

ISSN (print) 1997-4868  
e ISSN 2307-0005

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК

## УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS**

**2020**

**№08 (199)**

Содержание

Contents

**Агротехнологии**

**Agrotechnologies**

*И. О. Газданова, Ф. Т. Гериева, Т. А. Моргоев*  
Эффективность применения биостимуляторов «Эпин-экстра» и «Циркон» на посадках картофеля в агроэкологических условиях РСО-Алания 2

*I. O. Gazdanova, F. T. Gerieva, T. A. Morgoev*  
Efficiency of application of “Epin-extra” and “Zircon” biostimulants on potato landings in agroecological conditions of Republic of North Ossetia-Alania

*Д. А. Иванов, Г. Ю. Рабинович, Н. В. Фомичева, О. Н. Анциферова*  
Мониторинг последействия компоста многоцелевого назначения в различных агромикрорландшафтных условиях 9

*D. A. Ivanov, G. Yu. Rabinovich, N. V. Fomicheva, O. N. Antsiferova*  
Monitoring the aftereffect of multi-purpose compost in various agromicrolandscape conditions

*A. Kh. Shakirzyanov, I. M. Nikonorova, V. A. Agafonova*  
Developing a parent material for breeding forage rye in conditions of Bashkortostan 19

*A. Kh. Shakirzyanov, I. M. Nikonorova, V. A. Agafonova*  
Developing a parent material for breeding forage rye in conditions of Bashkortostan

**Биология и биотехнологии**

**Biology and biotechnologies**

*Г. В. Волкова, О. А. Кудинова, О. Ф. Ваганова*  
Влияние сортов озимой пшеницы с разными типами устойчивости к возбудителю бурой ржавчины на изменение структуры популяции по признаку вирулентности 25

*G. V. Volkova, O. A. Kudinova, O. F. Vaganova*  
Selection of *Puccinia triticina* virulence genes on winter wheat varieties with different types of resistance

*А. И. Денькин, В. О. Лемешевский*  
Энергетический обмен у бычков породы абердин-ангус в период выращивания при разном уровне обменного протеина в рационах 34

*A. I. Denkin, V. O. Lemeshevsky*  
Energy metabolism in aberdeen-angus bulls during the growing period with different levels of metabolizable protein in the diets

*Н. П. Казанцева, О. А. Краснова, М. И. Васильева, Е. В. Хардина*  
Воспроизводительные качества гибридных свиноматок при скрещивании с хряками породы дюрок 43

*N. P. Kazantseva, O. A. Krasnova, M. I. Vasilieva, E. V. Khardina*  
Reproductive qualities of hybrid sows at crossing with Duroc boars

*Т. И. Станиславович, Т. И. Кузьмина*  
Модификация этапов технологии интраовариальной витрификации ооцитов *Sus Scrofa Domesticus* 51

*T. I. Stanislavovich, T. I. Kuzmina*  
Modification of the stages of the technology of intraovarian vitrification of oocytes *Sus Scrofa Domesticus*

**Экономика**

**Economy**

*Р. Э. Абдуллаев*  
Роль инвестиций в повышении экономической эффективности в аграрной инфраструктуре 58

*R. E. Abdullaev*  
The role of investments in increasing economic efficiency in agricultural infrastructure

*С. Г. Головина, И. Н. Миколайчик, Л. Н. Смирнова*  
Социально-экономические условия развития человеческого капитала сельских территорий 65

*S. G. Golovina, I. N. Mikolaychik, L. N. Smirnova*  
Socio-economic conditions for the development of human capital in rural areas

*Н. Б. Фатеева*  
Особенности подготовки кадров для АПК Свердловской области 80

*N. B. Fateeva*  
Features of training for the agricultural sector of the Sverdlovsk region

*М. А. Холодова*  
Государственное планирование как инструмент поступательного развития сельского хозяйства 90

*M. A. Kholodova*  
State planning as a tool for progressive development of agriculture

## Энергетический обмен у бычков породы абердин-ангус в период выращивания при разном уровне обменного протеина в рационах

А. И. Денькин<sup>1</sup>✉, В. О. Лемешевский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Боровск, Россия

✉E-mail: denkin.alex-009@yandex.ru

**Аннотация.** Характер биосинтетических процессов и продуктивные качества жвачных животных зависят от уровня и соотношения субстратов, всасывающихся в пищеварительном тракте. Максимальная эффективность биосинтеза компонентов мяса в организме обеспечивается в случае, если аминокислоты поступают в метаболический пул в достаточном количестве и в оптимальном соотношении. **Цель работы** – изучить потребности бычков мясной породы абердин-ангус в обменном протеине для оптимального использования аминокислот и обменной энергии рациона на прирост живой массы бычков в период выращивания. **Материалы исследований.** Проведено последовательно 3 серии исследований на бычках породы абердин-ангус живой массой 277 кг, 317 кг и 363 кг. Кормление животных 1-го опыта осуществлялось по нормам РАСХН, где соотношение обменного протеина к обменной энергии составило 8,2 г/МДж, во 2-м и 3-м опытах повысили уровень обменного протеина до 8,6 и 9,1 г/МДж за счет введения в рацион 0,5 и 0,6 кг жмыха соевого соответственно. По завершении каждого периода проводили физиологические опыты. **Результаты.** Исследуемый показатель не оказал существенного влияния на потребление сухого вещества корма, а увеличение в рационе трудно распадаемого протеина способствовало повышению концентрации обменной энергии и переваримости сухого вещества. Установлено, что обменная энергия и аминокислоты эффективно используются в приросте живой массы бычков в период выращивания на рационе, в котором отношение обменного протеина к обменной энергии составляет 8,6 г/МДж. Дальнейшее повышение обменного протеина в рационе приводит к росту теплопродукции, что, в свою очередь, повышает использование аминокислот и обменной энергии в энергетическом обмене и снижает их вклад в прирост живой массы.

**Ключевые слова:** обменная энергия, обменный протеин, баланс энергии, субстраты, бычки, прирост, выращивание.

**Для цитирования:** Денькин А. И., Лемешевский В. О. Энергетический обмен у бычков породы абердин-ангус в период выращивания при разном уровне обменного протеина в рационах // Аграрный вестник Урала. 2020. № 08 (199). С. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-34-42.

**Дата поступления статьи:** 29.05.2020.

### Постановка проблемы (Introduction)

Основной путь повышения рентабельности производства говядины состоит в улучшении эффективности биоconversion питательных веществ корма в продукцию (прежде всего за счет оптимизации условий питания). Кормление животных, наряду с уровнем генетического потенциала, является основным фактором, определяющим продуктивность животных, а первостепенное значение для эффективного использования корма имеет сбалансированность рациона по питательным и биологически активным веществам [1, с. 117], [2, с. 61]. При балансировании рационов важно учитывать концентрацию энергии в сухом веществе, которая влияет на переваримость корма. Установлено, что увеличение энергетической питательности рациона бычков на 5,0 % (концентрация обменной энергии в сухом веществе 9,6 МДж/кг) способствует повышению энергии отложения и синтеза прироста на 10,04 %, энергии прироста – на 19,50 %, эффективности использования

обменной энергии на рост – на 3,81 % [3, с. 325]. Сбалансированность рациона по азотистым веществам означает оптимальное обеспечение метаболических процессов в организме аминокислотами за счет поступления в кишечник трудно распадаемого протеина и белковых продуктов микробного синтеза [4, с. 137–138], [5, с. 92]. Степень использования азотистых веществ рациона животными также зависит от концентрации энергии в сухом веществе рациона, уровня протеина и его расщепляемости [6, с. 258], [7, с. 164], [8], [9, с. 18]. Высокоэнергетические рационы способствуют повышению эффективности использования азотистых веществ и обладают высокой экономической эффективностью [10, с. 230], [11, с. 307–308].

При оценке протеиновой обеспеченности жвачных необходимо знать возможности и количественные параметры микробного синтеза в преджелудках, а также степень усвоения и использования кормового и микробного белка, содержащихся в них аминокислот при различных

физиологических состояниях и уровне продуктивности животных. Кроме содержания в корме переваримого или сырого протеина, важными показателями в данной системе становятся его растворимость, расщепляемость и аминокислотный состав нерасщепленного в рубце протеина [12, с. 141].

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 [13, с. 54], [14, с. 87], [15, с. 1006]. Оптимальное повышение уровня обменного протеина в рационе положительно влияет на прирост живой массы, но при избытке способствует росту теплопродукции, что, в свою очередь, снижает использование протеина и энергии корма на продуктивность животных [16, с. 653–654].

Цель исследований – изучить потребности бычков мясной породы абердин-ангус в обменном протеине для оптимального использования аминокислот и обменной энергии рациона на прирост живой массы бычков в период выращивания.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Для решения поставленных задач по принципу парных аналогов сформировали группу бычков с начальной живой массой 277 кг. Опыты проведены методом групп периодов. Во время опыта бычки получали рационы согласно живой массе и величине планируемых приростов на уровне 1300–1500 г (таблица 1). По периодам опыта у

бычков последовательно повышали содержание обменного протеина в рационе за счет ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых). В 1-м периоде исследований (продолжительностью 26 дней) использовали рацион, составленный по принятым нормам РАСХН (2003 г.), где отношение обменного протеина к обменной энергии составило 8,2. За счёт ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых) в рационах 2-го (продолжительностью 27 дней) и 3-го (продолжительностью 21 день) периодов повысили уровень обменного протеина к обменной энергии до 8,6 и 9,1 соответственно.

В основной период опыта животные были на привязном содержании, поение осуществлялось из автопоилок, кормление двукратное равными порциями. Ежедневно учитывалось потребление корма. Для оценки интенсивности роста бычков периодически взвешивали.

В процессе выполнения экспериментов определяли параметры белкового, углеводного, энергетического обмена, оценивали процессы пищеварения.

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. По анализу выделенного кала и мочи определен баланс энергии и азота, а также отложение энергии и азота у животных.

Таблица 1  
Рационы для бычков

Корма, кг	Серия опытов		
	1	2	3
Комбикорм	4	4	5
Жмых соевый	–	0,5	0,6
Сенаж вико-овсяный	8	9	10
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5
Мел кормовой	0,1	0,1	0,1
Соль поваренная	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1
<b>В рационе содержится</b>			
Сухого вещества (СВ), кг	6,69	7,41	8,39
Обменной энергии (ОЭ), МДж	64,8	74,3	83,7
КОЭ, МДж/кг СВ	9,7	9,8	9,9
Сырого протеина, г	1046	1243	1360
Распадаемого протеина, г	740	864	949
Обменного протеина (ОБ), г	530	635	764
Сырой клетчатки, г	1327	1413	1595
Сырого жира, г	198	231	286
ОБ/ОЭ	8,2	8,6	9,1
<b>Количество образованных субстратов в желудочно-кишечном тракте, г</b>			
Ацетат	1556	1883	1942
Пропионат	313	366	459
Бутират	297	276	375
Глюкоза	834	934	953
Аминокислоты	530	635	764
ВЖК	137	150	179

Table 1  
Rations for bulls calves

Feed, kg	Series of experiments		
	1	2	3
Compound feed	4	4	5
Soybean meal	–	0.5	0.6
Haylage hay and oat	8	9	10
Hay cereal	0.5	0.5	0.5
Chalk feed	0.1	0.1	0.1
Common salt	0.1	0.1	0.1
Premix PK-60	0.1	0.1	0.1
<b>The ration contains</b>			
Dry matter (DM), kg	6.69	7.41	8.39
Metabolizable energy (ME), MJ	64.8	74.3	83.7
Concentration of metabolizable energy, MJ/kg DM	9.7	9.8	9.9
Crude protein, g	1046	1243	1360
Degradable protein, g	740	864	949
Metabolizable protein (MP), g	530	635	764
Crude fiber, g	1327	1413	1595
Crude fat, g	198	231	286
MP/ME	8.2	8.6	9.1
<b>The number of formed substrates in the gastrointestinal tract, g</b>			
Acetate	1556	1883	1942
Propionate	313	366	459
Butyrate	297	276	375
Glucose	834	934	953
Amino acids	530	635	764
HFA	137	150	179

Таблица 2  
Потребление и переваримость сухого вещества ( $M \pm m, n = 2$ )

Показатель	Серия опытов		
	1	2	3
Сухое вещество корма, кг	6,72 ± 0,01	7,59 ± 0,01**	8,46 ± 0,14*
Сухое вещество кала, кг	2,05 ± 0,11	2,22 ± 0,03	2,46 ± 0,11
Переваримое сухое вещество, кг	4,67 ± 0,10	5,37 ± 0,04*	6,00 ± 0,03*
Переваримость, %	69,55 ± 1,54	70,75 ± 0,43	70,94 ± 0,82
Концентрация ОЭ, МДж/кг СВ	9,65 ± 0,27	9,79 ± 0,08	9,85 ± 0,15

Примечание: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  при сравнении со 2-й и 3-й сериями опыта.

Table 2  
Consumption and digestibility of dry matter ( $M \pm m, n = 2$ )

Index	Series of experiments		
	1	2	3
Dry matter feed, kg	6.72 ± 0.01	7.59 ± 0.01**	8.46 ± 0.14*
Dry matter of feces, kg	2.05 ± 0.11	2.22 ± 0.03	2.46 ± 0.11
Digestible dry matter, kg	4.67 ± 0.10	5.37 ± 0.04*	6.00 ± 0.03*
Digestibility, %	69.55 ± 1.54	70.75 ± 0.43	70.94 ± 0.82
Concentration of metabolizable energy, MJ/kg DM	9.65 ± 0.27	9.79 ± 0.08	9.85 ± 0.15

Note: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  when compared with series 2 and 3 of the experiment.

Таблица 3  
Легочный газообмен у бычков ( $M \pm m, n = 2$ )

Показатели		Серии опытов		
		1	2	3
Литраж, л/мин		56 ± 1	63 ± 2	76 ± 2*
Поглощено O <sub>2</sub>	л/мин × гол.	1,36 ± 0,04	1,54 ± 0,05	1,76 ± 0,05*
	л/кг ж. м. × сут.	7,07 ± 0,11	7,00 ± 0,08	6,96 ± 0,05
Выделено CO <sub>2</sub>	л/мин × гол.	1,21 ± 0,03	1,38 ± 0,04	1,57 ± 0,05*
	л/кг ж. м. × сут.	6,31 ± 0,12	6,31 ± 0,09	6,23 ± 0,06
Дыхательный коэффициент		0,906 ± 0,006	0,895 ± 0,001	0,897 ± 0,003
Калорическая стоимость 1 л O <sub>2</sub> , ккал		4,918 ± 0,006	4,922 ± 0,002	4,917 ± 0,001
Теплопродукция, кДж × кг ж. м./сут		146 ± 2	144 ± 2	143 ± 1
Теплопродукция, МДж/сут		40,3 ± 1,1	45,7 ± 1,3	52,1 ± 1,4*

Примечание: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  при сравнении со 2-й и 3-й сериями опыта.

Table 3  
Pulmonary gas exchange in bulls calves ( $M \pm m, n = 2$ )

Index	Series of experiments			
	1	2	3	
Volume, l/min	56 ± 1	63 ± 2	76 ± 2*	
Absorbed O <sub>2</sub>	l/min × head	1,36 ± 0,04	1,54 ± 0,05	1,76 ± 0,05*
	l/kg live weight × day	7,07 ± 0,11	7,00 ± 0,08	6,96 ± 0,05
Highlighted CO <sub>2</sub>	l/min × head	1,21 ± 0,03	1,38 ± 0,04	1,57 ± 0,05*
	l/kg live weight × day	6,31 ± 0,12	6,31 ± 0,09	6,23 ± 0,06
Respiratory rate	0,906 ± 0,006	0,895 ± 0,001	0,897 ± 0,003	
Caloric value 1 l O <sub>2</sub> , kcal	4,918 ± 0,006	4,922 ± 0,002	4,917 ± 0,001	
Heat production, kJ × kg live weight /day	146 ± 2	144 ± 2	143 ± 1	
Heat production, MJ/day	40,3 ± 1,1	45,7 ± 1,3	52,1 ± 1,4*	

Note: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  when compared with series 2 and 3 of the experiment.

Перед началом и по завершении опытных периодов проводили балансовые опыты. Взвешивание бычков проводили до утреннего приема корма.

В исследованиях использовали аппарат Kjeltec для определения азота, калориметр АБК-1 для определения калорийности проб кормов, кала и мочи, газоанализатор-хроматограф АХТ-ТИ для анализа газов выдыхаемого воздуха, электронно-вычислительную технику, анализ ЛЖК рубцовой жидкости определяли на газожидкостном хроматографе «Цвет-800».

Достоверность различий между группами определяли с использованием *t*-теста Стьюдента по методу парных сравнений.

### Результаты (Results)

В 1-м периоде исследований бычки (средняя живая масса 277 ± 12 кг) потребляли меньше нормативных значений сухого вещества (6,7 кг при норме 7 кг), обменной энергии (64,8 МДж при норме 75 МДж) и сырого протеина (1046 г при норме 1250 г) для бычков при среднесуточных приростах 1,4 кг [4].

Таблица 4  
Баланс энергии у бычков, МДж/сут ( $M \pm m, n = 2$ )

Показатель	Серия опытов		
	1	2	3
Валовая энергия корма	117,2 ± 2,1	130,4 ± 2,0*	147,6 ± 1,1*
Валовая энергия кала	35,6 ± 1,8	36,9 ± 0,6	41,9 ± 0,7
Энергия перевар. пит. веществ	81,6 ± 0,3	93,5 ± 1,4*	105,7 ± 0,4
Потери энергии с метаном и теплотой ферментации	13,3 ± 0,1	15,2 ± 0,2*	17,2 ± 0,1*
Энергия мочи	3,5 ± 0,2	4,0 ± 0,7	4,8 ± 1,9
Обменная энергия	64,8 ± 0,4	74,3 ± 0,5*	83,7 ± 2,2*
Теплопродукция	40,3 ± 1,1	45,7 ± 1,3	52,1 ± 1,4*
Отложено энергии в приросте	24,5 ± 1,1	28,6 ± 1,8	31,6 ± 0,8*

Примечание: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  при сравнении со 2-й и 3-й сериями опыта.

Table 4  
Energy balance in bulls calves, MJ/day ( $M \pm m, n = 2$ )

Index	Series of experiments		
	1	2	3
Gross feed energy	117.2 ± 2.1	130.4 ± 2.0*	147.6 ± 1.1*
Gross energy of feces	35.6 ± 1.8	36.9 ± 0.6	41.9 ± 0.7
Energy digestible nutrients	81.6 ± 0.3	93.5 ± 1.4*	105.7 ± 0.4
Energy losses with methane and heat of fermentation	13.3 ± 0.1	15.2 ± 0.2*	17.2 ± 0.1*
Urine energy	3.5 ± 0.2	4.0 ± 0.7	4.8 ± 1.9
Metabolizable energy	64.8 ± 0.4	74.3 ± 0.5*	83.7 ± 2.2*
Heat production	40.3 ± 1.1	45.7 ± 1.3	52.1 ± 1.4*
Saved energy in growth	24.5 ± 1.1	28.6 ± 1.8	31.6 ± 0.8*

Note: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  when compared with series 2 and 3 of the experiment.

Таблица 5  
Баланс энергетических субстратов у бычков, г/сут.

Показатель	Серия опытов		
	1	2	3
<b>Количество образованных субстратов</b>			
Аминокислоты	530	635	764
Ацетат + глюкоза	2631	3101	3251
ВЖК + бутират	434	426	554
<b>Использование на теплопродукцию</b>			
Аминокислоты	288	344	488
Ацетат + глюкоза	1505	1749	1872
ВЖК + бутират	329	347	399
<b>Использование на прирост</b>			
Аминокислоты	242	291	276
Ацетат + глюкоза	1126	1352	1379
ВЖК + бутират	105	79	155

Table 5  
Balance of energy substrates in bulls calves, g/day

Index	Series of experiments		
	1	2	3
<b>The number of formed substrates</b>			
Amino acids	530	635	764
Acetate + glucose	2631	3101	3251
HFA + butyrate	434	426	554
<b>Use for heat products</b>			
Amino acids	288	344	488
Acetate + glucose	1505	1749	1872
HFA + butyrate	329	347	399
<b>Use for growth</b>			
Amino acids	242	291	276
Acetate + glucose	1126	1352	1379
HFA + butyrate	105	79	155

Таблица 6  
Затраты продуктивной энергии у бычков ( $M \pm m, n = 2$ )

Показатель	Серия опытов		
	1	2	3
Соотношение ОБ/ОЭ	8,2	8,6	9,1
Возраст, мес.	7–8	8–9	9–10
Живая масса, кг	277 ± 12	317 ± 13	363 ± 7*
Метаболическая масса (ММ), кг	67,8 ± 2,2	75,0 ± 2,2	83,2 ± 1,2*
Энергия поддержания, МДж (Э поддержания = ММ × 460/1000)	31,2 ± 1,0	34,5 ± 1,0	38,3 ± 0,6*
Обменная энергия, МДж	64,8 ± 0,4	74,3 ± 0,5*	83,7 ± 2,2*
Продуктивная энергия, МДж/сут	33,6 ± 1,1	39,8 ± 1,5	45,5 ± 1,7*
Энергия прироста, МДж/сут	24,5 ± 1,1	28,6 ± 1,8	31,6 ± 0,8*
Среднесуточный прирост, г	1520 ± 20	1664 ± 87	1423 ± 53
Энергия 1 кг прироста, МДж	16,1 ± 1,0	17,2 ± 0,2	22,2 ± 2,4

Примечание: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$  при сравнении со 2-й и 3-й сериями опыта.

Table 6  
Costs of productive energy in bulls calves ( $M \pm m, n = 2$ )

Index	Series of experiments		
	1	2	3
The ratio of MP/ME	8.2	8.6	9.1
Age, month	7–8	8–9	9–10
Live weight kg	277 ± 12	317 ± 13	363 ± 7*
Metabolic mass (MM), kg	67.8 ± 2.2	75.0 ± 2.2	83.2 ± 1.2*
Energy maintenance, MJ (E maintain = MM × 460/1000)	31.2 ± 1.0	34.5 ± 1.0	38.3 ± 0.6*
Metabolizable energy, MJ	64.8 ± 0.4	74.3 ± 0.5*	83.7 ± 2.2*
Productive energy, MJ/day	33.6 ± 1.1	39.8 ± 1.5	45.5 ± 1.7*
Growth energy, MJ/day	24.5 ± 1.1	28.6 ± 1.8	31.6 ± 0.8*
The average daily gain, g	1520 ± 20	1664 ± 87	1423 ± 53
Energy 1 kg growth, MJ	16.1 ± 1.0	17.2 ± 0.2	22.2 ± 2.4

Note: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  when compared with series 2 and 3 of the experiment.

Во 2-м периоде с 8 по 9 мес. (317 ± 13 кг) при дополнительном скармливании 0,5 кг белковых кормов (жмых соевый) возросло потребление сенажа на 1 кг. Содержание сырого протеина в потребленных кормах приближалось к нормативным значениям (1243 г при норме 1270 г). Уровень обменной энергии составил 74,3 МДж при норме 84 МДж.

В 3-м периоде с 9 по 10-й мес. (363 ± 7 кг) увеличилось потребление комбикорма до 5 кг, сенажа до 10 кг. Уровень сырого протеина соответствовал нормативным показателям, а уровень обменной энергии – ниже нормы на 7 %.

На основе данных потребления и переваримости сухого вещества отмечено, что заданные бычкам рационы поедались фактически полностью (таблица 2). По данным балансовых опытов, переваримость сухого вещества рациона в 1-м периоде исследований составила ≈ 70 %, а во 2-м и 3-м периодах с увеличением уровня протеина наблюдалось повышение переваримости сухого вещества рациона до 71 %.

Изучение результатов легочного газообмена (таблица 3) у бычков показало, как и предполагалось, что во 2-й и 3-й сериях исследований с увеличением живой массы пропорционально возросли вентиляция легких и потребность в кислороде. Однако наблюдалась и обратная закономерность: с возрастом и повышением живой массы

животных снижалось количество теплопродукции и потребления кислорода в пересчете на 1 кг живой массы в связи с тем, что замедляется уровень метаболизма.

Повышение вклада высших жирных кислот и бутирата в энергетический обмен во 2-м опыте, а аминокислот в 3-м опыте (таблица 5) способствовало снижению дыхательного коэффициента при сравнении с 1-м периодом.

Анализ данных по балансу энергии (таблица. 4) свидетельствует, что у бычков с 1-го по 3-й периоды исследований отмечалась достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение на 11,3–25,9 % потребления валовой энергии корма. Увеличение в рационе бычков уровня обменного протеина способствовало повышению переваримости кормов и снижению потерь энергии с калом, которые составили в 1-м периоде исследований 30,38 %, во 2-м – 28,30, в 3-м – 28,39 % от валовой энергии корма. Однако повышение уровня обменного протеина в рационе способствовало незначительному росту потерь энергии с мочой, которые составили в 1-м периоде исследований 2,99 %, во 2-м – 3,07 %, в 3-м – 3,25 % от валовой энергии корма. При сравнении с 1-м периодом во 2-м и 3-м периодах исследований достоверно ( $p < 0,05$ ) повышался уровень обменной энергии и составил от валовой энергии 55,29 %, 56,98 % и 56,71 % соответственно.

Таблица 7  
Вклад обменной энергии и аминокислот в среднесуточный прирост бычков, %

Показатель	Серия опытов		
	1	2	3
Обменная энергия	37,82	38,58	37,53
Аминокислоты	45,66	45,83	36,13

Table 7  
Contribution of metabolizable energy and amino acids to the average daily gain of bulls calves, %

Index	Series of experiments		
	1	2	3
Metabolizable energy	37.82	38.58	37.53
Amino acids	45.66	45.83	36.13

Таким образом, повышение уровня доступного протеина до 8,6–9,1 г/МДж ОЭ оказывает положительное влияние на эффективность использования энергии корма при выращивании бычков породы абердин-ангус.

Анализ баланса энергетических субстратов (таблица 5) свидетельствует, что с повышением уровня обменного протеина в рационах возрастал их вклад в энергетический обмен и прирост. Более высокий вклад аминокислот в прирост отмечен во 2-м опыте, что подтверждается самым высоким значением среднесуточного прироста на уровне 1664 г. Использование энергетических субстратов на теплопродукцию в трех опытах было пропорциональным. Аминокислоты, ацетат и глюкоза меньше использовались на прирост у животных 1-го опыта, а ВЖК и бутират – бычками 2-го опыта.

Использование продуктивной энергии (таблица 6) на синтез суточного прироста живой массы у бычков рассчитывали по данным балансовых опытов, динамики живой массы и величины суточных приростов по периодам опыта. Использование обменной энергии на поддержание определяли с учетом, что средняя величина потребности в энергии на поддержание как для взрослого скота, так и для растущего молодняка составляет 460 кДж/кг ж. м.<sup>0,75</sup>. Продуктивную энергию рассчитывали по формуле ПЭ = ОЭ – Э поддержания.

Результаты исследований показали, что затраты продуктивной энергии на 1 кг прироста повышались при увеличении живой массы и снижении среднесуточного прироста. С увеличением среднесуточного прироста сокращались затраты продуктивной энергии на 1 кг прироста. Так, у бычков с 1-го по 3-й периоды при среднесуточных приростах 1520, 1664 и 1423 г на синтез 1 кг прироста живой массы было использовано обменной энергии 25,0, 23,28 и 26,64 МДж соответственно.

По данным таблицы 7 можно отметить, что использование обменной энергии на прирост было на одном уровне в 1-м и 3-м периодах, однако ниже, чем во 2-й период.

Вклад аминокислот в прирост животных 1-го и 2-го периодов был также на одном уровне, а в 3-м опыте – самыми низкими и составил 36,13 %.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Для обеспечения достаточного поступления аминокислот в кишечник необходим определённый уровень переваривания поступающего в рубец протеина под воздействием микробальных ферментов, а микроорганизмы, насе-

ляющие рубец, имеют свои потребности в аминокислотах для поддержания своего метаболизма и размножения. Строгая координация процессов пищеварения и метаболизма у жвачных животных является необходимым условием для достижения высокой эффективности использования питательных веществ корма.

Изучением отдельных направлений вопроса оптимального обеспечения потребностей в обменном белке бычков в период выращивания занимались не только отечественные исследователи, но и ряд зарубежных [6; 13]. Однако приведенные в литературе данные носят разрозненный и порой противоречивый характер и не позволяют оценить особенности биоэнергетических процессов в организме бычков при разном уровне доступного протеина в их рационе.

Исследования влияния различного энергопротеинового отношения в рационах бычков скороспелой мясной породы абердин-ангус в период выращивания позволили оценить вклад аминокислот и обменной энергии рациона на прирост и поддержание.

Так, в 1-м опыте у бычков с живой массой 277 ± 12 кг, где использовали рацион, составленный по принятым нормам РАСХН (соотношение ОБ/ОЭ – 8,2), среднесуточный прирост составил 1520 ± 20 г. Потери энергии с мочой были незначительно ниже, чем во 2-м и 3-м периодах с более высоким уровнем протеина. Вклад аминокислот и обменной энергии в прирост составил 45,66 % и 37,82 %, что незначительно ниже, чем во 2-м периоде. Учитывая полученные данные, следует отметить, что для повышения продуктивности можно увеличить уровень обменного протеина и установить оптимальную потребность в нем в этот период.

Во 2-м опыте (соотношение ОБ/ОЭ – 8,6) у бычков с живой массой 317 ± 13 кг среднесуточный прирост составил 1664 ± 87 г, что больше на 9,47 %, чем в 1-м опыте. При более высоком уровне обменного протеина вклад обменной энергии и аминокислот на прирост был выше, чем в 1-м опыте, что свидетельствует о целесообразном повышении уровня обменного протеина в рационе в этот период.

В 3-м опыте (соотношение ОБ/ОЭ – 9,1) у бычков с живой массой 363 ± 7 кг среднесуточный прирост составил 1423 ± 53 г, что меньше на 6,38 %, чем в 1-м опыте. Вклад обменной энергии в прирост был фактически на одном уровне. Вклад аминокислот в прирост живой массы

составил 36,13 % (против 45,66 %), что свидетельствует о необходимости снизить уровень обменного протеина в этот период.

Полученные экспериментальные данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований [5], [8],

[16] и указывают на вариабельность эффективности использования энергии питательных веществ рациона бычками при различном обеспечении их организма обменным белком.

#### Библиографический список

1. Быкова О. А. Мясная продуктивность молодняка симментальской породы при использовании в рационах кормовых добавок из местных источников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (15). С. 117–120.
2. Галочкина В. П., Агафонова А. В., Обвинцева О. В., Галочкин В. А. Продуктивные показатели и индексы состояния интермедиарного обмена у бычков холмогорской породы при интенсивном выращивании и откорме // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 2. С. 60–73.
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 конференции, посвященной 120-летию М. Ф. Томмэ. Дубровицы, 2016. С. 323–328.
4. Пучков А. А. Переваримость питательных веществ и влияние разных источников кормового белка на процессы ферментации рубцовой жидкости у бычков в период откорма // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения: материалы международной научно-практической конференции. Быково, 2017. С. 137–141.
5. Харитонов Е. Л., Березин А. С. Влияние разного уровня доступного протеина в рационе на переваримость и усвоение питательных веществ у бычков холмогорской породы при интенсивном выращивании // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 1. С. 92–101.
6. Гурин В. К., Радчиков В. Ф., Карповский В. И. Конверсия корма племенными бычками в продукцию при скармливаниях рационов с разным качеством протеина // Зоотехническая наука Беларуси: сборник научных трудов. Жодино, 2016. Т. 51. Ч. 1. С. 257–266.
7. Маслюк А. Н., Токарева А. Н. Эффективность оптимизации протеинового и углеводного питания высокопродуктивных коров // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 164–171.
8. Радчиков В. Ф., Кот А. Н., Натинчик Т. М. Эффективность использования «защищенного» протеина в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы III международной научно-практической конференции. Красноярск, 2019. С. 217–221.
9. Денькин А. И., Лемешевский В. О. Особенности энергетического обмена у бычков холмогорской породы при разном уровне и соотношении азотсодержащих веществ в рационе // Аграрный вестник Урала. 2019. № 2 (181). С. 15–21.
10. Кот А. Н., Натинчик Т. М. Влияние скармливания «защищенного» протеина на обменные процессы в организме молодняка крупного рогатого скота // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. Томск, 2019. С. 228–232.
11. Лемешевский В. О., Курепин А. А., Денькин А. И., Бубырь И. В., Горбатенко А. А. Биосинтез компонентов мяса бычков в зависимости от уровня энергетического питания // Актуальные вопросы ветеринарной и зоотехнической науки и практики: материалы международной научно-практической интернет-конференции. Ставрополь, 2015. Ч. 1. С. 307–313.
12. Харитонов Е. Л., Агафонова А. В. Эффективность использования питательных веществ кормов у бычков молочных и мясных пород // Современные проблемы ветеринарии, зоотехнии и биотехнологии: материалы научно-практической конференции. Москва, 2015. С. 141–143.
13. Галочкин В. А., Галочкина В. П., Остренко К. С. Влияние кормов с разным уровнем обменного протеина на интенсивность выращивания бычков // Эффективное животноводство. 2019. № 1 (149). С. 54–56.
14. Харитонов Е. Л., Березин А. С. Влияние разного уровня трудно распадаемого протеина на переваримость и эффективность использования питательных веществ у бычков черно-пестрой породы в период откорма // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 3. С. 87–97.
15. La S., Li H., Wang C., Liu Q., Guo G., Huo W. J., Zhang Y. L., Pei C. X., Zhang S. L. Effects of rumen-protected folic acid and dietary protein level on growth performance, ruminal fermentation, nutrient digestibility and hepatic gene expression of dairy calves // The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2019. No. 103. Pp. 1006–1014. DOI: 10.1111/jpn.13109.
16. Jennings J. S., Meyer B. E., Guiroy P. J., Cole N. A. Energy costs of feeding excess protein from corn-based by-products to finishing cattle // Journal of Animal Science. 2018. No. 96. Pp. 653–669. DOI: 10.1093/jas/sky021.

#### Об авторах:

Алексей Иванович Денькин<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии пищеварения и межклеточного обмена, ORCID 0000-0001-8176-355X, AuthorID 839616; +7 960 524 2699, [denkin.alex-009@yandex.ru](mailto:denkin.alex-009@yandex.ru)

Виктор Олегович Лемешевский<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, научный сотрудник лаборатории белково-аминокислотного питания, ORCID 0000-0001-7757-1969, AuthorID 655579; +375 29 938 1770, [lemeshonak@yahoo.com](mailto:lemeshonak@yahoo.com)

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Боровск, Россия

## Energy metabolism in aberdeen-angus bulls during the growing period with different levels of metabolizable protein in the diets

A. I. Denkin<sup>✉</sup>, V. O. Lemeshevsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition – a branch of the Federal Scientific Center for Animal Husbandry – All-Russian Research Institute of Livestock named after Academician L. K. Ernst, Borovsk, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [denkin.alex-009@yandex.ru](mailto:denkin.alex-009@yandex.ru)

**Abstract.** The nature of biosynthetic processes and the productive qualities of ruminants depend on the level and ratio of substrates absorbed in the digestive tract. The maximum efficiency of the biosynthesis of meat components in the body is ensured if the amino acids enter the metabolic pool in sufficient quantity and in the optimal ratio. **The purpose of the work** is to study the needs of Aberdeen Angus meat bulls calves for metabolizable protein for the optimal use of amino acids and metabolizable energy of the diet for the increase in live weight of bulls-calves during the growing period. **Research materials.** Consecutively, 3 series of studies were carried out on bulls calves of the Aberdeen Angus breed with a live weight of 277 kg, 317 kg and 363 kg. The animals of the 1<sup>st</sup> experiment were fed according to the RAAS (Russian Academy of Agricultural Sciences) standards, where the ratio of the exchange protein to the exchange energy was 8.2 g/MJ, in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> experiments they increased the level of the exchange protein to 8.6 and 9.1 g/MJ due to the introduction of 0.5 kg and 0.6 kg of soybean meal in the diet, respectively. At the end of each period, physiological experiments were performed. **Results.** The studied parameter did not have a significant effect on the dry matter intake of the feed, and an increase in the diet of hard-to-break down protein contributed to an increase in the concentration of metabolizable energy and digestibility of dry matter. It was found that metabolizable energy and amino acids are effectively used to increase the live weight of bulls calves during the growing period on a diet in which the ratio of metabolizable protein to metabolizable energy is 8.6 g/MJ. A further increase in metabolic protein in the diet leads to an increase in heat production, which in turn increases the use of amino acids and metabolic energy in energy metabolism and reduces their contribution to the increase in live weight.

**Keywords:** metabolizable energy, metabolizable protein, energy balance, substrates, bull calves, gain, growth.

**For citation:** Denkin A. I., Lemeshevsky V. O. Energeticheskiy obmen u bychkov породы aberdin-angus v period vyrashchivaniya pri raznom urovne obmennogo proteina v ratsionakh [Energy metabolism in aberdeen-angus bulls during the growing period with different levels of metabolizable protein in the diets] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 08 (199). Pp. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-34-42. (In Russian.)

**Paper submitted:** 29.05.2020.

### References

1. Bykova O. A. Myasnaya produktivnost' molodnyaka simmental'skoy породы pri ispol'zovanii v ratsionakh kormovykh dobavok iz mestnykh istochnikov [Meat productivity of youngsters Simmental breed when using feed additives from local sources in diets] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015. No. 5 (15). Pp. 117–120. (In Russian.)
2. Galochkina V. P., Agafonova A. V., Obvintseva O. V., Galochkin V. A. Produktivnye pokazateli i indeksy sostoyaniya intermediarnogo obmena u bychkov kholmogorskoй породы pri intensivnom vyrashchivanii i otkorme [Productive indicators and indices of the state of intermediary metabolism in bulls of the Kholmogory breed during intensive growing and fattening] // Problems of Productive Animal Biology. 2017. No. 2. Pp. 60–73. (In Russian.)
3. Denkin A. I., Lemeshevsky V. O., Reshetov V. B. Substratnaya obespechennost' metabolizma bychkov na otkorme [Substrate provision of metabolism of bull calves for fattening] // Fundamental'nye i prikladnye aspekty kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i tekhnologii kormov: materialy konferentsii, posvyashchennoy 120-letiyu M. F. Tomme. Dubrovitsy, 2016. Pp. 323–328. (In Russian.)
4. Puchkov A. A. Perevarimost' pitatel'nykh veshchestv i vliyanie raznykh istochnikov kormovogo belka na protsessy fermentatsii rubtsovoy zhidkosti u bychkov v period otkorma [Digestibility of nutrients and the effect of different sources of feed protein on the processes of fermentation of the rumen fluid in gobies during the fattening period] // Povyshenie konkurentosobnosti zhivotnovodstva i zadachi kadrovogo obespecheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bykovo, 2017. Pp. 137–141. (In Russian.)

5. Kharitonov E. L., Berezin A. S. Vliyanie raznogo urovnya dostupnogo proteina v ratsione na perevarimost' i usvoenie pitatel'nykh veshchestv u bychkov kholmogorskoj porody pri intensivnom vyrashchivanii [The effect of different levels of available protein in the diet on the digestibility and assimilation of nutrients in the bulls of the Kholmogory breed with intensive cultivation] // Problems of Biology of Productive Animals. 2017. No. 1. Pp. 92–101. (In Russian.)
6. Gurin V. K., Radchikov V. F., Karpovsky V. I. Konversiya korma plemennymi bychkami v produktsiyu pri skarmlivanii ratsionov s raznym kachestvom proteina [Conversion of feed by breeding bulls into products when feeding rations with different quality of protein] // Zootechnical science of Belarus: collection of articles. Zhodino, 2016. T. 51. Part 1. Pp. 257–266. (In Russian.)
7. Maslyuk A. N., Tokareva A. N. Effektivnost' optimizatsii proteinovogo i uglevodnogo pitaniya vysokoproduktivnykh korov [Efficiency of optimization of protein and carbohydrate nutrition of highly productive cows] // Animal Husbandry and Fodder Production. 2018. T. 101. No. 4. Pp. 164–171. (In Russian.)
8. Radchikov V. F., Kot A. N., Natynchik T. M. Effektivnost' ispol'zovaniya "zashchishchennogo" proteina v kormlenii molodnyaka krupnogo rogatogo skota [The effectiveness of the use of "protected" protein in the feeding of young cattle] // Nauchnoe obespechenie zhivotnovodstva Sibiri: materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Krasnoyarsk, 2019. Pp. 217–221. (In Russian.)
9. Denkin A. I., Lemeshevsky V. O. Osobennosti energeticheskogo obmena u bychkov kholmogorskoj porody pri raznom urovne i sootnoshenii azotsoderzhashchikh veshchestv v ratsione [Features of energy metabolism in gobies of Kholmogorsk breed at different levels and ratios of nitrogen-containing substances in the diet] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 2 (181). Pp. 15–21. (In Russian.)
10. Kot A. N., Natynchik T. M. Vliyanie skarmlivaniya "zashchishchennogo" proteina na obmennye protsessy v organizme molodnyaka krupnogo rogatogo skota [The effect of feeding "protected" protein on metabolic processes in the body of young cattle] // Modernizatsiya agrarnogo obrazovaniya: integratsiya nauki i praktiki: sbornik nauchnykh trudov po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tomsk, 2019. Pp. 228–232. (In Russian.)
11. Lemeshevsky V. O., Kurepin A. A., Denkin A. I., Bubyr' I. V., Gorbatenko A. A. Biosintez komponentov myasa bychkov v zavisimosti ot urovnya energeticheskogo pitaniya [Biosynthesis of goat meat components depending on the level of energy nutrition] // Aktual'nye voprosy veterinarnoy i zootekhnicheskoy nauki i praktiki: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. Stavropol, 2015. Part 1. Pp. 307–313. (In Russian.)
12. Kharitonov E. L., Agafonova A. V. Effektivnost' ispol'zovaniya pitatel'nykh veshchestv kormov u bychkov molochnykh i myasnykh porod [Efficiency of the use of nutrients of feed in bulls calves of dairy and meat breeds] // Sovremennye problemy veterinarii, zootekhnii i biotekhnologii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow, 2015. Pp. 141–143. (In Russian.)
13. Galochkin V. A., Galochkina V. P., Ostrenko K. S. Vliyanie kormov s raznym urovнем obmennogo proteina na intensivnost' vyrashchivaniya bychkov [Influence of feeds with different levels of metabolizable protein on the intensity of growing bulls] // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2019. No. 1 (149). Pp. 54–56. (In Russian.)
14. Kharitonov E. L., Berezin A. S. Vliyanie raznogo urovnya trudno raspadaemogo proteina na perevarimost' i effektivnost' ispol'zovaniya pitatel'nykh veshchestv u bychkov cherno-pestroy porody v period otkorma [Influence of different levels of hard-to-break down protein on digestibility and efficiency of nutrient use in black-motley bulls during fattening] // [Problems of Productive Animal Biology. 2017. No. 3. Pp. 87–97. (In Russian.)
15. La S., Li H., Wang C., Liu Q., Guo G., Huo W. J., Zhang Y. L., Pei C. X., Zhang S. L. Effects of rumen-protected folic acid and dietary protein level on growth performance, ruminal fermentation, nutrient digestibility and hepatic gene expression of dairy calves // The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2019. No. 103. Pp. 1006–1014. DOI: 10.1111/jpn.13109.
16. Jennings J. S., Meyer B. E., Guiroy P. J., Cole N. A. Energy costs of feeding excess protein from corn-based by-products to finishing cattle // Journal of Animal Science. 2018. No. 96. Pp. 653–669. DOI: 10.1093/jas/sky021.

#### Authors' information

Aleksey I. Denkin<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of physiology of digestion and interstitial metabolism, ORCID 0000-0001-8176-355X, AuthorID 839616; +7 960 524 2699, [denkin.alex-009@yandex.ru](mailto:denkin.alex-009@yandex.ru)

Viktor O. Lemeshevsky<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, researcher of the laboratory of protein amino acid nutrition laboratory, ORCID 0000-0001-7757-1969, AuthorID 655579; +375 29 938 1770, [lemeshonak@yahoo.com](mailto:lemeshonak@yahoo.com)

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition – a branch of the Federal Scientific Center for Animal Husbandry – All-Russian Research Institute of Livestock named after Academician L. K. Ernst, Borovsk, Russia