из контроля.

Показатель чистой энергии прироста в I и II опытных группах превышал контрольных животных на 2,70 и 3,04 МДж (20,47 и 23,05 %). Разница по чистой энергии прироста в группах, получавших кавитированные концентраты в составе рациона, была небольшая и составила 0,34 МДж (2,14 %) в пользу II группы.

Ключевые слова: бычки, красная степная порода, рационы, кормление, зерносмесь, кавитация, пшеничные отруби, концентрация обменной энергии, обмен веществ.

UDC 636.085.25

Energy metabolism in the body of bulls receiving cavitated concentrated feed in the diet

**Nadezhda M Shirnina¹, Bulat Kh Galiev¹, Ivan S Miroshnikov¹, Ilmira A Rakhimzhanova²,
Aleksy S Baykov², Khamdia B Dusaeva³, Vera I Korneychenko¹, Anna A Melekh¹**

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

²Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)

³Orenburg State University (Orenburg, Russia)

Summary. In the presented article, comparative data on the energy exchange in the body of experimental Red steppe bulls after feeding with concentrated feeds of different preparations (crushed grain mix, cavitated grain mix and wheat bran) in the diets based on the results of the balance experiment, are presented.

Fattening bulls, where cavitated grain mix and wheat bran were included in their diets, with the incoming and digested feed nutrients took more than 3.57 and 31.24 MJ of gross energy (2.75 and 21.45%), digestible – by 8.18 and 29.10 (8.71 and 30.97%) and exchange energy – by 6.45 and 22.74 MJ (6.68 and 30.62%), respectively, than their peers from the control.

The net growth energy index in the experimental groups I and II exceeded the control animals by 2.70 and 3.04 MJ (20.47 and 23.05%). The difference in net growth energy in the groups receiving cavitated concentrates in the diet was small and amounted to 0.34 MJ (2.14%) in favor of group II.

Key words: bulls, Red Steppe Breed, diets, feeding, grain mix, cavitation, wheat bran, metabolic energy concentration, metabolism.

Введение.

В организме животных происходит непрерывное расходование энергии, поступившей с кормами, которая обычно затрачивается на самые разнообразные процессы жизнедеятельности, в связи с этим устойчиво нуждается в её обновлении из внешней среды взамен израсходованной.

Основным и незаменимым источником энергии для животного организма является энергия съеденных кормов.

При этом эффективность использования энергии кормов зависит в первую очередь от природы химических соединений, в которых она содержится, и от усваиваемости в организме животных (Попов В.В. и др., 2006; Дускаев Г.К. и др., 2014).

Затраты энергии животными значительно меняются в процессе взросления, физиологического состояния, величины продуктивности, двигательной активности, характера кормления, условий содержания (Алиев А.А., 1997).

В организм животного энергия поступает с органическими веществами, выделяется с калом, мочой, продукцией, а также в виде тепла поверхности тела, метанами и некоторыми другими газами (Надальяк Е.А. и др., 1977).

Результативность употребления питательных веществ и энергии зависит не только от самого животного, но и от состава рациона, так как питательные вещества и энергия разных кормов используются организмом не одинаково (Калашников А.П. и др., 1997).

До настоящего времени значительным источником энергии в рационах крупного рогатого скота является зерно злаковых и продукты их переработки, в одном килограмме которых содержится от 8,0 до 13,0 МДЖ ОЭ.

Содержание энергии в концентрированных кормах зависит от количества клетчатки и других специфических некрахмалистых углеводов, которые препятствуют эффективности использования питательных веществ, находящихся внутри клеточных стенок, чем выше их содержание, тем меньше усвояемость (Калашников А.П. и др., 2003).

Примерно 70 % безазотистых экстрактивных веществ зерновых не полностью усваивается животными, при этом нужно отметить, что на содержание крахмала от массы зерна злаковых приходится около двух третей. Использование тепловой обработки в оптимально подобранном режиме способствует его переходу в усвояемые декстрины и полисахариды, нейтрализуя при этом антипитательные вещества (Белов А.А. и др., 2014).

О положительном потенциале подготовки зерна, семян и отходов их переработки, основанной на эффекте кавитации, к скармливанию сельскохозяйственным животным указывают многие исследователи (Шестаков С.Д., 2006; Радчиков В.Ф. и др., 2010; Лемешевский В.О., 2011; Быков А.В. и Назарова Е.С., 2013; Галиев Б.Х. и др., 2015).

Кавитационная обработка кормов проводится на специальном оборудовании, основанном на физическом воздействии (ударные волны, давление, температура) при определённом соотношении их в водной среде, всё это приводит к разрушению оболочки или клеточных стенок, состоящих из сложной клетчатки и лигнина, освобождению содержимого. На выходе кормовой продукт имеет влажную консистенцию, наиболее оптимальную для пищеварения животного (Натынчик Т.М. и Лемешевский В.О., 2014).

Самым важным моментом в оптимальном использовании кормовых ресурсов считается наличие точных знаний о содержании в них физиологически полезной энергии (обменной), указывает Дмитроченко А.П. и др. (1982).

Краткий обзор приведённых нами источников свидетельствует об актуальности новых изысканий подготовки концентрированных кормов к скармливанию в составе рационов крупного рогатого скота с использованием современных технологий, в частности – кавитирование.

Одним из фрагментов наших исследований явилось изучение использования поступившей энергии в организм подопытных животных при кормлении рационами с различной подготовкой концентрированных кормов.

Цель исследования

Изучение энергетического обмена в организме подопытных бычков красной степной породы при откорме в зависимости от характера кормления.

Материал и методы исследования.

Объект исследования. Откормочный молодняк красной степной породы в возрасте 17 мес. при живой массе 362,8-373,0 кг.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington. D.C. 1996). При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества образцов.

Схема эксперимента. На основе научно-практических исследований, организованных в Покровском сельскохозяйственном колледже-филиале ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» проведён опыт, где изучен энергетический обмен в организме откормочных бычков при использовании в их кормлении рационов с различной подготовкой концентрированных кормов (зерносмесь дроблёная, кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби).

Научно-практический опыт подразделялся на два периода – предварительный (не менее 10 суток) и основной (7 суток – учётный и 3 суток – переходный), схема которых была аналогичной и включала 30 сходных бычков 13-14-месячного возраста, разделённых на три группы (контрольная, I и II опытные).

В предварительный период опыта все группы животных получали одинаковый рацион, который состоял из набора традиционно приготовленных в хозяйстве кормов.

Средневзвешенный рацион первого периода включал: сено суданской травы и люцерны I и 1,82 кг; кукурузного силоса – 10,6 кг; подсолнечного жмыха – 0,42 кг; зерносмеси дроблёной – 3,06 кг и балансирующих добавок.

В основной (учётный) период контрольная группа животных продолжала кормиться тем же рационом, две других (I и II опытные) получали такой же набор кормов, за исключением концентратной его части. Откормочным животным этих групп давали рацион, где дроблёные концентраты были полностью заменены на кавитированные зерносмесь в количестве 5,0 кг и пшеничные отруби 7,62 кг соответственно группам и питательности.

Кавитационная обработка зерносмеси и пшеничных отрубей проводилась с использованием гидродинамической установки УЖК-1000, оборудованной диспергатором-кавитатором, мощность привода рабочего органа – 18,5 кВт, число оборотов электродвигателя – 2900 об./мин, температура доводится до +58 °C, рабочий объём ёмкости – 1000 л.

Физиологические исследования по энергетическому обмену в организме 17-месячных животных при использовании разработанных рационов изучали по общепринятому методу обменного (балансового) опыта (Овсянников А.И., 1976). Численность животных составляла по 3 головы в каждой группе. Один раз в сутки проводился отбор кормов и их остатков, мочи и кала.

Расчёт энергии в испытываемых рационах рассчитывали по формуле на основании химического состава кормов и энергетических коэффициентов для каждого вида питательных веществ (Зелепухин А.Г. и др., 2005).

Валовая энергия: $23,95 \text{ сП} + 9,77 \text{ сЖ} + 20,05 \text{ сК} + 17,46 \text{ сБЭВ}$. Она выражается в мегаджоулях (МДж), а сырые вещества – в кг.

Переваримая энергия: $\text{ПЭ} = 24,24 \text{ пП} + 34,12 \text{ пЖ} + 18,51 \text{ пК} + 17,0 \text{ пБЭВ}$.

Обменная энергия: $\text{ОЭ} = 17,46 \text{ пП} + 31,23 \text{ пЖ} + 13,65 \text{ пК} + 14,78 \text{ пБЭВ}$

При сборе мочи применялась сбруя с прикреплённым специально мешком, кал собирался дежурными в ванночки непосредственно во время выделения экскрементов животными. Измерив мочу и взвесив кал, отбирались пробы для анализа и переносились для хранения в холодильник.

Химический состав и питательность кормов, их остатков, кала и мочи определяли по общепринятым методикам зоотехнического анализа.

Оборудование и технические средства. В Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.2015 г.) определяли содержание сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), сырого жира (ГОСТ 13496.15-97), сырой клетчатки (ГОСТ 12396.2-91), сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97).

Гидродинамическая установка УЖК-1000 (ООО «Энергия Плюс», Новосибирская область, г. Бердск, Россия), оборудованная диспергатором-кавитатором.

Результаты исследований.

Для расчёта поступления валовой энергии в организм животного со съеденными кормами, переваренной и обменной нами использовались вышеприведённые формулы.

Ранее было установлено, что в контрольной группе животных с кормами рациона принято сырых питательных веществ: протеина – 1101,4; жира – 244,8; клетчатки – 1427,0 и БЭВ – 4643,2 г и переварено 650,9 г; 157,7; 730,9; 3248,7 г соответственно. В I опытной группе эти показатели составили: 1157,3 г; 260,7; 1432,2; 4697,6 г и 730,2 г; 179,4; 783,4; 3496,1 г, во II опытной группе – 1371,7 г; 326,1; 1653,3; 5560,7 г и 880,6; 228,6; 924,2; 4187,0 г.

Разница в пользу животных двух последних групп по сравнению с контрольной составила по потреблению и переваримости сырого протеина 5,1; 24,6 % и 20,6; 35,3 %; сырого жира – 6,5; 33,2 % и 27,5; 45,0 %; сырой клетчатки – 0,32; 15,8 % и 18,0; 26,5 %; БЭВ – 1,2; 19,8 % и 19,8; 258,9 % соответственно (Ширнина Н.М. и др., 2018).

Среди опытных групп более высоким потреблением и переваримостью питательных веществ характеризовались бычки II опытной группы, получавшие в рационе кавитированные пшеничные отруби.

Всё это определило энергетические показатели в организме животных, в составе рационов которых испытывались концентрированные корма различной технологии подготовки (табл. 1).

Таблица 1. Поступление и использование энергии испытуемых рационов
подопытными бычками, МДж
Table 1. The entry and use of energy of the tested diets by experimental bulls, MJ

Показатель/Indicator	Группа/Group		
	контрольная/ control	I опытная/ I experimental	II опытная/ II experimental
Энергия/Energy: валовая/gross	145,62±1,76	149,19±1,83	176,86±1,61***
переваримая/digestible	93,96±1,53	102,14±0,74**	123,06±1,15***
кала/excrement	51,86	47,05	53,8
мочи и метана/urine and methane	19,69	21,42	26,06
Обменная энергия (ОЭ), МДж:/ Metabolic energy (OE), MJ:	74,28±1,11	80,72±1,44**	97,02±1,72***
на поддержание жизни/for life maintenance	40,65	41,56	41,57
энергия сверхподдержания/over maintenance energy	33,62±2,43	39,16±0,57*	55,44±2,54**
Энергия прироста/energy gain	13,19±0,29	15,89±1,19*	16,23±0,59**
Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ /Concentration of exchange energy, MJ/kg СВ	9,54	10,14	10,23
Коэффициент, %: /Coefficient, %:			
переваримости/digestibility	64,50	68,46	69,58
обменности/ exchanges	51,00	54,11	54,85
продуктивного использования ОЭ (КПИ)/ productive use of ME (capacity utilization)	39,33	40,57	29,29

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$ по сравнению с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$ compared with the control group

Молодняк, где в составе рационов были кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби, с поступившими и переваренными питательными веществами кормов принял больше валовой

энергии на 3,57 и 31,24 МДж (2,75 и 21,45 %), переваримой – на 8,18 и 29,10 (8,71 и 30,97 %) и обменной энергии – на 6,45 и 22,74 МДж (6,68 и 30,62 %) соответственно, чем их сверстники из контроля.

Энергия, расходуемая на поддержание жизни, в какой-то степени характеризует характер и уровень кормления животных. Расход энергии на поддержание жизни всех подопытных животных был примерно одинаковым и составил 40,65-41,57 МДж.

Энергия, затраченная на синтез продукции, была выше на 5,54 МДж (16,48 %) в I опытной группе и на 21,82 МДж (64,90 %) – во II опытной по сравнению с ровесниками из контроля.

При изучении в организме животных обмена энергии очень важным является использование концентрации энергии в сухом веществе, отражающей содержание полезной обменной энергии в единице сухого вещества рациона. В рационах всех групп животных она колебалась в пределах 9,54-10,23 МДж/ кг сухого вещества, при этом в двух последних группах животных, получавших в составе рационов испытываемые концентрированные корма, было некоторое превышение – 0,6 и 0,69 МДж (6,29 и 7,23 %).

Анализируя данные по использованию энергии на продуктивные цели, следует отметить, что животные контрольной группы на производство продукции расходовали 33,62 МДж (45,27 %; $P \leq 0,01$), в то время как I и II опытные группы – 39,16 МДж (48,51 %) и 55,44 МДж (57,15 %; $P \leq 0,001$) соответственно.

Имелись определённые различия в сравниваемых группах и по чистой энергии прироста. Так, этот показатель в I и II опытных группах превышал контрольных животных на 2,70 и 3,04 МДж (20,47 и 23,05 %). Разница по чистой энергии прироста в группах, получавших кавитированные концентраты в составе рациона, была небольшая и составила 0,34 МДж (2,14 %) в пользу II группы.

Всё это привело к тому, что коэффициенты продуктивного использования обменной энергии в I опытной группе превосходили показатели других сверстников на 1,24 и 11,28 %. При этом коэффициенты переваримости энергии рационов в двух последних группах были выше по сравнению с контрольными на 3,96 и 5,08 %, а коэффициенты обменности – на 3,11 и 3,85 % соответственно.

Среди опытных групп более высокие показатели по коэффициентам переваримости и обменности энергии имели бычки II группы, получавшие в составе рациона кавитированные пшеничные отруби. Они превосходили сверстников из I опытной группы, получавших в рационе кавитированную зерносмесь, на 1,12 и 0,74 % соответственно.

Подход изучения энергетического обмена в организме даёт возможность комплексной оценки интенсивности и условий питания подопытных животных.

Таким образом, в случае использования концентрированных кормов (зерносмесь, пшеничные отруби), приготовленных по современной технологии, в основе которой применялся эффект кавитации, в составе рационов откормочных животных оценивается положительно.

Обсуждение полученных результатов.

Инновационные подходы подготовки кормов к скармливанию для крупного рогатого скота, способствующие более высокому продуктивному действию через обменные процессы в организме, всё больше притягивают интерес учёных и практиков. Для получения высокой мясной продуктивности молодняка при откорме необходимо рациональное сбалансированное питание (Дускаев Г.К. и др., 2014; Сизова Е.А. и др., 2013; Ahrari F et al., 2015).

Заслуживает внимание эффект кавитации (ультразвуковой, гидродинамический), при котором в водной среде происходит разрушение структурных углеводов с образованием легкоусвояемых сахаров, липидов и других питательных веществ (Мотовилов К.Я. и др., 2012).

Сравнительное изучение рационов, используемых при откорме молодняка крупного рогатого скота, отличавшихся только подготовкой концентратной части, позволило установить положительное влияние кавитационно обработанных концентратов на энергетический обмен жвачных животных.

Данные указывают на то, что молодняк, получавший рационы с кавитационно обработанными зерносмесью и пшеничными отрубями, больше потреблял энергии питательных веществ. При этом поступление валовой энергии было выше на 3,57 и 31,24 МДж (2,75 и 21,45 %), переваримой – на 8,18 и 29,10 (8,71 и 30,97 %) и обменной энергии – на 6,45 и 22,74 МДж (6,68 и 30,62 %) соответственно, чем у их сверстников из контроля, получавших дроблёную зерносмесь.

В итоге можно сказать, что использование обменной энергии в организме молодняка крупного рогатого скота при выращивании и откорме на мясо зависит от состава рационов, биологической и питательной ценности входящих в него кормов, концентрации обменной энергии в 1 килограмме сухого вещества.

Выводы.

При использовании энергии на продуктивные цели животные контрольной группы, получавшие в составе рациона дроблёную зерносмесь на производство продукции расходовали 33,62 МДж или 45,27 %, в то время как ровесники I и II опытных групп, где в концентратная часть была полностью заменена на кавитированные зерносмесь и пшеничные отруби – 39,16 МДж (48,51 %) и 55,44 МДж (57,15 %) соответственно, что выше на 3,24 % и 11,9 %.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005)

Литература

1. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных: монография. М.: НИЦ «Инженер», 1997. С. 256-259. [Aliev AA. Obmen veshchestv u zhvachnykh zhivotnykh: monografiya. Moscow: NITs «Inzhener»; 1997:256-259. (In Russ)].
2. Белов А.А., Новикова Г.В., Белова М.В. Микронизатор фуражного сырья: монография. Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСКХА, 2014. 90 с. [Belov AA, Novikova GV, Belova MV. Mikronizator furazhnogo syr'ya: monografiya. Cheboksary: FGBOU VPO ChGSKhA; 2014:90 p. (In Russ)].
3. Быков А.В., Назарова Е.С. К вопросу использования кавитации в перерабатывающей промышленности сельскохозяйственного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием). Оренбург, 2013. С. 934-935. [Bykov AV, Nazarova ES. K voprosu ispol'zovaniya kavitatsii v pere-rabatyvayushchei promyshlennosti sel'skokhozyaistvennogo syr'ya. (Conference proceedigs) Universi-tetskii kompleks kak re-gional'nyi tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury: materialy Vseros. nauch.-metod. konf. (s mezhdunar. uchastiem). Orenburg, 2013:934-935. (In Russ)].
4. Влияние кавитационной обработки концентрированных кормов на поступление и переваримость питательных веществ рациона при выращивании молодняка крупного рогатого скота / Н.М. Ширнина, Б.Х. Галиев, К.Ш. Картекинов, И.С. Мирошников, В.И. Корнейченко, И.А. Рахимжанова, А.С. Байков // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 3. С. 66-75. [Shirmina NM, Galiyev BKh, Kartekenov KSh, Miroshnikov IS, Korneichenko VI, Rakhimzanova IA, Baykov AS. Effect of concentrated feeds cavitation threatment on the intake and digestibility of diet nutrients in rearing of young stock. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(3):66-75. (In Russ)].
5. Обоснование одного из вариантов новой системы питательности кормов / А.П. Дмитро-ченко, Ю.К. Олль, В.М. Крылов и др. // Энергетическое питание сельскохозяйственных животных. М., 1982. С. 5-30. [Dmitrochenko AP, Oll' YuK, Krylov VM, et al. Obosnovanie odnogo iz variantov no-voi sistemy pitatel'nosti kormov. Energeticheskoe pitanie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Moscow, 1982:5-30. (In Russ)].
6. Зависимость качества растительных ресурсов от различных факторов (обзор) / Г.К. Дус-каев, Г.И. Левахин, Б.С. Нуржанов, А.Ф. Рысаев // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 3(86). С. 114-117. [Duskaev GK, Levakhin GI, Nurzhanov BS, Rysaev AF. Dependence of quality of plant resources on different factors (review). Herald of Beef Cattle Breeding. 2014;3(86):114-117. (In Russ)].

7. Инновационные подходы при подготовке кормовых средств с применением кавитации / Б.Х. Галиев, Н.М. Ширнина, К.Ш. Картеkenов, Г.К. Дускаев // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 4(92). С. 153. [Galiev BKh, Shirnina NM, Kartekenov KSh, Duskaev GK. Innovative approaches in preparation of feed materials using cavitation. Herald of Beef Cattle Breeding. 2015;4(92):153. (*In Russ*)].
8. Краткое пособие для проведения научно-исследовательских работ: учеб. пособие / А.Г. Зелепухин, В.И. Левахин, А.В. Харламов, В.Д. Баширов, Н.А. Кобзев, Г.Б. Родионова, М.А. Кизаев. Оренбург, 2005. 74 с. [Zelepukhin AG, Levakhin VI, Kharlamov AV, Bashirov VD, Kobzev NA, Rodionova GB, Kizaev MA. Kratкое posobie dlya provedeniya nauchno-issledovatel'skikh rabot: ucheb. posobie. Orenburg, 2005:74 p. (*In Russ*)].
9. Лемешевский В.О. Энергетическое питание бычков белорусской чёрно-пёстрой породы при выращивании на мясо: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Горки, 2011. 22 с. [Lemeshevskii VO. Energeticheskoe pitaniye bychkov belorusskoi cherno-pestroi porody pri vyrashchivaniy na myaso: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Gorki; 2011:22 p. (*In Russ*)].
10. Мясная продуктивность и качество продукции молодняка бестужевской породы и её помесей с герефордами и лимузинами: монография / В.В. Попов, А.И. Айзатулин, В.И. Левахин, Ф.Х. Сиразетдинов. Уфа-Оренбург, 2006. 120 с. [Popov VV, Aizatulin AI, Levakhin VI, Sirazetdinov FKh. Myasnaya produktivnost' i kachestvo produktsii molodnyaka bestuzhevskoi porody i ee pomesei s gerefordami i limuzinami: monografiya. Ufa-Orenburg, 2006:120 p. (*In Russ*)].
11. Надаляк Е.А., Агафонов В.И., Григорьева К.Н. Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных: метод. указания. Боровск: ВНИИФБИП, 1977. 77 с. [Nadal'yak EA, Agafonov VI, Grigor'eva KN. Izuchenie obmena energii i energeticheskogo pitaniya u sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: metod. ukazaniya. Borovsk: VNIIFBIP; 1977:77 p. (*In Russ*)].
12. Наночастицы меди – модуляторы апоптоза и структурных изменений в некоторых органах / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, В.С. Полякова, С.В. Лебедев, Н.Н. Глущенко // Морфология. 2013. Т. 144. № 4. С. 47-62. [Sizova YeA, Miroshnikov SA, Polyakova VS, Lebedev SV, Glushchenko NN. Copper nanoparticles as modulators of apoptosis and structural changes in some organs. Morphology. 2013;144(4):47-62. (*In Russ*)].
13. Натынчик Т.М., Лемешевский В.О. Новые технологии в кормлении крупного рогатого скота // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. 2014. № 1. С. 34-37. [Natynchik TM, Lemeshevsky VO. New technologies in feeding cattle. Vesnik of Palesky State University. Series in Natural Sciences. 2014;1:34-37. (*In Russ*)].
14. Новая концепция о балансе энергии в организме животного / А.П. Калашников, В.В. Щеглов, Н.В. Груздев, В.Г. Двалишвили // Зоотехния. 1997. № 12. С. 10-14. [Kalashnikov AP, Shcheglov VV, Gruzdev NV, Dvalishvili VG. Novaya kontseptsiya o balanse energii v organizme zhivotnogo. Zootekhnika. 1997;12:10-14. (*In Russ*)].
15. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: sprav. posobie. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (*In Russ*)].
16. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве: учеб. пособие. М.: Колос, 1976. 304 с. [Ovsyannikov AI. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve: ucheb. posobie. Moscow: Kolos; 1976:304 p. (*In Russ*)].
17. Переработка зерна на кормовые сахара для животных / К.Я. Мотовилов, Н.А. Шкиль, В.В. Аксенов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 43-45. [Motovilov KYa, Shkil NA, Aksenov VV, et al. Innovative technologies for grain processing into sugar-containing feed additives. Achievements of Science and Technology of AIC. 2012;10:43-45. (*In Russ*)].
18. Приёмы повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота: монография / В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин, А.Н. Кот и др. Жодино: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2010. 244 с. Radchikov VF, Gurin VK, Kot AN, et

al. Priemy povysheniya produktivnosti molodnyaka krupnogo rogatogo skota: monografiya. Zhodino: RUP «Nauchno-prakticheskii tsentr Natsional'noi akademii nauk Belarusi po zhivotnovodstvu»; 2010:244 p. (*In Russ*)].

19. Шестаков С.Д. Управляемая гидратация биополимеров – безопасный, эффективный и универсальный способ увеличения объёма производимого сельхозсырья и продовольственных продуктов // Новые мировые тенденции в производстве продуктов из мяса птицы и яиц: материалы междунар. науч.-прак. конф. Ржавки, 2006. С. 59-64. [Shestakov SD. Upravlyayemaya gidratatsiya biopolimerov – bezopasnyi, effektivnyi i universal'nyi sposob uvelicheniya ob"ema proizvodimogo sel'khozsyry'a i prodovol'stvennykh produktov. (Conference proceedigs) Novye mirovye tendentsii v proizvodstve produktov iz myasa ptitsy i yaits: materialy mezhdunar. nauch.-prak. konf. Rzhavki, 2006. S. 59-64.

20. Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Glazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of Streptococcus mutans and Streptococcus sangius to colloidal solutions of different nanoparticles applied as mouthwashes. Dental Research Journal (Isfahan). 2015;12(1):44-49.

References

1. Aliev AA. Metabolism of ruminants: a monograph. Moscow: SIC «Engineer»; 1997:256-259.
2. Belov AA, Novikova GV, Belova MV. Micronizer of raw feed: monograph. Cheboksary: FSBEI HPE ChSHA; 2014:90 p.
3. Bykov AV, Nazarova ES. To the question of the use of cavitation in the processing industry of agricultural raw materials. (Conference proceedigs) University complex as a regional center of education, science and culture: All-Russian materials. scientific method. conf. (with international participation). Orenburg, 2013:934-935.
4. Shirnina NM, Galiyev BKh, Kartekenov KSh, Miroshnikov IS, Korneichenko VI, Rakhimzanova IA, Baykov AS. Effect of concentrated feeds cavitation threatment on the intake and digestibility of diet nutrients in rearing of young stock. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018;101(3):66-75.
5. Dmitrochenko AP, Oll' YuK, Krylov VM, et al. Justification of one of the options for a new feed nutrition system. Energetic nutrition of farm animals. Moscow, 1982:5-30.
6. Duskaev GK, Levakhin GI, Nurzhanov BS, Rysaev AF. Dependence of quality of plant resources on different factors (review). Herald of Beef Cattle Breeding. 2014;3(86):114-117.
7. Galiev BKh, Shirnina NM, Kartekenov KSh, Duskaev GK. Innovative approaches in preparation of feed materials using cavitation. Herald of Beef Cattle Breeding. 2015;4(92):153.
8. Zelepukhin AG, Levakhin VI, Kharlamov AV, Bashirov VD, Kobzev NA, Rodionova GB, Kizaez MA. A short guide to conducting research: manual. Orenburg, 2005:74 p.
9. Lemeshevsky VO. Energy nutrition of bulls of the Belarusian Black Spotted breed reared for beef: abstract. dis. ... Cand. Agr. Sciences. Gorki; 2011:22 p.
10. Popov VV, Aizatulin AI, Levakhin VI, Sirazetdinov FK. Meat productivity and product quality of young Bestuzhev breed and its crosses with Herefords and limousines: monograph. Ufa-Orenburg, 2006:120 p.
11. Nadalyak EA, Agafonov VI, Grigoryeva KN. The study of the exchange of energy and energy nutrition in farm animals: a method. directions. Borovsk: VNIIFBIP; 1977:77 p.
12. Sizova YeA, Miroshnikov SA, Polyakova VS, Lebedev SV, Glushchenko NN. Copper nanoparticles as modulators of apoptosis and structural changes in some organs. Morphology. 2013;144(4):47-62.
13. Natynchik TM, Lemeshevsky VO. New technologies in feeding cattle. Vesnik of Palesky State University. Series in Natural Sciences. 2014;1:34-37.
14. Kalashnikov AP, Scheglov VV, Gruzdev NV, Dvalishvili VG. A new concept on the balance of energy in the body of an animal. Zootekhnika. 1997;12:10-14.
15. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.

16. Ovsyannikov AI. Fundamentals of experimental work in animal husbandry: textbook. allowance. Moscow: Kolos; 1976:304 p.
17. Motovilov KYa, Shkil NA, Aksenov VV, et al. Innovative technologies for grain processing into sugar-containing feed additives. Achievements of Science and Technology of AIC. 2012;10:43-45.
18. Radchikov VF, Gurin VK, Kot AN. et al. Techniques for increasing the productivity of young cattle: monograph. Zhodino: RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry»; 2010:244 p.
19. Shestakov SD. Controlled hydration of biopolymers - safe, efficient and versatile method for increasing the volume of production of agricultural supplies and food products. (Conference proceedings) New world trends in food production of poultry meat and eggs: Proceedings of the international. scientific-prac. conf. Rzhavki, 2006:59-64.
20. Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Glazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* to colloidal solutions of different nanoparticles applied as mouthwashes. Dental Research Journal (Isfahan). 2015;12(1):44-49.

Ширнина Надежда Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79, e-mail: vniims.or@mail.ru

Галиев Булат Хабулеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79, e-mail: vniims.or@mail.ru

Мирошников Иван Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79, e-mail: vniims.or@mail.ru

Рахимжанова Ильмира Агзамовна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой электротехнологии и электрооборудования, Оренбургский государственный аграрный университет, 460000, г. Оренбург, ул. А.В. Коваленко, 4, тел.: 8(3532)57-81-52, e-mail: kaf@orensau.ru.

Байков Алексей Сергеевич, преподаватель кафедры электротехнологии и электрооборудования, Оренбургский государственный аграрный университет, 460000, г. Оренбург, ул. А.В. Коваленко, 4, тел.: 8(3532)57-81-52, e-mail: kaf@orensau.ru.

Дусаева Хамдия Базлахметовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, тел.: 8(3532)37-24-65, e-mail: ppbt@mail.osu.ru

Корнейченко Вера Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-77, e-mail: icvniims.or@mail.ru

Мелех Анна Анатольевна, специалист-техник Испытательного центра ЦКП Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532) 30-81-77, e-mail: icvniims.or@mail.ru

Поступила в редакцию 15 октября 2019 г.; принята после решения редколлегии 16 декабря 2019 г.; опубликована 31 декабря 2019 г. / Received: 15 October 2019; Accepted: 15 October 2019; Published: 31 December 2019