

DOI: 10.5281/zenodo.3625584

УДК: 636.2.083.37:636.084.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ У БЫЧКОВ В ПЕРИОД ВЫРАЩИВАНИЯ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ОБМЕННОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ

Алексей ДЕНЬКИН¹, Виктор ЛЕМЕШЕВСКИЙ²

¹Всероссийский Научно-Исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных, Боровск, Калужская область, Российская Федерация

²Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Abstract. Experimental investigations carried out using Kholmogory bulls, kept under vivarium conditions, have been aimed to study the effect of different levels of metabolizable protein in the diet on the use intensity of metabolizable energy. The main diet contained 478 g of metabolizable protein and included cereal hay, mixed grass silage and compound feedstuff. According to experimental scheme the bulls were consequently supplied with increasing levels of metabolizable protein (491, 513 and 526 g.) at the expense of partial replacement of the compound feedstuff by feed additives with different protein degradability (sunflower meal or soybean cake). According to the indicators of energy balance, the efficiency of metabolizable energy use for the increase in body weight was established. On the basis of the balance of energy substrates the correlation was determined between substrate expenditures for heat production and expenditures for deposition in body weight gain of bulls during the growing period. When soybean cake (750 g) was supplied with the diet the expenditure of energy substrates for heat production was the highest, that led to the decrease in output gain. When sunflower meal (250 g) was included in the ration the contribution of energy substrates to gain was most significant.

Key words: Rations; Bulls; Metabolizable energy; Metabolizable protein; Substrates; Energy balance; Gain.

Реферат. На бычках холмогорской породы в условиях вивария изучили влияние различных уровней обменного протеина в рационе на интенсивность использования обменной энергии. Основной рацион содержал 478 г обменного протеина и включал сено злаковое, силос разнотравный и комбикорм. Согласно схеме опыта, бычкам последовательно повышали уровень обменного протеина в рационе (491, 513 и 526 г) за счет частичной замены комбикорма кормовыми добавками с разной распадаемостью протеина (подсолнечный жмых или соевый жмых). По показателям баланса энергии установили эффективность использования обменной энергии на прирост массы тела. По балансу энергетических субстратов определили соотношение затрат субстратов на теплопродукцию и отложение в приросте массы тела бычков в период выращивания. При введении в состав рационов соевого жмыха (750 г) расход субстратов на теплопродукцию был самым высоким, что способствовало снижению прироста продукции. При введении в рацион подсолнечного жмыха (250 г) вклад субстратов в прирост был наиболее значительным.

Ключевые слова: Рационы; Бычки; Обменная энергия; Обменный протеин; Субстраты; Баланс энергии; Прирост.

ВВЕДЕНИЕ

Современная направленность физиологических исследований в молочном скотоводстве связана с научным обоснованием регулирования не только количественных, но и качественных показателей получаемой продукции (молока с повышенным содержанием белка, производство постной говядины), что можно получить за счет изменения уровня питания и отдельных питательных веществ в рационах животных. В технологиях интенсивного выращивания на мясо сверхремонтного поголовья бычков ведущей проблемой является преодоление традиционных норм кормления, как в молочный период, так и в последующие периоды с достижением систематического уровня прироста 1400-1500 г/сутки с целью получения говядины высокого качества и решения ряда вопросов экономического характера. Для этих целей необходимо обоснование новых технологий кормления молодняка крупного рогатого скота по возрастным периодам.

Для обеспечения интенсивного роста бычков необходимо применять рационы с высокой концентрацией обменной энергии и обменного протеина. Это достигается за счет использования в кормлении жвачных животных достаточно высокого уровня зерновых концентратов при относительно низком содержании сырой клетчатки. При интенсивном выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота оптимальным считается уровень зерновых концентратов 50-55 % от обменной энергии рациона. В этих условиях в рубце интенсивно протекают микробиологические процессы, что обеспечивает наращивание микробной массы, которая после ферментации в кишечнике является источником аминокислот для обеспечения метаболических процессов в организме жвачных животных.

Наряду с микробным белком в кишечник жвачных животных может поступать протеин корма, не ферментируемый в рубце. В детализированных нормах кормления, принятых в нашей стране, не предусматривается оптимизация условий питания выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота с учетом потребности в обменном протеине.

Однако результаты отечественных и зарубежных исследований однозначно показали, что для жвачных животных уровень переваримого протеина не отражает в достаточной мере количество аминокислот, поступающих из желудочно-кишечного тракта, в связи с образованием в преджелудках микробного белка из белковых и небелковых источников азота и рециркуляцией азота в организме. Поэтому совершенствование и разработка новых подходов к оценке и нормированию протеинового и аминокислотного питания жвачных животных в настоящее время базируется на данных физиологии и биохимии пищеварения жвачных животных и учитывает целый комплекс показателей, позволяющих более объективно прогнозировать поступление аминокислот в организм.

В тоже 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 (Bethard, G.L., James, R.E., McGilliard M.L. 1997).

Целью работы явилось изучить влияние различного уровня обменного протеина в рационе на интенсивность использования обменной энергии у бычков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач проведен эксперимент методом латинского квадрата на 4 бычках холмогорской породы в виварии института. Начальная живая масса бычков – 147,3 кг (возраст 7-8 месяцев), выращенных 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 (Калашников, А.П., Фисинин, В.И., Щеглов, В.В., Клейменов, Н.И. 2003). Рацион подопытных животных включал сено злаковое, силос разнотравный и комбикорм (табл. 1).

Таблица 1. Рационы кормления бычков

Корма, кг	Группа			
	1 (контроль)	2 (опытная)	3 (опытная)	4 (опытная)
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	0,5
Силос разнотравный	6	6	6	6
Комбикорм	4,25	4,00	3,75	3,5
Жмых соевый	-	-	0,5	0,75
Жмых подсолнечный	-	0,25	-	-
Мел кормовой	0,1	0,1	0,1	0,25
Соль поваренная	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1	0,12
Показатели питательности рационов:				
Сухое вещество, кг	6,1	6,1	6,1	6,1
Обменная энергия, МДж	60,9	60,9	60,9	60,9
Сырой протеин, г	846	898	950	1002
Распадаемый протеин, г	611	653	665	693
Нераспадаемый протеин, г	235	245	285	309
Обменный протеин, г	478	491	513	526
Сырая клетчатка, г	918	934	920	921
Сырой жир, г	183	195	197	204
Сырая зола, г	384	394	392	396
БЭВ, г	3791	3710	3671	3611
ОБ/ОЭ	7,8	8,1	8,4	8,6

Внутри группы в рационе бычков последовательно повышали уровень обменного протеина. Это было осуществлено за счет ввода кормовых добавок с различным распадом протеина (коммерческий препарат подсолнечного жмыха, содержащего протеин, незащищенный от распада в рубце, или препарат соевого жмыха, с протеином, защищенным от распада в рубце).

В результате использования данной схемы исследований, бычки получали с рационом 4 разных уровня обменного протеина. Отношение обменного протеина к обменной энергии рациона составило в 1-ой группе – 7,8; во 2-ой – 8,06; в 3-й – 8,4 и в 4-ой – 8,6 г/МДж.

В конце каждого месячного периода опыта у бычков проводили балансовый опыт (Надальяк, Е.А., Агафонов, В.И., Григорьева, К.Н. 1977) и исследовали показатели газоэнергетического обмена мясным методом по Надальяку Е.А. (Кальницкий, Б.Д. 1998) до кормления и через 3 часа после него.

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

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.

Проведена оценка энергетической и субстратной питательности кормов и рационов (Агафонов, В.И. 1998).

Фонд субстратов используется на энергетические цели и на синтез продукции, в данном случае прироста, аналогично известному принципу определения обменной энергии рационов ($OЭ = TP + ЭП$). В ВНИИФБиП животных 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 calorическую ценность белка (18,00 кДж/г) рассчитывали суточную теплопродукцию за счет полного окисления аминокислот до CO_2 и воды и вычитали её 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.

Варьирующие количественные признаки результатов экспериментальных исследований подвергались статистической обработке (Лакин, Г.Ф. 1980) с оценкой достоверности эффектов с помощью *t*-критерия Стьюдента в компьютерной программе Statistica и MS Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты взвешиваний показали, что условия питания животных обеспечили высокую интенсивность роста. Следовательно, исследования были проведены на хорошем зоотехническом фоне – среднесуточный прирост массы тела составил больше 1000 г.

Наиболее высокий среднесуточный прирост массы тела был у бычков 2-ой группы (табл.2).

Таблица 2. Показатели интенсивности роста бычков

Группа	Отношение обменного протеина к ОЭ, г/МДж	Масса тела, кг	Среднесуточный прирост, г
1 (контроль)	7,8	223±33,4	1363±185
2 (опытная)	8,06	226±27,1	1537±63
3 (опытная)	8,4	230±19,7	1354±151
4 (опытная)	8,6	216±18,8	1101±214

Частичная замена концентратов белковыми добавками в рационах опытных групп не оказала значительного влияния на потребление и переваримость сухого вещества корма, по сравнению с контролем (табл. 3). Бычки 2-ой группы, в состав комбикорма которых входил подсолнечный жмых, поедали корма фактически без остатков. С повышением сырого протеина в рационах опытных групп повышалась переваримость сухого вещества при максимальном значении в 4-ой группе и составила 66,23 %. Также с увеличением белка в рационах 2-ой, 3-ей и 4-ой опытных группах возрастала концентрация обменной энергии в рационе, по сравнению с контролем.

Таблица 3. Фактическое потребление и переваримость сухого вещества корма

Группа	Сухое вещество корма, кг	Сухое вещество кала, кг	Переваримое сухое вещество, кг	Переваримость, %	Концентрация ОЭ, МДж/кг
1 (контроль)	6,00 ±0,43	2,13 ±0,14	3,86 ±0,29	64,40 ±0,57	8,67 ±0,25
2 (опытная)	6,08 ±0,37	2,11 ±0,11	3,96 ±0,26	65,18 ±0,50	8,78 ±0,13
3 (опытная)	6,02 ±0,41	2,06 ±0,07	3,96 ±0,34	65,57 ±1,28	8,78 ±0,09
4 (опытная)	5,99 ±0,41	2,03 ±0,16	3,96 ±0,23	66,23 ±0,50	8,91 ±0,38

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. Это ведет к высокой калорийности сухого вещества кала, где относительно возрастает доля непереваренных компонентов грубых кормов (лигнин, сырая клетчатка 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. Согласно данным Лемешевского В.О. (2017), потери энергии в преджелудках жвачных, связанные с ферментацией, составляют 24,8 %. Агафоновым В.И. были проведены прямые исследования с дуоденальным и илеоцекальным анастомозами. Они показали, что потери энергии корма с метаном и теплотой ферментации составляют 24,72 % от потери энергии питательных веществ, переваренных в преджелудках и тонком кишечнике (Кальницкий, Б.Д. 1998). 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 выраженная 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 составило 17,22 МДж/кг СВ, в подсолнечном и соевом жмыхах – соответственно, 18,55 и 18,69 МДж/кг СВ. Таким образом, частичная замена комбикорма опытных групп белковыми добавками способствовала повышению валовой энергии рациона при фактически одинаковом потреблении сухого вещества корма. В связи с этим, потребление валовой энергии корма бычками опытных групп было больше, чем в контроле (табл. 4). Потери энергии с мочой в опытных группах были ниже на 13-22 %, чем в контроле, что способствовало повышению уровня обменной энергии в опытных группах по сравнению с контролем. Уровень обменной энергии от валовой в группах составил: в 1-ой – 50,88 %, во 2-ой – 51,40 %, в 3-ей – 51,45 % и в 4-ой – 51,75 %.

В тоже время, с увеличением сырого протеина в рационе повышалась не только переваримость и уровень обменной энергии, но пропорционально возрастала и теплопродукция. Так, уровень теплопродукции от обменной энергии в 1 и 2 группах был фактически на одном уровне и не превышал 70 %, а в 3 и 4 группах составил 71 и 74 %, соответственно (табл. 5). С увеличением вклада обменной энергии в теплопродукцию снижается её вклад в энергию прироста и эффективность

использования обменной энергии снижается. Так, затраты обменной энергии на 1000 г прироста живой массы были минимальными во 2-ой группе, а максимальными – в 4-ой группе. Увеличение теплопродукции обусловлено специфическим динамическим действием пищи, где наиболее выраженным её действием обладают белки, способные повышать интенсивность обменных процессов на 30 %, а в ряде случаев и на 80 %, далее идут углеводы (5,9 %) и, наконец, жиры (2,5 %).

Таблица 4. Баланс энергии, МДж/сут

Показатель	Группа			
	1 (контроль)	2 (опытная)	3 (опытная)	4 (опытная)
Валовая энергия корма	101,8±7,3	103,5±6,5	103,0±7,1	102,8±7,0
Валовая энергия кала	37,3±3,0	36,7±2,8	36,5±1,1	36,3±4,4
Энергия переваримых питательных веществ	64,6±4,5	66,8±3,7	66,6±6,0	66,5±3,4
Потери энергии с метаном и теплотой ферментации	10,5±0,7	10,9±0,6	10,8±1,0	10,8±0,6
Энергия мочи	3,2±0,6	2,7±0,8	2,8±0,8	2,5±0,5
Обменная энергия	51,8±2,6	53,2±2,4	53,0±4,2	53,2±2,8
Теплопродукция	35,9±1,6	36,3±2,2	37,8±2,4	39,5±1,9
Энергия прироста	15,9±1,1	17,0±0,3	15,2±2,1	13,7±1,6

Таблица 5. Использование обменной энергии на теплопродукцию и прирост

Группа	Теплопродукция, % от ОЭ	Среднесуточный прирост, г	Затраты ОЭ на 1 кг прироста живой массы, МДж/кг
1 (контроль)	69,31	1363±185	18,6
2 (опытная)	68,23	1537±63	17,5
3 (опытная)	71,32	1354±151	19,1
4 (опытная)	74,25	1101±214	24,8

В ранее проведенных исследованиях было отмечено, что высокий уровень протеина в рационе способствует большому отложению азота в теле. Не отмечено отрицательного действия высоких уровней протеина на прирост живой массы, так как отложение белка ограничено биологическим пределом (Thorbeck, G. 1972; Broster, W.H. 1974). Однако, значительный избыток протеина сверх оптимальных потребностей снижает продуктивность животных, уменьшает потребление корма и увеличивает потери энергии связанные с избыточной теплопродукцией (Blaxter, K.L. 1962, 1972; Broster, W.H. et al. 1969). Основной причиной неэффективного использования обменной энергии при избытке протеина в рационе животных является увеличение энергетического обмена для усиления реакций переаминирования и дезаминирования аминокислот в печени и желудочно-кишечном тракте. Если организм не способен использовать поступающие в обмен белки и аминокислоты, то они вовлекаются в окислительный обмен и таким образом выводятся из организма. Это предохраняет организм от аминокислотного имбаланса и нарушения белкового обмена (Денькин, А.И., Лемешевский, В.О., Курепин, А.А. 2018).

Для интенсивного роста мышечной ткани необходимо оптимальное снабжение всеми субстратами. Основным компонентом в период выращивания выступают аминокислоты. Оценивая субстратный фонд рациона (табл. 6), видно, что с увеличением доли белковой добавки в опытных группах уровень аминокислот и ВЖК пропорционально возрастал по сравнению с контролем, но в тоже время снижалось количество бутирата.

Таблица 6. Количество образованных субстратов в желудочно-кишечном тракте бычков (г в сут)

Показатель	Группа			
	1 (контроль)	2 (опытная)	3 (опытная)	4 (опытная)
Ацетат	1382	1410	1369	1348
Пропионат	721	738	716	705
Бутират	330	326	320	310
Глюкоза	349	358	353	351
Аминокислоты	481	485	507	519
ВЖК	113	125	138	151

Анализируя таблицу 7 можно отметить, что у бычков опытных групп с увеличением сырого протеина в рационе, возрастала теплопродукция и, соответственно, повышались затраты субстратов. Однако у бычков 2 группы вклад аминокислот в теплопродукцию был ниже, чем в контроле на 6,05 %, что говорит о более эффективном использовании аминокислот на прирост. У бычков 3 и 4 группы вклад аминокислот в теплопродукцию превышал контроль на 8,06 % и 12,42 %, соответственно.

Таблица 7. Вклад субстратов в величину теплопродукции у бычков в соответствии с получаемой добавкой

Показатель	Ед. измер.	Значение
1 группа (контроль)		
Теплопродукция	МДж/сут	35,9±1,6
Дыхательный коэффициент	CO ₂ /O ₂	0,933±0,006
<i>Субстраты, использованные в энергетическом обмене</i>		
Аминокислоты	г	248
Ацетат + глюкоза	г	1399
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	276
2 группа (опыт)		
Теплопродукция	МДж/сут	36,3±2,2
Дыхательный коэффициент	CO ₂ /O ₂	0,928±0,004
<i>Субстраты, использованные в энергетическом обмене</i>		
Аминокислоты	г	223
Ацетат + глюкоза	г	1433
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	283
3 группа (опыт)		
Теплопродукция	МДж/сут	37,8±2,4
Дыхательный коэффициент	CO ₂ /O ₂	0,930±0,010
<i>Субстраты, использованные в энергетическом обмене</i>		
Аминокислоты	г	268
Ацетат + глюкоза	г	1466
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	289
4 группа (опыт)		
Теплопродукция	МДж/сут	39,5±1,9
Дыхательный коэффициент	CO ₂ /O ₂	0,916±0,006
<i>Субстраты, использованные в энергетическом обмене</i>		
Аминокислоты	г	308
Ацетат + глюкоза	г	1510
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	298

Анализ данных по балансу субстратов (табл.8) показал, что с увеличением вклада субстратов теплопродукции в 3 и 4 группах снизилось количество субстратов на прирост продукции по сравнению с контролем. При этом в 4 группе, где в состав комбикорма ввели 750 г соевого жмыха, на теплопродукцию расход субстратов был самым высоким, что способствовало снижению прироста продукции. В 1 и 3 группах вклад субстратов в прирост был фактически на одном уровне. Во 2 группе вклад субстратов в прирост был самым высоким.

Проведенные исследования позволили экспериментально установить наличие связи между показателями обмена веществ, функциональным состоянием пищеварительной системы, эффективностью использования питательных веществ корма и интенсивностью роста бычков на рационах с разным уровнем обменного протеина. Полученные данные необходимы для биологического обоснования способов повышения, интенсивности роста бычков и эффективности использования питательных веществ корма на биосинтез компонентов мяса.

Таблица 8. Баланс субстратов, г

Группа	Показатель	Количество субстратов		
		образованных в ЖКТ	используемых в теплопродукции	используемых на прирост продукции
1 (контроль)	Ацет. + глюкоза	2158	1399	759
	Жирные к-ты + бутират	433	276	157
	Аминокислоты	485	248	237
2 (опытная)	Ацет. + глюкоза	2200	1433	767
	Жирные к-ты + бутират	451	283	168
	Аминокислоты	481	223	258
3 (опытная)	Ацет. + глюкоза	2187	1464	723
	Жирные к-ты + бутират	458	289	169
	Аминокислоты	507	268	239
4 (опытная)	Ацет. + глюкоза	2157	1510	647
	Жирные к-ты + бутират	461	298	163
	Аминокислоты	519	308	211

ВЫВОДЫ

Исследования влияния различного уровня обменного протеина в рационе бычков холмогорской породы в период выращивания позволили оценить эффективность использования субстратов в энергетическом обмене. Так, у бычков 3 и 4 групп при более высоком уровне обменного протеина в рационе наблюдается повышение интенсивности теплообразования в тканях и снижение энергии прироста, по сравнению с контролем. У бычков 2 опытной группы использование аминокислот на прирост продукции проходило более эффективно, чем в контроле.

На современном этапе совершенствование системы нормирования питания бычков необходимо проводить на основе оценки субстратной обеспеченности продуктивных функций, исходя из количественной субстратной характеристики рационов и из потребности в субстратах энергетического обмена в период интенсивного выращивания. Исследования легочного газообмена позволяют провести расчет количества ацетат + 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. При совершенствовании системы нормирования питания крупного рогатого скота, наиболее сложной проблемой остается разработка методов балансирования поступления доступных для усвоения субстратов, а также их использование в энергетическом обмене синтеза компонентов продукции, особенно тех субстратов, которые лимитируют количество и качество продукции (Agafonov, V.I., 1998; Riis, P.M. et al. 1990; Spornly, R. 1990).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AGAFONOV, V.I. (1998). Energy and substrate estimate of nutritional value of ruminant diets. In: International Symposium "Energetic Feed Evaluation and Regulation of the Nutrient and Energy Metabolism in Farm Animals", Rostock (Germany), May 29-30, pp. 69-70.
2. BETHARD, G.L., JAMES, R.E., MCGILLIARD, M.L. (1997). Effect of Rumen-Undegradable Protein and Energy on Growth and Feed Efficiency of Growing Holstein Heifers. In: Journal of Dairy Science, Nr 80, pp. 2149-2155.
3. BLAXTER, K.L. (1962). The energy metabolism of Ruminants. Springfield. Illinois, USA.
4. BLAXTER, K.L. (1972). Energy-Protein Relationships in Ruminants. In: Proc. 9 th Int. Congr. Nutrition, Mexico, pp. 122-127.
5. BROSTER, W.H. (1974). Requirements and supply of protein for Ruminants. The production of more home-grown protein for animal feeding. In: Proc. 8 Animal conference of the Rading unit. agric. club., pp. 13-30.
6. BROSTER, W.H., TUCK, V.J., SMITH T., JONSON, V.W. (1969). Experiments on the nutrition of the dairy heifer. VII. Observations on the effects of the energy intake on the utilization of protein in growth and in lactation. In: Journal of Agricultural Science, No 72, pp.13-30.
7. ЛАКИН, Г.Ф. (1980). Биометрия: учеб. пособие для биолог. спец. вузов. Москва: Высшая школа. 293 с.
8. LEMIASHEUSKI, V.O. (2017) Substrate energy use by calves for weight gain. In: Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, No 23(1), pp. 24-30. ISSN: 2069-0053 (print)

9. RIIS, P.M. (1990) A model for the efficient use of new information within physiology, nutrition and breeding of dairy cows. In: Fryk. Fr. Wogtruk, 68 p.
10. SPORN DLY, R. (1990) Aspects on ration formulation based on substrate system. In: Norwegian Journal of Agricultural Science, No 5, pp.83-87.
11. THORBEK, G. (1972) Protein deposition and energy metabolism. In: Roc. 9th int. Congr. Nutrition, Mexico, vol. 3, pp.114-121.
12. ДЕНЬКИН, А.И., ЛЕМЕШЕВСКИЙ, В.О., КУРЕПИН, А.А. (2018). Влияние элементов адаптивного кормления молочных коров на эффективность использования. In: Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник научных трудов. Горки: БГСХА. Вып. 21., Часть 1., с. 259-266.
13. КАЛАШНИКОВ, А.П., ФИСИНИН, В.И., ЩЕГЛОВ, В.В., КЛЕЙМЕНОВ, Н.И. (2003) Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва. 456 с.
14. КАЛЬНИЦКИЙ, Б.Д. (1998). Методы исследований питания сельскохозяйственных животных. Боровск. 405 с.
15. НАДАЛЬЯК, Е.А., АГАФОНОВ, В.И., ГРИГОРЕВА, К.Н. (1977). Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных. Боровск. 74 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ДЕНЬКИН Алексей Иванович <https://orcid.org/0000-0001-8176-355X>

кандидат биологических наук, *Всероссийский Научно-Исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных*, Боровск, Калужская область, Российская Федерация

ЛЕМЕШЕВСКИЙ Виктор Олегович* <https://orcid.org/0000-0001-7757-1969>

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кафедра экологической химии и биохимии, *Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова*, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

**Corresponding author: lemeshonak@yahoo.com*

Received: 22 March 2019

Accepted: 4 June 2019