

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА У БЫЧКОВ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ И СООТНОШЕНИИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ В РАЦИОНЕ

А. И. ДЕНЬКИН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных –
филиал ФГБНУФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста

(249013, Калужская обл., г. Боровск, ВНИИФБиП животных; тел. +7 484 384-30-26, e-mail: denkin.alex-009@yandex.ru),

В. О. ЛЕМЕШЕВСКИЙ, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова Белорусского
государственного университета

(220070, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Долгобродская, д. 23/1; тел. +375 29 938-17-70, e-mail: Lemeshonak@yahoo.com)

Ключевые слова: бычки, рацион, обменный протеин, субстраты, баланс энергии, прирост.

В условиях вивария ВНИИФБиП животных на бычках холмогорской породы методом периодов по схеме латинского квадрата изучены потребление, переваримость и усвоение питательных веществ при разном уровне обменного протеина в рационе за счет ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых). Подопытные бычки начальной массой 335 кг (возраст 10 месяцев) выращены по принятой технологии с использованием молочных продуктов: цельного молока и ЗЦМ, смеси дерти концентратов при раннем приучении к потреблению грубых кормов. Животные подопытных групп получали с рационом 4 разными уровнями обменного протеина. Отношение обменного протеина к обменной энергии рациона составило в I группе 7,8; во II – 8,1; в III – 8,2 и в IV – 8,5 г/МДж. На основании баланса энергии и субстратов определено соотношение затрат обменной энергии рациона на теплопродукцию и отложение в приросте массы тела бычков в период откорма. Вклад аминокислот в прирост продукции при разном уровне обменного протеина в рационах составил: в I – 48 %, во II и III группах – 49 % и в IV группе – 46 %. Повышение уровня обменного протеина в рационе с 7,8 до 8,2 г на 1 МДж обменной энергии способствует более эффективному использованию обменной энергии и аминокислот на прирост живой массы. При отношении обменного протеина к обменной энергии 8,5 вклад обменной энергии и аминокислот на прирост продукции снижается, поэтому нормой уровня протеинового питания для данного возраста, живой массы и уровня привесов следует считать 8,2 г обменного протеина на 1 МДж обменной энергии.

FEATURES OF ENERGY METABOLISM IN BULLS OF THE KHOLMOGOR BREED AT DIFFERENT LEVELS AND RATIOS OF NITROGEN-CONTAINING SUBSTANCES IN THE DIET

A. I. DENKIN, candidate of biological sciences, senior researcher,
Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition – Branch of Federal Science Center for Animal
Husbandry named after L. K. Ernst

(Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, 249013 Borovsk, Kaluga district; phone +7 484 384-30-26, e-mail: denkin.alex-009@yandex.ru),

V. O. LEMIASHEVSKIY, candidate of agricultural sciences, associate professor,
International Environmental Institute named after A. D. Sakharov of Belarusian State University

(23 Dolgobrodskaya Str., 220070 Minsk, Republic of Belarus; tel. +375 29 938-17-70, e-mail: Lemeshonak@yahoo.com)

Keywords: bulls, diet, metabolizable protein, substrates, energy balance, growth.

In vivarium conditions of the institute animal on bull-calves of Kholmogor breed by the method of periods according to the Latin square scheme, the consumption, digestibility and assimilation of nutrients at different levels of metabolizable protein in the diet are studied by introducing feed additives with reduced protein disintegration (soybean meal). Experimental bull-calves, with an initial weight of 335 kg (10 months old), are grown according to the adopted technology using dairy products: whole milk and milk replacer, a mixture of rubbed concentrates, with early training for the consumption of coarse feed. The animals in the experimental groups received 4 different levels of metabolizable protein with a diet. The ratio of the metabolizable protein to the metabolizable energy of the diet was in the 1st group 7.8; in the second – 8.1; in the 3rd – 8.2 and in the 4th – 8.5 g/MJ. On the basis of the balance of energy and substrates, the ratio of the expenditures of the metabolizable energy of the ration for heat production and deposition in the weight gain of bulls during the fattening period is determined. The contribution of amino acids to the increase in production at different levels of metabolizable protein in the rations was: in the 1st – 48 %, in the 2nd and 3rd groups – 49 % and in the 4th group – 46 %. Increasing the level of metabolizable protein in the diet from 7.8 to 8.2 g per 1 MJ of metabolizable energy contributes to a more efficient use of metabolizable energy and amino acids for the increase in live weight. When the ratio of metabolizable protein to metabolizable energy is 8.5, the contribution of metabolizable energy and amino acids to the increase in production decreases, therefore, the normal level of protein nutrition for a given age, body weight and level of weight gain should be considered 8.2 g of metabolizable protein per 1 MJ of metabolizable energy.

Положительная рецензия представлена Н. В. Пилюком, доктором сельскохозяйственных наук, доцентом, исполняющим обязанности заведующего лабораторией кормопроизводства, главным научным сотрудником РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Введение

Главным фактором, обуславливающим формирование мясной продуктивности крупного рогатого скота, является рациональное кормление животных, связанное с более точной оценкой их потребностей в зависимости от физиологического состояния, возраста и уровня продуктивности [2, 11, 12].

Важно подобрать общий уровень и правильное соотношение в рационе отдельных питательных веществ (энергопротеиновое, сахаропропротеиновое и др.), а также создать более благоприятные условия для функционирования преджелудков жвачных [1, 9]. При недостаточном поступлении энергии или избыточном уровне протеина активность микроорганизмов рубца ограничена. При этом белок кормов в значительной мере используется как источник энергии при одновременно избыточном образовании аммиака, который микроорганизмы не в состоянии полностью использовать из-за недостатка энергии. В то же время нерационально введение в рацион сверх нормы кормов, богатых энергией, в частности крахмала. Суточные приросты живой массы животных при введении избыточной энергии даже снижаются по сравнению с оптимально сбалансированным энергопротеиновым отношением [8, 10].

Оптимальное энергопротеиновое соотношение кормов играет важную роль для рационального использования жвачными протеина кормов. Работы последних лет свидетельствуют, что при оценке обеспеченности жвачных животных необходимо знать возможности микробного синтеза в преджелудках, а также степень усвоения и использования кормового и микробного белка при различных физиологических состояниях и уровне продуктивности животных. Кроме содержания в корме сырого или переваримого протеина, важными показателями в данном случае становятся его растворимость и расщепляемость, так как при равном потреблении переваримого протеина из разных кормовых источников эффективность его использования и продуктивность животных могут сильно различаться [3, 6]. Основной причиной являются различия в выращивании культур (дозы удобрений, создание определенных условий произрастания и др.) и технологии приготовления корма (консервирование, гранулирование, брикетирование, экструдирование и др.), приводящие к изменению растворимости и распадаемости (расщепляемости) протеина в рубце [7].

Аминокислотную потребность организма жвачных в настоящее время рассчитывают с учетом образования микробного белка и не распавшегося в рубце протеина. Суммарное выражение этих двух источников протеина определяют как обменный белок.

Содержание растворимой и расщепляемой фракций кормового белка необходимо знать для нормиро-

вания азота, доступного для микробного синтеза, а количество не распавшегося в рубце белка – как источника аминокислот собственно корма, которые всасываются в тонком кишечнике.

В то же время в странах с развитым животноводством системы питания жвачных животных предусматривают необходимость учета качества протеина и углеводов корма. Показано, что данный подход экономически целесообразен не только при производстве молока, но и при выращивании животных на мясо [5].

Цель и методика исследований

Цель работы – изучить особенности использования субстратов в энергетическом обмене при разном уровне и соотношении азотсодержащих веществ в рационе бычков холмогорской породы.

Для решения поставленных задач провели эксперимент методом латинского квадрата на 4 бычках холмогорской породы в виварии ВНИИФБиП животных. Бычки начальной массой 335 кг (возраст 10 месяцев) выращены по принятой технологии с использованием молочных продуктов: цельного молока и ЗЦМ, смеси дерти концентратов при раннем приучении к потреблению грубых кормов.

Содержание животных привязное, кормление индивидуальное, двукратное, равными частями. Ежедневно учитывали потребление корма. Для оценки интенсивности роста бычков периодически взвешивали.

Животные получали одинаковый основной рацион, сбалансированный по питательным веществам с содержанием сырого протеина и обменной энергии согласно существующим нормам [4]. Рацион включал сено злаковое, силос разнотравный и комбикорм (табл. 1).

Внутри группы в рационе бычков последовательно повышали уровень обменного протеина за счет ввода кормовых добавок с разной распадаемостью протеина (коммерческий препарат подсолнечного жмыха, содержащего протеин, не защищенный от распада в рубце, или препарат соевого жмыха с протеином, защищенным от распада в рубце). В течение месяца каждый из бычков получал данную кормовую протеиновую добавку, а в дальнейшем проводили замену животных (метод латинского квадрата). На бычках провели по три одномесечных цикла исследований.

В результате использования данной схемы исследований бычки получали с рационом 4 разными уровнями обменного протеина. Отношение обменного протеина к обменной энергии рациона составило в I группе 7,8; во II – 8,1; в III – 8,2 и в IV – 8,5 г/МДж.

В конце каждого периода поставлены балансовые и респираторные исследования масочным методом, проведена оценка энергетической и субстратной питательности кормов и рационов [12].

Таблица 1
 Рационы кормления бычков
 Table 1
 Feeding diets of bulls

Корм, кг <i>Feed, kg</i>	Группа <i>Group</i>			
	I (контроль) <i>I (control)</i>	II (опыт) <i>II (experience)</i>	III (опыт) <i>III (experience)</i>	IV (опыт) <i>IV (experience)</i>
Сено злаковое <i>Cereal hay</i>	1,0	1,0	1,0	1,0
Силос разнотравный <i>Silage grass</i>	12	12	12	12
Комбикорм <i>Fodder</i>	5,4	5,15	5,15	4,90
Жмых соевый <i>Soybean cake</i>	–	–	0,25	0,5
Жмых подсолнечный <i>Sunflower cake</i>	–	0,25	–	–
Мел кормовой <i>Chalk feed</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
Соль поваренная <i>Salt</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60 <i>Premix PC-60</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
Показатели питательности рационов <i>Nutritional indicators of rations</i>				
Сухое вещество, кг <i>Dry matter, kg</i>	9,94	9,94	9,94	9,94
Обменная энергия, МДж <i>Metabolizable energy, MJ</i>	88,9	88,9	88,9	88,9
Сырой протеин, г <i>Crude protein, g</i>	1291	1343	1343	1395
Распадаемый протеин, г <i>Degradable protein, g</i>	890	933	916	948
Нераспадаемый протеин, г <i>Non-degradable protein, g</i>	401	410	427	447
Обменный протеин, г <i>Metabolizable protein, g</i>	699	728	732	754
Сырая клетчатка, г <i>Crude fiber, g</i>	1812	1823	1813	1814
Сырой жир, г <i>Crude fat, g</i>	278	288	285	292
Сырая зола, г <i>Crude ash, g</i>	605	612	608	612
БЭВ, г <i>NFE, g</i>	5948	5874	5888	5828

Для оценки процессов пищеварения у бычков определяли потребление корма, переваримость основных питательных веществ рациона и поступление субстратов из пищеварительного тракта в метаболический пул. В пробах корма и кала определено содержание сухого и органического вещества, сырого протеина, клетчатки, общих липидов и золы.

Газоанализ проведен с использованием газоанализатора-хроматографа АХТ-ТИ; прямую калориметрию проб корма, кала, мочи, молока и др. проводили с использованием адиабатического калориметра АБК-1.

Фонд субстратов используется на энергетические цели и на синтез продукции (в данном случае прироста) аналогично известному принципу определе-

ния обменной энергии рационов ($ОЭ = ТП + ЭП$). В институте разработана методика количественного определения субстратов, использованных в энергетическом обмене; их суммарный энергетический эквивалент равен суточной теплопродукции.

Все оставшиеся субстраты в преформированном виде входят в компоненты прироста бычков.

Количественный вклад основных групп субстратов в энергетический обмен (в величину теплопродукции) рассчитывали по данным исследований легочного газообмена и потерь азота с мочой. Количество вовлеченных в энергетический обмен аминокислот в приближении рассчитывали по азоту, выделенному с мочой в течение суток, умножая коэффициент на 6,25, с учетом того, что содержание азота в белках

(аминокислотах) составляет в среднем 16 %. Зная калорическую ценность белка (18,00 кДж/г), рассчитывали суточную теплопродукцию за счет полного окисления аминокислот до CO₂ и воды и вычитали ее из величины общей суточной теплопродукции. В результате получаем величину «небелковой» теплопродукции, по которой находим относительный вклад в теплопродукцию двух групп субстратов, различающихся по величине дыхательного коэффициента.

Количественные данные, полученные в результате экспериментальных исследований, подвергались статистической обработке с оценкой достоверности эффектов с помощью *t*-критерия Стьюдента в компьютерной программе Statistica и MS Office Excel.

Результаты исследований

Во время трехмесячного опыта (с 10 по 13 мес.) бычки потребляли меньше сухого вещества и обменной энергии, сырого протеина, клетчатки и жира и значительно больше крахмала по сравнению с нормативными показателями. Повышение уровня протеинового питания не оказало влияния на потребление сухого вещества корма (табл. 2). С повышением уровня нераспадаемого протеина в рационах II и III опытных групп отмечается незначительное повышение переваримости сухого вещества по сравнению с контролем. Однако в IV группе, где уровень нераспадаемого протеина был самым высоким, переваримость сухого вещества была ниже, чем в контрольной группе, и составила 63,33 %. Концентрация обменной энергии в рационах контрольной и опытных групп была на одном уровне.

В сбалансированных рационах переваримость валовой энергии принято рассчитывать по разнице между содержанием валовой энергии корма и энергии, содержащейся в кале. Калорийность 1 кг сухого вещества переваримых питательных веществ в сбалансированных рационах не превышает 17,0 МДж ввиду высокой калорийности сухого вещества кала, где относительно возрастает доля непереваренных компонентов грубых кормов (лигнина, сы-

рой клетчатки и др.), имеющих калорийность свыше 20 кДж/г. Энергия переваримых питательных веществ является исходной величиной для расчета обменной энергии в животном организме и при оценке энергетической питательности рациона. С энергией переваримых питательных веществ тесно связаны потери энергии с мочой (4–5 % от переваримой энергии). В более сложной связи с энергией переваримых питательных веществ находятся потери энергии с метаном и теплотой ферментации. По литературным данным, потери энергии в преджелудках жвачных, связанные с ферментацией, составляют 24,8 %. Проведенные прямые исследования с дуоденальным и илеоцекальным анастомозами показали, что потери энергии корма с метаном и теплотой ферментации составляют 24,72 % от потери энергии питательных веществ, переваренных в преджелудках и тонком кишечнике [3]. После применения поправок на потери энергии переваримых питательных веществ с метаном и теплотой ферментации оставшаяся часть энергии, переваренной в преджелудках и толстом кишечнике, представлена ЛЖК, количественно выраженной в молярном, а затем в весовом их соотношении. Энергия питательных веществ, переваренных в тонком кишечнике, служит для количественного расчета аминокислот, высокомолекулярных жирных кислот и глюкозы.

Содержание валовой энергии в 1 кг комбикорма для контрольной группы составило 17,22 МДж/кг СВ, а содержание ее в соевом жмыхе составило 18,69 МДж/кг СВ (табл. 3). При этом потребление валовой энергии корма (с учетом фактического потребления кормов) в контроле, во II и III группах было одинаковым. В IV группе введение 500 г соевого жмыха способствовало повышению валовой энергии рациона. Однако при этом энергия переваримых питательных веществ в IV группе была ниже, чем в контроле. Во II и III группах при повышении уровня нераспадаемого протеина в рационе энергия переваримых питательных веществ возрастала.

Таблица 2
Фактическое потребление и переваримость сухого вещества корма
Table 2
Actual consumption and digestibility of dry matter feed

Группа <i>Group</i>	Сухое вещество корма, кг <i>Dry matter feed, kg</i>	Сухое вещество кала, кг <i>Dry matter of feces, kg</i>	Переваримое сухое вещество, кг <i>Digestible dry matter, kg</i>	Переваримость, % <i>Digestibility, %</i>	Концентрация ОЭ, МДж/кг СВ <i>Concentration of ME, MJ/kg DM</i>
I (контроль) <i>I (control)</i>	9,82 ± 0,51	3,41 ± 0,11	6,41 ± 0,54	65,03 ± 2,25	8,48 ± 0,25
II (опыт) <i>II (experience)</i>	9,78 ± 0,46	3,40 ± 0,25	6,38 ± 0,22	65,29 ± 1,02	8,71 ± 0,15
III (опыт) <i>III (experience)</i>	9,79 ± 0,47	3,26 ± 0,27	6,52 ± 0,20	66,73 ± 1,20	8,88 ± 0,14
IV (опыт) <i>IV (experience)</i>	9,86 ± 0,48	3,59 ± 0,11	6,27 ± 0,52	63,33 ± 2,38	8,49 ± 0,35

Таблица 3
Баланс энергии, МДж/сут
Table 3
Balance of energy, MJ/day

Показатель <i>Indicator</i>	Группа <i>Group</i>			
	I (контроль) <i>I (control)</i>	II (опыт) <i>II (experience)</i>	III (опыт) <i>III (experience)</i>	IV (опыт) <i>IV (experience)</i>
Валовая энергия корма <i>Gross energy feed</i>	166,2±7,5	166,0±7,6	166,0±7,9	167,6±8,1
Валовая энергия кала <i>Gross feces energy</i>	60,4±2,2	59,8±4,1	57,6±4,5	62,7±1,9
Энергия переваримых питательных веществ <i>Energy of digestible nutrients</i>	105,8±5,4	106,1±4,0	108,4±3,6	105,0±6,4
Потери энергии с метаном и теплотой ферментации <i>Energy loss with methane and heat of fermentation</i>	17,2±1,5	17,2±0,7	17,6±0,6	17,1±1,5
Энергия мочи <i>Urine energy</i>	5,0±0,7	3,7±0,4	3,9±0,3	3,8±0,7 ¹
Обменная энергия <i>Metabolizable energy</i>	83,6±3,9	85,2±3,4	86,9±3,1	84,1±4,9
Теплопродукция <i>Heat production</i>	61,1±3,2	62,1±2,8	63,2±2,8	61,7±3,7
Энергия прироста <i>Gain energy</i>	22,5±0,7	23,1±0,2	23,7±0,6	22,4±1,7

Таблица 4
Использование обменной энергии на теплопродукцию и прирост при разном уровне обменного протеина в рационе
Table 4
The use of metabolizable energy for heat production and gain at different levels of metabolizable protein in the diet

Группа <i>Group</i>	Отношение обменного протеина к обменной энергии, г/МДж <i>The ratio of metabolizable protein to metabolizable energy, g/MJ</i>	Теплопродукция, % от ОЭ <i>Heat production, % of ME</i>	Энергия прироста, % от ОЭ <i>Gain energy, % of ME</i>
I (контроль) <i>I (control)</i>	7,8	73,09	26,91
II (опыт) <i>II (experience)</i>	8,1	72,89	27,11
III (опыт) <i>III (experience)</i>	8,2	72,73	27,27
IV (опыт) <i>IV (experience)</i>	8,5	73,37	26,63

Потери энергии с мочой в опытных группах были ниже на 22–26 %, чем в контроле, что способствовало повышению уровня обменной энергии в опытных группах по сравнению с контролем. Уровень обменной энергии в группах составил: в I – 50,30 %, во II – 51,33 %, в III – 52,34 % и в IV – 50,17 % от величины валовой энергии. По данным таблицы 4 видно, что использование обменной энергии на прирост начинает снижаться при достижении отношения обменного протеина к обменной энергии, равного 8,2.

Исследования легочного газообмена позволили провести расчет количества ацетата + глюкозы и липидов, вовлеченных в энергетический обмен, и оставшуюся часть доступных для усвоения субстратов рациона, которые в трансформируемом виде находятся в компонентах продукции, главным образом, в мышечной массе. Если рассмотреть обменную энергию как сумму субстратов, образованных и усвоенных в желудочно-кишечном тракте, то видно, что энергетический вклад субстратов (ацетат + глюкоза

и липиды) в теплопродукцию и на синтез продукции во II и III опытных группах выше чем, в контроле. В то же время в IV группе эти показатели были на одном уровне с контрольной группой (табл. 5).

Интенсивному росту мышечной ткани способствует оптимальное снабжение всеми субстратами. Аминокислоты являются основным компонентом. Количество аминокислот, вовлеченных в энергетический обмен, в IV группе было больше на 8,82 %, чем в контроле, при этом во II и в III группах вклад аминокислот в теплопродукцию был на одном уровне с контролем.

Вклад аминокислот в прирост продукции при разном уровне обменного протеина в рационах составил: в I – 48 %, во II и III группах – 49 % и в IV группе – 46 %.

Выводы. Рекомендации

Исследования влияния различного уровня нераспадаемого протеина в рационах бычков холмогорской породы в период откорма позволили оценить

Таблица 5
Использование энергии субстратов на теплопродукцию и прирост, МДж/сут
Table 5
Energy use of substrates for heat production and gain, MJ/day

Показатель <i>Indicator</i>	Группа <i>Group</i>			
	I (контроль) <i>I (control)</i>	II (опыт) <i>II (experience)</i>	III (опыт) <i>III (experience)</i>	IV (опыт) <i>IV (experience)</i>
Энергия субстратов в составе обменной энергии <i>The energy of the substrates in the composition of the metabolizable energy</i>				
Обменная энергия <i>Metabolizable energy</i>	83,6±3,9	85,2±3,4	86,9±3,1	84,1±4,9
Ацетат + глюкоза <i>Acetate + glucose</i>	46,7	47,9	48,9	46,8
Бутират + ВЖК <i>Butyrate + HFA</i>	23,7	24,0	24,5	23,5
Аминокислоты <i>Amino acids</i>	13,2	13,3	13,5	13,8
Энергетический вклад субстратов в теплопродукцию <i>Energy contribution of substrates to heat production</i>				
Теплопродукция <i>Heat production</i>	61,1±3,2	62,1±2,8	63,2±2,8	61,7±3,7
Дыхательный коэффициент (CO ₂ /O ₂) <i>Respiratory rate (CO₂/O₂)</i>	0,909±0,015	0,923±0,020	0,909±0,024	0,907±0,033
Ацетат + глюкоза <i>Acetate + glucose</i>	36,2	37,0	37,6	36,2
Бутират + ВЖК <i>Butyrate + HFA</i>	18,1	18,4	18,8	18,1
Аминокислоты <i>Amino acids</i>	6,8	6,7	6,8	7,4
Энергетический вклад субстратов в прирост продукции <i>Energy contribution of substrates to product growth</i>				
Энергия прироста <i>Heat production</i>	22,5±0,7	23,1±0,6	23,7±0,6	22,4±1,7
Ацетат + глюкоза <i>Acetate + glucose</i>	10,5	10,9	11,3	10,6
Бутират + ВЖК <i>Butyrate + HFA</i>	5,6	5,6	5,7	5,4
Аминокислоты <i>Amino acids</i>	6,4	6,6	6,7	6,4

эффективность использования обменной энергии на теплопродукцию и прирост. Так, повышение уровня обменного протеина в рационе с 7,8 до 8,2 г на 1 МДж обменной энергии способствует более эффективному использованию обменной энергии и аминокислот на прирост живой массы. При отношении

обменного протеина к обменной энергии 8,5 вклад обменной энергии и аминокислот в прирост продукции снижается, поэтому нормой уровня протеинового питания для данного возраста, живой массы и уровня привесов следует считать 8,2 г обменного протеина на 1 МДж обменной энергии.

Литература

1. Решетов В. Б. [и др.] Биосинтез компонентов молока у коров и его зависимость от спектра метаболитов-предшественников // *Știința Agricolă*. 2014. № 2. С. 103–111.
2. Головин А. В., Аникин А. С., Девяткин В. А. Совершенствование норм кормления коров на основе физиологических потребностей // *Зоотехния*. 2015. № 10. С. 2–4.
3. Денькин А. И., Лемешевский В. О., Решетов В. Б. Субстратная обеспеченность метаболизма бычков на откорме // *Фундаментальные и прикладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов: материалы конф., посвященной 120-летию М. Ф. Томмэ*. 2016. С. 323–328.
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
5. Некрасов Р. В. [и др.] Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / Под ред. Р. В. Некрасова, А. В. Головина, Е. А. Махаева. – М., 2018. – 290 с.

6. Погосян, Д. Г. Качество протеина в кормах для жвачных животных: монография. – Пенза : РИО ПГСХА, 2014. – 133 с.
7. Потребности молочного скота в энергии и питательных веществах: справочное пособие / А. В. Головин [и др.]. – Дубровицы : ВИЖ им. Л. К. Эрнста, 2015. – 119 с.
8. Рекомендации молочного скота в энергии и питательных веществах: справочное пособие / А. В. Головин [и др.]. – Дубровицы : ВИЖ им. Л. К. Эрнста, 2015. – 138 с.
9. Сбалансированное кормление высокопродуктивных коров: справочное руководство / Л. А. Заболотнов [и др.]. – Боровск, 2013. – М. : ЗАО «Новые печатные технологии». – 246 с.
10. Тайны молочных рек: практическое пособие. Том 1: Корма и кормление / Под общ. ред. А. М. Лапотко. – Орёл : ООО «Наша молодёжь», ООО «Типография «Новое время», 2015. – 536 с.
11. Энергетическое питание молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 172 с.
12. Lemiasheuski, V. O. Substrate energy use by calves for weight gain / V. O. Lemiasheuski // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2017. No. 23 (1). Pp. 24–30.

References

1. Reshetov V. B., et al. Biosynthesis of milk components in cows and its dependence on the spectrum of precursor metabolites // *Știința Agricolă*. 2014. No. 2. Pp. 103–111.
2. Golovin A. V., Anikin A. S., Devyatkin V. A. Improvement of cow feeding standards on the basis of physiological needs // *Zootecnics*. 2015. No. 10. Pp. 2–4.
3. Denikin A. I., Lemeshevskiy V. A., Reshetov V. B. The security substrate metabolism in calves for fattening // *Fundamental and applied aspects of the feeding of agricultural animals and technology of forages: proceedings of the conference. dedicated to the 120th anniversary of M. F. Tomme*. 2016. Pp. 323–328.
4. Norms and rations of feeding of agricultural animals : a reference guide. – 3rd ed., rev. and suppl. / Under the editorship of A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinin, V. V. Shecheglov, N. I. Kleimenova. – M., 2003. – 456 p.
5. Nekrasov R. V., et al. Norms of needs of dairy cattle and pigs in nutrients: monograph / Ed. R. V. Nekrasov, A. V. Golovin, E. A. Makhaeva. – M., 2018. – 290 p.
6. Pogosyan, D. G. The quality of protein in feeds for ruminants. – Penza : The Editorial and Publishing Department of Penza State Agricultural Academy, 2014. – 133 p.
7. Requirements of dairy cattle energy and nutrients: a reference guide / A. V. Golovin, et al. – Dubrovitsy : All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after L. K. Ernst, 2015. – 119 p.
8. Recommendations of dairy cattle in energy and nutrients: a reference guide / A. V. Golovin, et al. – Dubrovitsy : All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after L. K. Ernst, 2015. – 138 p.
9. Balanced feeding of highly productive cows: reference guide / L. A. Zabolotnov, et al. – Borovsk, 2013. – М. : New printing technologies. – 246 p.
10. Secrets of dairy rivers: a practical guide. Volume 1: feeding / Under the general editorship of A. M. Lapotko. – Orel : Our youth, LLC Printing House “New Time”, 2015. – 536 p.
11. Energy nutrition of young cattle / V. F. Radchikov, et al. – Ed. 2nd, rev. and suppl. – Minsk : ICC Ministry of Finance, 2016. – 172 p.
12. Lemiasheuski, V.O. Substrate energy use by calves for weight gain. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2017. No. 23 (1). Pp. 24–30.