

**ВЛИЯНИЕ «ЗАЩИЩЁННОЙ» ЭНЕРГО-ПРОТЕИНОВОЙ ДОБАВКИ
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНВЕРСИИ КОРМА И ПРОДУКТИВНОСТЬ
У БЫЧКОВ ЧЁРНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ В ПЕРИОД ОТКОРМА**

Лемешевский В.О., Остренко К. С.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ животноводства –
ВИЖ им. ак. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация*

Повысить степень трансформации питательных веществ корма в продукцию при откорме бычков молочных пород можно при оптимальном соотношении уровня и состава основных компонентов корма. Цель работы – оценка эффективности использования энергии и протеина кормов на приросты живой массы и мякоти туши у бычков на откорме при использовании кормовой добавки жира, защищённого от распада в рубце, и экструдированного рапса. Исследования проведены на бычках чёрно-пестрой породы в период откорма в возрасте от 12 до 18 месяцев. Подопытные животные получали хозяйственный рацион по рекомендуемым в РФ нормам. В рационы бычков II и III групп включали добавку стабилизированного жира и экструдированного рапса, что обеспечивало повышение уровня обменной энергии рациона на 9,5 и 14,3% и доступного протеина на 4,3 и 8,9% соответственно по отношению к контролю. Во II группе выявлено повышение переваримости сухого и органического веществ ($P < 0,05$) и среднесуточного прироста живой массы ($P < 0,05$) трансформации ОЭ рациона в энергию прироста при снижении энергии теплопродукции на фоне увеличения трансформации энергии и протеина корма в продукцию. Дальнейшее повышение уровня энергетического питания на 15 % при концентрации 11,7 МДж/кг СВ сопровождалось повышением энергии теплопродукции, повышенным отложением жира в теле и затрат кормов на единицу прироста живой массы.

Ключевые слова: откорм бычков, защищённый жир, экструдированный рапс, доступный протеин, переваримость питательных веществ, мясная продуктивность

Проблемы биологии продуктивных животных. 2021, 2: 92-102

Введение

Совершенствование технологий интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота молочных пород продолжает оставаться приоритетным направлением исследований, а основной путь улучшения рентабельности производства говядины состоит в повышении эффективности биоконверсии питательных веществ корма в продукцию, прежде всего за счет оптимизации условий питания. Для реализации генетического потенциала продуктивности необходимо, чтобы потребности организма в компонентах питания полностью удовлетворялись на всех стадиях роста и развития. Продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота при интенсивном выращивании и откорме в значительной степени зависят от уровня и соотношения субстратов, доступных для метаболизма (Гайдай, 2006; Денькин и др., 2020). В период выращивания и в начальный период откорма, когда идет интенсивное накопление мышечной массы, основным лимитирующим рост компонентом являются аминокислоты; у жвачных основные источники аминокислот, всасывающихся в кишечнике, – это белки микроорганизмов рубца и нераспавшийся протеин корма (Zakharenko, 1992; O'Grady et al., 2008; Kharitonov et al., 2020). Существенное влияние на уровень продуктивности животных и эффективность использования питательных веществ оказывает количество потреблённой с кормом обменной энергии.

Способность организма эффективно трансформировать питательные вещества кормов в элементы тканей и органов обусловлена интенсивностью процессов обмена веществ в организме на всех уровнях – от использования энергии и питательных веществ кормов в желудочно-кишечном

тракте до биосинтеза белка, липидов и других питательных веществ (Duncan et al., 2013; Baber et al., 2019; Stafford et al., 2008).

В период выращивания молодые животные обладают высокой способностью к наращиванию массы мышц, хорошо используют протеин корма для формирования мышечной ткани, дают высокие приросты при относительно эффективном использовании энергии и протеина кормов (Zakharenko et al., 1978; Lean et al., 2008). На стадии откорма темпы наращивания пула белков в мышцах уменьшаются (Левахин, 2005; Lean et al., 2008; Vava et al., 2014). Основными факторами, лимитирующими темп наращивания массы мышц, являются аналог плоидности для мышечных волокон – количество ядер на единицу длины волокна и длина костей скелета (мышцы прикрепляются в зонах эпифизарного роста костей). Оба эти фактора зависят от уровня энергетического питания и характеризуются возрастным снижением темпов роста с выходом на уровень плато; при этом рибосомальная активность (г белка/(г РНК*сутки) с возрастом не снижается (Черепанов, 1994).

При содержании зерновых концентратов на уровне 50-55 % от обменной энергии рациона интенсивность микробиологических процессов в рубце достаточна для наращивания микробной массы, которая служит важным источником аминокислот для обеспечения метаболических процессов в организме, однако при высокой интенсивности роста животных в периоды дорастивания и откорма количество микробного белка и нераспадаемого в рубце протеина (НРП) недостаточно для удовлетворения потребности растущего организма в аминокислотах (Королев и др., 2009; Carvalho et al., 2018; da Fonseca et al., 2019). Учитывая, что возможности синтеза микробного белка в рубце ограничены, для получения высоких приростов живой массы необходимо увеличивать количество «обменного» протеина (ОП – количество сырого протеина, доступного для использования в процессах обмена веществ в организме) за счёт применения кормовых добавок с повышенным содержанием НРП ($ОП = 6,25 \times (\text{количество азота аминокислот} - \text{потери азота с мочой})$).

Показано, что в завершающей фазе откорма бычков рационы на основе сухого плющеного зерна кукурузы без добавок азотистых веществ являются дефицитными по протеину, а повышенное поступление источников НРП в этот период улучшает продуктивность (Oliveira et al., 2018; Dumont et al., 2012; Пучков и др., 2017). Установлено, что снижение распадаемости протеина с 71 до 64 % за счет замены в комбикормах подсолнечного шрота на кукурузный глютен и соевый шрот способствует увеличению прироста живой массы бычков на 7,5 % и выхода мякоти в туше на 3,7 % (O'Grady et al., 2008). При откорме сверхремонтного молодняка на сенажных рационах распадаемость протеина снижалась незначительно по сравнению с силосным рационом (с 70,7 до 69,8), однако это способствовало увеличению живой массы бычков на 19 % (Денькин и др., 2020).

Молодняк крупного рогатого скота молочных пород при интенсивном выращивании и откорме способен проявить высокие показатели скорости роста и качества мяса (Bramley et al., 2013). Поэтому проблема уточнения потребности в обменном белке актуальна для бычков молочных пород, выращиваемых на мясо. При сбалансированных уровнях в рационе энергии и сырого протеина, использование кормов с пониженной распадаемостью протеина и крахмала в рубце позволяет получить дополнительно высококачественную говядину от бычков молочных пород. В частности, в условиях 3,5-месячного дифференцированного питания от каждого бычка было получено дополнительно 11,9 кг мяса (Жусупов и др., 2006).

При включении в рацион белков 0,25 кг рыбной муки в сочетании с 0,75 кг кормовой патоки интенсивность роста бычков была на 4,1 % выше по сравнению с дачей животным 0,4 кг подсолнечного шрота с кормовой патокой и на 11,1 % выше, чем в контрольной группе, которой скармливали только ячменную дерть (Sakamoto et al., 2020). Установлено, что использование трудно деградируемых источников протеина в рационах интенсивно растущих бычков в разные периоды откорма способствует увеличению живой массы на 6,5-20 % и выходу мякоти в тушах на 3,7-4 % (Kolver, 2003; Balaine et al., 2019). Эффективность превращения энергии и протеина корма в энергию и протеин мякоти туши является показателем оплаты корма продукцией (Калашников и др., 2003; Жусупов и др., 2006;).

Необходимо отметить, что применяемые за рубежом системы протеинового и аминокислотного питания также далеки от совершенства и нуждаются в совершенствовании для широкого практического использования при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота

(Sakamoto et al., 2020). В частности, одним из недостатков этих систем для жвачных животных является малоэффективная увязка основных параметров протеинового и энергетического питания. Дальнейшее совершенствование существующих и разработка новых подходов по нормированию питания бычков молочных пород при интенсивном выращивании и откорме возможно на основе данных физиологии и биохимии пищеварения жвачных животных с учётом комплекса показателей, позволяющих прогнозировать поступление аминокислот в организм.

Цель работы – оценить влияние кормовой добавки жира, защищённого от распада в рубце, и экструдированного рапса на эффективность трансформации энергии и протеина кормов в продукцию у бычков чёрно-пестрой породы в период откорма.

Материал и методы

Исследования проведены на трёх рандомизированных группах ($n = 30$) бычков чёрно-пестрой породы в возрасте 12 мес. с начальной живой массой 300 кг. Продолжительность опыта – 6 месяцев. Животные контрольной группы получали хозяйственный рацион (табл. 1) (Калашников и др., 2003; Харитонов, 2011). Во II и III группах было увеличено содержание обменной энергии и доступного протеина за счёт включения в рацион жира, защищённого от распада в рубце, и экструдированного рапса.

Таблица 1. Среднесуточный рацион подопытного молодняка*

Показатели	Группы		
	I	II	III
Силос кукурузный, кг	16,5	15,9	15,7
Сенаж злаково-бобовый, кг	4,5	4,3	4,2
Комбикорм КР-3, кг	3,37	3,33	3,33
Шрот подсолнечный, кг	0,22	0,20	0,20
Патока кормовая, кг	0,5	0,5	0,5
Рапс экструдированный, кг	-	0,3	0,6
<i>В рационе содержится:</i>			
сухого вещества, г	10248	10080	10255
обменной энергии, МДж	105	115	120
сырого протеина (СП), г	1105	1135	1184
распадаемого СП, г	799	765	788
доступного ДСП ⁺ , г	654	682	712
сырого жира, г	334	666	584
сырой клетчатки, г	1944	1898	1887
крахмала, г	1454	1438	1438
сахара, г	680	686	698
кальция, г	68,8	90,4	69,7
фосфора, г	50,8	51,9	52,0

Примечания: ⁺ДСП – протеин, доступный для усвоения в тонком кишечнике (Харитонов, 2011); *данные по составу рациона приведены по фактической поедаемости.

В процессе опыта поедаемость учитывалась при проведении контрольных взвешиваний заданных кормов и их остатков перед утренней раздачей один раз в десять дней в два смежных дня. В кормах определяли первоначальную, гигроскопичную и общую влагу, сухое вещество, жир, протеин, клетчатку, золу, кальций, фосфор, другие макро- и микроэлементы, каротин по общепринятым методикам (Надальяк, 1986). Валовую энергию кормов и гомогенатов тканей контрольного убоя проводили на калориметрической установке С 2000 Control IKA-WERKE. Оценивали теплопродукцию и потери энергии в ЖКТ (Надальяк, 1986), потребность в энергии на поддержание жизненных функций (Hoffmann et al., 1971; Цюпко, 1984), уровень энергетического питания – по соотношению (ОЭ – потребность в ОЭ на поддержание)/потребность в ОЭ на поддержание.

Продуктивность животных оценивали по результатам контрольных взвешиваний, проведенных ежемесячно. По окончании научно-хозяйственного опыта проведен контрольный убой, для которого

было отобрано по 3 головы из каждой группы по методике ВНИИМС (1984) и взяты образцы средней пробы мяса, длиннейшей мышцы спины и печени с последующим проведением химического анализа.

Результаты и обсуждение

Среднесуточный рацион подопытного молодняка по фактически потреблённым кормам состоял (%) из кукурузного силоса (38,5-43,7), комбикорма КР-3 (35,7-38,9) и сенажа злаково-бобового (9,5-10,8). Для балансирования по протеину использовали подсолнечный шрот, а по сахару – патоку кормовую (табл. 1). Потребление сухого вещества было на уровне 10,1-10,3 кг (2,5-2,6 кг в пересчёте на 100 кг живой массы).

Фактическая концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона была на уровне 10,2-11,7 МДж. Содержание обменной энергии в рационе I (контроль) группы было меньше на 9,5 и 14,3 %, чем во II и III группах. Обеспеченность обменной энергии переваримым протеином в рационе у подопытного молодняка составила 6,85-7,24 г/МДж.

Содержание сырого протеина в сухом веществе рациона в III группы составляло 11,6 %, против 11,3 во II и 10,8 % – в I группе. Уровень обменного протеина в сухом веществе рациона во II и III опытных групп составил 6,8 и 6,9 против 6,4 % в контрольной группе. Отношение доступного протеина к обменной энергии, г/МДж) в рационе бычков по группам опыта составило 6,2 (I), 5,9 (II) и 5,9 (III).

Содержание в рационе сырой клетчатки на 1 кг сухого вещества в группах варьировало на уровне 18,4-19,0 %. В сухом веществе рациона в I группе концентрация сырого жира составила 32,6 г/кг, во II и III группах – 66,1 и 57,0 г/кг соответственно.

Изучение переваримости питательных веществ рационов выявило определённые различия в процессах пищеварения, которые зависели от поступления энергии (табл. 2). Установлено, что содержание клетчатки в смешанном рационе в количестве 19-20 % обеспечивает оптимальный уровень ферментативных процессов в рубце.

Таблица 2. Коэффициенты переваримости питательных веществ, %
($M \pm m$, $n = 30$)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Сухое вещество	67,11±0,60	70,22±0,37*	68,09±0,64
Органическое вещество	68,06±0,57	70,64±0,36*	68,36±0,56
Сырой протеин	61,17±0,42	64,70±0,89	53,66±5,57
Сырой жир	59,11±3,91	66,23±2,34	78,50±1,43**
Сырая клетчатка	54,23±0,82	57,07±0,49*	55,95±0,80
БЭВ	75,70±0,30	78,39±0,14**	75,78±1,80

Примечание: здесь и далее в таблицах: * $P < 0.05$ по t -критерию при сравнении с I (контрольной) группой.

Питательные вещества рациона использовались бычками более эффективно при повышенной энергонасыщенности рациона. Переваримость СВ во II и III группах повысилась на 3,11 ($P < 0,05$) и 0,98 абс.% по сравнению с I группой. Органическое вещество также лучше переваривалось животными опытных групп. Так, во II группе переваримость органического вещества была выше, чем в контрольной на 2,58 % ($P < 0,05$).

Снижение переваримости органического вещества кормового рациона на 1 % приводит к потерям энергии, приравненным к питательности 1 кг зерна (Мороз, 2005). Повышение уровня обменной энергии в сухом веществе рациона обеспечило лучшее использование зольных элементов рациона животных. Так, переваримость сырого протеина во II группе была выше, чем в контрольной на 3,53 абс.%, а в III группе – ниже на 7,5 %.

По переваримости сырого жира бычки III группы превосходили I (контроль) на 19,4 % ($P < 0,01$), аналоги II группы – на 7,12 %. Данное повышение переваримости сырого жира опытными животными, по-видимому, связано с включением в их рацион энергетической добавки на основе защищенного жира, на что указывают и другие исследователи. Защищённые жиры, представленные

неэтерифицированными жирными кислотами, попадая в пищеварительный тракт, транзитом проходят через преджелудки и попадают в кишечник, где происходит их переваривание и всасывание (Харитонов и др., 2017; D'Occhio et al., 2019).

Переваримость сырой клетчатки у бычков II и III групп была выше на 2,84 ($P<0,05$) и 1,72 % относительно контроля. Коэффициент переваримости БЭВ у молодняка всех групп была на весьма высоком уровне. Во II группе переваримость БЭВ была выше, чем в контроле на 2,69% ($P<0,01$). Повышение содержания энергии на 15 % с КОЭ 11,7 МДж/г СВ не оказало ожидаемого влияния на переваримость БЭВ.

В зависимости от разного уровня энергетического питания, энергия корма рационов неодинаково усваивалась в подопытных группах (табл. 3).

Таблица 3. Энергетические затраты, МДж/сутки ($M\pm m$, $n = 30$)

Показатель	Группы		
	I	II	III
Валовая энергия корма	150,7±2,4	156,0±4,2	158,7±2,3
Переваримая энергия	100,7±1,5	104,6±2,6	107,6±1,4*
Энергия мочи	3,60±0,03	3,57±0,10	3,70±0,02*
Потери энергии в ЖКТ (метан + теплота ферментации)	13,86±0,20	14,23±0,45	14,54±0,16
Обменная энергия (ОЭ)	83,28±1,24	86,79±2,08	89,36±1,26*
Потери ОЭ на теплопродукцию	67,27±1,84	68,47±2,20	72,82±1,29
Энергия прироста	16,01±1,39	18,32±0,45	16,54±0,90
Энергия поддержания	33,98±0,25	33,83±0,09	35,94±0,56*
Эффективность использования ОЭ на прирост, %	32,47±1,40	34,59±0,23	30,96±1,29

Значительная часть потреблённой энергии теряется с неперевааренными питательными веществами (Свиридова, 2003; Денькин, Лемешевский, 2020). Потери энергии с мочой у бычков III группы были выше по сравнению с I группой ($P<0,05$). По трём подопытным группам выход переваримой энергии варьировал в пределах от 66,8 до 67,8 % от валовой энергии.

Сравнительно низкие потери энергии недоокисленных продуктов, выделяемых с мочой, с метаном и теплотой ферментации, отмечены у животных III группы – 16,9 % (17,3 % в I группе).

Затраты энергия на поддержание жизненных функций у животных II и III групп была ниже, чем в контрольной группе на 0,6 и 1,8% ($P<0,05$) от обменной энергии. На энергию поддержания у подопытных бычков приходилось от 49,35 до 50,51% потерь энергии на теплопродукцию.

На каждый килограмм потреблённого молодняком I группы СВ рациона потери энергии на теплопродукцию составляли 8,19 МДж, что ниже значения в III группе на 0,64 МДж или на 7,8 %. У аналогов II группы затрачено 8,16 МДж энергии теплопродукции в расчёте на килограмм потреблённого СВ.

Критерием результативности кормления животных и экономики ведения хозяйства является величина общей эффективности как отношение энергии прироста к обменной энергии. В нашем исследовании общая эффективность кормления во II группе составила 21,1 (+1,9абс.% к контролю), в III группе – 18,5% (-0,7абс.% к контролю).

Отношение энергии, затраченной на прирост массы тканей, к суммарному количеству энергии, поступившей сверх потребности на поддержание жизни ($E_{\text{прироста}}/(OЭ - E_{\text{поддержания}})$), характеризует парциальную эффективность продуктивного использования обменной энергии у бычков. Эта величина имеет почти константный характер и при сбалансированном кормлении не зависит существенно от генетических особенностей животного и от уровня продуктивности. Эффективность использования энергии на прирост была наибольшей у молодняка II группы (34,6 %). По-видимому, уровень энергетического питания оказался оптимальным для данного возраста и уровня продуктивности. Повышение в III группе уровня энергетического питания на 14,3% с КОЭ 11,7 МДж/кг сухого вещества не привело к существенному изменению продуктивной доли обменной энергии рациона.

Повышение уровня и концентрации обменной энергии в рационе оказало положительное влияние на динамику живой массы бычков (табл. 4). При снятии с опыта (за период с 13 до 18 мес.) живая масса молодняка во II и III группах была выше контроля на 3,8 (P<0,05) и 2,1% соответственно.

Таблица 4. Живая масса и продуктивность бычков (M±m, n = 30)

Показатель	Группы		
	I	II	III
Живая масса в начале опыта, кг	294,9±5,3	306,3±6,1	298,7±7,4
Живая масса в конце опыта, кг	486,3±5,2	504,8±5,3*	496,7±6,3
Валовой прирост, кг	191,4±2,6	198,5±1,8*	198,0±2,0
Среднесуточный прирост, г	1063±14	1103±10*	1100±12
<i>Расход кормов на прирост:</i>			
кормовых единиц, к.ед./кг	8,58±0,38	8,49±0,15	8,90±0,08
обменного протеина, г/кг	617,6±27,6	618,2±10,6	646,3±5,5
Расход ОЭ рациона на энергию прироста, МДж/кг	6,67±0,63	6,29±0,16	7,30±0,39

Продуктивное действие испытываемых рационов было неодинаковым; об этом свидетельствуют показатели среднесуточных приростов живой массы. Бычки II группы по энергии роста превосходили сверстников в контрольной группе на 3,8% (P<0,05). В III группе при КОЭ 11,7 МДж/кг сухого вещества приросты были на уровне II группы.

Повышение уровня обменной энергии на 9,5 % к I группе способствовало снижению расхода кормовых единиц рациона на прирост 1,1% (0,1 корм. ед.) и обменной энергии рациона на энергию прироста на 5,7% (0,4 МДж/кг) соответственно. Затраты обменного протеина на прирост у животных II группы находились на уровне контроля и составил 618,2 г/кг.

Скармливание рационов в III группе с КОЭ 11,7 МДж/кг сухого вещества привело к увеличению расхода кормовых единиц, обменного протеина на прирост и обменной энергии на энергию прироста на 3,7% (0,3 корм. ед.), 4,6% (28,6 г/кг) и 9,5% (0,6 МДж/кг) соответственно.

Исходя из вышеизложенного, очевидно положительное влияние уровня энергетического питания на рост и развитие подопытного молодняка. Наилучший эффект отмечен во II группе, в которой среднесуточный прирост живой массы увеличился на 3,8% (P<0,05) против контроля, при этом были снижены затраты корма и обменной энергии.

Различия по содержанию питательных веществ в мякоти туш, выявленные по результатам контрольного убоя, обусловили неодинаковый уровень энергетической ценности съедобной части туш (табл. 5).

Таблица 5. Энергетическая ценность съедобной части туши (M±m, n = 9)

Группы	Содержание в мякоти, г/кг		Энергетическая ценность мякоти, кДж/кг,		Энергия мякоти туши, МДж	
	белок	жир	всего	энергия белка энергия жира		
I	190,9±3,9	76,93±0,33	6272±78	3276±68	2996±13	1091±55
II	189,3±0,6	86,63±1,98**	6623±68*	3250±11	3373±77**	1186±85
III	190,6±4,4	102,1±2,7***	7248±44***	3271±75	3977±103***	1215±34

Примечание: *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001 по t-критерию при сравнении с I (контрольной) группой.

Распределение белка в мякоти туши бычков в группах происходило на аналогичном уровне с колебаниями ±1,54 г/кг мякоти. Содержание жира в съедобной части туши во II и III группах превосходило значение контроля на 9,7 (P<0,01) и 25,2 г/кг (P<0,001). Туши у бычков III группы отличались более высокой калорийностью за счет жира (+981,2 МДж) или на 32,8 % (P<0,001); по содержанию валовой энергии в съедобной части туши эта группа превосходила контроль на 124 МДж (+11,4 %). Туши животных II группы характеризовались повышением энергетической ценности мякоти на 94,1 МДж (+8,6 %) за счет жира (+377,7 МДж) или на 12,6 % (P<0,01).

При интенсивном производстве говядины 55-65 % всех затрат в структуре её себестоимости занимают корма, т.е. рентабельность промышленного производства говядины в значительной степени обусловлена расходом кормов на 1 кг прироста (Lemiasheuski, 2017; Sakamoto et al., 2020; Givens, 2000).

Особенно важным показателем мясной продуктивности бычков является эффективность использования питательных веществ, энергии рационов в организме для синтеза компонентов мяса (табл. 6).

Таблица 6. Конверсия энергии и протеина кормов в энергию и белок мякоти туши
($M \pm m$, $n = 9$)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Затрачено доступного протеина на прирост, г/кг	615,0±8,2	618,4±8,4	647,3±9,6
Затрачено обменной энергии корма на прирост, МДж/кг	99,16±4,44	104,3±1,8	108,9±0,9*
Содержалось в мякоти туши, кг:			
белка	33,24±1,97	33,87±2,27	31,95±0,96
жира	13,38±0,56	15,52±1,20	17,13±0,71 *
Энергия, отложенная в приросте, МДж/сут	21,32±1,05	22,96±0,80	22,60±0,68
Выход на 1 кг предубойной живой массы:			
белка, г	74,37±1,86	76,25±0,84	74,80±2,79
жира, г	29,97±0,29	34,91±1,20*	40,08±1,36**
энергии, МДж	2,44±0,04	2,67±0,06*	2,84±0,08*
Коэффициент конверсии, %:			
доступного протеина в белок мякоти туши	28,24±1,67	27,59±1,85	24,93±0,75
обменной энергии кормов в энергию мякоти туши	5,78±0,29	5,73±0,41	5,63±0,16
обменной энергии кормов в энергию прироста	15,25±1,32	15,93±0,40	13,78±0,75
Концентрация энергии в мякоти, МДж/кг СВ	22,67±0,06	23,30±0,11**	24,10±0,23**

Формирование мышечной ткани у животных шло, в основном, за счёт отложения белка и в меньшей степени – жира. Эффективность использования обменного протеина корма была более высокой в III группе, поскольку расход доступного белка на прирост живой массы был на 32,2 г/кг меньше, чем в I группе при превосходстве его содержания в мякотной части тела на 3,9 % (+1,3 г/кг). При этом установлено значимое повышение содержания жира в мякоти туш в III группе на 3,7 кг (+28,0 %, $P < 0,05$), что, по-видимому, связано с избыточным поступлением доступного белка и его дисбалансом. Во II группе отложение доступного протеина в мякоти туши увеличилось на 0,6 % (+3,4 г/кг) по отношению к контролю на фоне повышения потреблённого доступного протеина на 28 г.

Затраты обменной энергии на прирост живой массы у животных II и III групп были выше уровня контроля на 5,1 и 9,8 ($P < 0,05$) МДж/кг или на 5,2 и 9,8 % соответственно.

Наибольшая величина энергии, отложенной в приросте, отмечена во II группе (на 7,7 % выше против контроля). Наибольший выход белка мякоти на предубойную живую массу установлен во II группе – 76,2 г/кг, что выше контроля на 2,5 %. Выход жира по отношению к контролю возрос на 4,9 г ($P < 0,05$) во II и на 10,1 г ($P < 0,01$) – в III группе, выход энергии на 1 кг предубойной живой массы в этих группах увеличился на 9,4-16,4 % ($P < 0,05$).

Установленный характер накопления питательных веществ в организме молодняка отразился и на динамике конверсии доступного протеина и обменной энергии корма в пищевую белок и энергию мякоти туши (Carvalho et al., 2018, Hynd, 2019; Харитонов и др., 2020; Balaine et al., 2020). К 18-мес. возрасту бычки лучше трансформировали протеин рациона в пищевую белок, чем энергию корма в энергию мякоти. Наибольшая конверсия доступного протеина корма в пищевую белок съедобных частей мясной продукции установлена во II группе – 27,6 %. То есть, лучшей конверсией протеина корма отличались бычки, выращиваемые на рационах с повышением на 9,5 % уровнем ОЭ в рационе.

При повышении до определённого уровня концентрации обменной энергии рационов активизируется способность организма молодняка к превращению энергии и протеина в продукцию (Bramley et al., 2013; Денькин и др., 2020; Лемешевский и др., 2020) (Радчиков В.Ф. и др. Рекомендации по энергопротеиновому питанию молодняка крупного рогатого скота. Жодино, 2011). Коэффициент

конверсии обменной энергии корма в энергию продукции у животных III группы был самым низким – ниже, чем в I и II группах на 1,47-2,1 абс.%. При этом наиболее интенсивная конверсия обменной энергии корма в энергию прироста была во II группе – 15,9 %. Концентрация энергии в мякоти туш II и III группы превышала контроль на 0,63 ($P<0,05$) и 1,43 ($P<0,05$) МДж/кг СВ или 2,8 и 6,3 %.

В целом, использование «защищённой» энерго-протеиновой добавки у бычков молочной породы в период откорма в возрасте от 12 до 18 месяцев оказало положительное влияние на степень конверсии энергии рационов в энергию прироста.

Заключение

Первостепенное значение для эффективного использования корма продуктивными животными является сбалансированность рациона по питательным и биологически активным веществам, в первую очередь, по энергии и доступному протеину. В проведенном исследовании скормливание рационов с уровнем обменной энергии на 9,5 % выше рекомендуемой нормы (РАСХН, 2003) за счёт включения в рацион «защищённого» от распада в рубце жира и экструдированного рапса у бычков молочной породы в период откорма в возрасте от 12 до 18 месяцев привело к повышению переваримости сухого и органического вещества и эффективности использования ОЭ рациона на прирост живой массы. При этом в энергию прироста бычков конвертировалось больше обменной энергии рациона по отношению к контролю. Дальнейшее повышение уровня ОЭ в рационе на 14,3% при концентрации ОЭ 11,7 МДж/кг СВ сопровождалось повышением теплопродукции на 1 кг потреблённого СВ, увеличением отложения жира в теле и затрат кормов на 1 кг у прироста живой массы.

Список литературы

1. Гайдай И. И. Трансформация протеина и энергии корма в мясную продукцию бычков // Вестник науки Казахского государственного аграрного университета. 2006. № 4. С. 11-13.
2. 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. № 8. С. 34-42. <<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-199-8-34-42>>
3. Жусупов М. С., Жузенов Ш. А., Кулиев Т. М. Конверсия обменной энергии и протеина корма в мясную продукцию // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2006. № 7. С. 32-35.
4. Калашников А.П., Фисинин В.И, Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва: Агропромиздат, 2003. 456 с.
5. Левахин В. И. Качество мяса бычков красной степной породы в зависимости от концентрации обменной энергии // Вестник мясного скотоводства. 2005. Т. 58. № 2. С. 125-127.
6. Лемешевский В. О., Харитонов Е. Л., Остренко К. С., Черепанов Г. Г. Физиологические и продуктивные эффекты обработки пропионовой кислотой размолого зерна гороха для защиты от распада в рубце у выращиваемых бычков // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 4. С. 82-91. <<https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4:82-91>>
7. Лемешевский В. О., Харитонов Е. Л., Остренко К. С. Рубцовое пищеварение у бычков при разном соотношении распадаемого и нераспадаемого протеина в рационе // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 2. С. 90-98. <<https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.2.90-98>>
8. Мороз М. Т. Оптимизация условий кормления высокопродуктивных коров. СПб: АМА НЗ, 2005. 60 с.
9. Надальяк Е. А. Изучение обмена энергии и энергетического питания у сельскохозяйственных животных. Боровск: ВНИИФБиП, 1986. 58 с.
10. Погосян Д. Г. Качество протеина в кормах для жвачных животных. Пенза: ГСХА, 2014. 133 с.
11. Пучков А. А., Харитонов Е. Л. Влияние нетрадиционных источников протеина на процессы пищеварения и роста у бычков холмогорской породы в период интенсивного дорастивания. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 2. С. 87-95.
12. Свиридова Т.М. Закономерности обмена веществ и формирования мясной продуктивности у молодняка мясного скота. М.: Агропромиздат, 2003. 312 с.
13. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочных коров. Боровск: ВНИИФБиП, 2011. 311 с.
14. Харитонов Е. Л., Остренко К. С., Лемешевский В. О. Профилактика нарушений рубцового пищеварения у растущих бычков молочных пород. // Ветеринария: научно-производственный журнал. 2020. № 9. С. 50-55. <<https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.9.50-55>>

15. 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.
16. Цюпко В. В. Физиологические основы питания молочного скота. Киев: Урожай, 1984. 152 с.
17. Черепанов Г.Г. Системная морфо-физиологическая теория роста животных. Боровск: ВНИИФБиП при поддержке РФФИ, 1994. 104 с.
18. Baber J. R., Sawyer J. E., Wickersham T. A. Evaluation of net protein contribution, methane production, and net returns from beef production as duration of confinement increases in the cow-calf sector. // J. Anim. Sci. 2019. Vol. 2. nr 7. P. 2675-2686. <<https://doi.org/10.1093/jas/skz145>>
19. Balaine L., Dillon E. J., Läßle D., Lynch J. Can technology help achieve sustainable intensification? Evidence from milk recording on Irish dairy farms. // Land use policy. 2020. Vol. 92. P. 104-137. <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104437>>
20. Bava L., Sandrucci A., Zucali M., Guerci M., Tamburini A. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? // J. Dairy Sci. 2014. T. 97. nr 7. P. 4579-4593. <<https://doi.org/10.3168/jds.2013-7530>>
21. Bramley E., Costa N.D., Fulkerson W.J., Lean I.J. Associations between body condition, rumen fill, diarrhoea and lameness and ruminal acidosis in Australian dairy herds. // N. Z. Vet. J. 2013. Vol. 61. nr 6. P. 323-329. <<https://doi.org/10.1080/00480169.2013.806882>>
22. da Fonseca MP, Borges ALDCC, Carvalho PHA et al. Energy partitioning in cattle fed diets based on tropical forage with the inclusion of antibiotic additives. // PLoS One. 2019. Vol. 14, nr 4. P. 55-65. <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211565>>
23. D'Occhio M.J., Baruselli P.S., Campanile G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle. // Theriogenology. 2019. Vol. 125. P. 277-284. <<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>>
24. Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. // Animal. 2013. Vol. 7. nr 6. P. 1028-1043. <<https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>>
25. Duncan A.J., Teufel N., Mekonnen K., Singh V. ., Bitew A., Gebremedhin B. Dairy intensification in developing countries: effects of market quality on farm-level feeding and breeding practices. Animal. 2013. Vol. 7. nr 12. P. 2054-2062. <<https://doi.org/10.1017/S1751731113001602>>
26. Givens D. J. Forage evaluation in ruminant nutrition. Wallingford: CAB International, 2000. 348 p.
27. Hynd Ph.I. Animal nutrition. From theory to practice. CSIRO Publ., 2019. 417 p.
28. Kharitonov E. L., Ostrenko K. S., Lemiasheuski V. O., Galochkina V. P. Prevention of protein deficiency in dairy bull calves during fattening. // E3S Web conf.: topical problems of agriculture, civil and environmental engineering. Moscow, 2020. Vol. 224. 04046. <<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022404046>>
29. Kolver E.S. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. // Proc. Nutr. Soc. 2003. Vol. 62. nr 2. P. 291-300. <<https://doi.org/10.1079/pns2002200>>
30. Lean I., Westwood C., Playford M. Livestock disease threats associated with intensification of pastoral dairy farming. // N.Z. Vet. J. 2008. Vol. 56. nr 6. P: 261-269. <<https://doi.org/10.1080/00480169.2008.36845>>
31. Lemiasheuski V.O. Substrate energy use by calves for weight gain // J. Agroalim. Proc. Techn. 2017. Vol. 23. nr 1. P. 24-30.
32. O'Grady L., Doherty M.L., Mulligan F.J. Subacute ruminal acidosis (SARA) in grazing Irish dairy cows. // Vet. J. 2008. Vol. 176. nr 1. P. 44-49. <<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.017>>
33. Oliveira P.P.A., Corte R.R.S., Silva S.L. et al. The effect of grazing system intensification on the growth and meat quality of beef cattle in the Brazilian Atlantic Forest biome. // Meat Sci. 2018. Vol. 139. P. 157-161. <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.019>>
34. Sakamoto L.S., Berndt A., Pedroso A.F. et al. Pasture intensification in beef cattle production can affect methane emission intensity. // J. Anim. Sci. 2020. Vol. 98. nr 10. P. 309-317. <<https://doi.org/10.1093/jas/skaa309>>
35. Schiemann R., Nehring K., Hoffmann L., Jentsch W., Chudy A. Energetische Futterbewertung und Energienormen: Dokumentation der wissenschaftlichen Grundlagen eines neuen energetischen Futterbewertungssystems. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1971. 344 p.
36. Stafford K., Gregory N. Implications of intensification of pastoral animal production on animal welfare. // N. Z. Vet. J. 2008. Vol. 56. nr 6. P. 274-280. <<https://doi.org/10.1080/00480169.2008.36847>>
37. Zakharenko N.A. Peculiarities of ammonia metabolism in tissues of newborn animals in normal conditions and in case of indigestion. // Ukr. Biokhim. Zh. 1992. Vol. 64. nr 3. P:67-72.

References (for publications in Russian)

1. Cherepanov G.G. *Sistemnaya morfo-fiziologicheskaya teoriya rosta zhivotnykh* (Systemic morpho-physiological theory of animal growth). Borovsk: VNIIFBiP, 1994. 104 p.
2. Denkin A.I., Lemeshevsky V.O. Energy metabolism in bulls of the Aberdeen Angus breed during the rearing period at different levels of exchangeable protein in the diets. *Agrarian Bulletin of the Urals - Agrarian Bulletin of the Urals* 2020. 8: 34-42. <<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-199-8-34-42>>
3. Gaidai I. I. [Transformation of protein and energy of feed into meat products of bull calves]. *Vestnik nauki Kazakhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Bulletin of Science of the Kazakh State Agrarian University*. 2006. 4: 11-13.
4. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds) *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and rations for feeding farm animals). Moscow: Agropromizdat, 2003. 456 p.
5. Kharitonov E.L. *Fiziologiya i biokhimiya pitaniya molochnykh korov* (Physiology and biochemistry of nutrition of dairy cows). Borovsk: VNIIFBiP, 2011. 311 p.
6. Kharitonov E.L., Ostrenko K.S., Lemeshevsky V.O. [Prevention of rumen digestion disorders in growing bulls of dairy breeds]. *Veterinariya: nauchno-proizvodstvennyi zhurnal - Veterinary science: scientific and production journal*. 2020. 9: 50-55. <<https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.9.50-55>>.
7. Kharitonov E.L., Berezin A.S. Influence of different levels of available protein in the diet on the digestibility and assimilation of nutrients in Kholmogory gobies under intensive rearing. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2017. 1: 92-101.
8. Lemeshevsky V.O., Kharitonov E.L., Ostrenko K.S. [Rumen digestion in bulls with different ratios of degradable and non-degradable protein in the diet]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2020. 2: 90-98. <<https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.2.90-98>>
9. Lemeshevsky V.O., Kharitonov E.L., Ostrenko K.S., Cherepanov G.G. [Physiological and productive effects of propionic acid treatment of milled pea grain for protection from rumen decay in farmed bulls]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2020. 4: 82-91. <<https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4:82-91>>
10. Levakhin VI The quality of meat of red steppe bulls depending on the concentration of metabolic energy. *Vestnik myasnogo skotovodstva – Bulletin of Meat Cattle Husbandry*. 2005. 58(2): 125-127.
11. Moroz M.T. *Optimizatsiya uslovii kormleniya vysokoproduktivnykh korov* (Optimizing the feeding conditions for high yielding cows). St. Petersburg: AMA NZ Publ., 2005. 60 p.
12. Nadalyak E.A. *Izuchenie obmena energii i energeticheskogo pitaniya u sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Study of energy exchange and energy nutrition in farm animals). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1986. 58 p.
13. Pogosyan D.G. *Kachestvo proteina v kormakh dlya zhvachnykh zhivotnykh* (Protein quality in feed for ruminants). Penza: GSKhA, 2014. 133 p.
14. Puchkov A. A., Kharitonov E. L. [Effect of non-traditional sources of protein on the digestion and growth processes in bulls of the Kholmogory breed during the period of intensive rearing]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2017. 2: 87-95.
15. Sviridova T.M. *Zakonomernosti obmena veshchestv i formirovaniya myasnoi produktivnosti u molodnyaka myasnogo skota* (Regularities of metabolism and formation of meat productivity in young beef cattle). Moscow. Agropromizdat Publ., 2003. 312 c.
16. Tsyupko V.V. *Fiziologicheskie osnovy pitaniya molochnogo skota* (Physiological foundations of nutrition of dairy cattle). Kiev: Urojai Publ., 1984. 152 p.
17. Zhusupov M.S., Zhuzenov Sh.A., Kuliev T.M. Conversion of metabolic energy and protein of feed into meat products. *Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki Kazakhstana - Bulletin of agricultural science of Kazakhstan*. 2006. 7: 32-35.

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.92-102

**Effect of protected energy-protein supplement on the efficiency of feed conversion
in Black-and-White bulls during the finishing period**

Lemeshevsky V.O., Ostrenko K.S.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition - Branch of Ernst Federal Research
Center for Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. It is possible to increase the degree of transformation of feed nutrients into products in fattening dairy bulls is possible only with an optimal ratio of the level and composition of the main feed components. The aim of the work was to assess the efficiency of feed energy and protein use on live weight and pulp gains in fattening bulls of dairy breed when using a feed additive of protected fat and extruded rapeseed. The studies were carried out on Black-and-White bulls during the age period from 12 to 18 months. The experimental animals received a ration according to the norms recommended in the Russian Federation. The diets for groups II and III included the additive of fat stabilized from rumen degradation and extruded rapeseed, which ensured an increase in ME of the diet by 9,5 and 14,3 and available protein by 4,3 and 8,9 %, respectively vs control. In comparison with the control group I, in group II, an increase in the digestibility of dry and organic matter ($P<0.05$), an average daily gain in live weight ($P<0.05$) and the efficiency of conversion of energy and feed protein into products was revealed. A further increase in the level of energy nutrition (by 14.3% at a concentration of 11.7 MJ ME/kg DM) was accompanied by an increase in energy losses for heat production, increased deposition of fat in the body, and increased feed costs per unit of live weight gain.

Keywords: bull feeding, protected fat, extruded rapeseed, available protein, nutrient digestibility, meat production

Problemy biologii productivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2021, 2: 92-102

Поступило в редакцию: 35.05.2021

Получено после доработки: 16.06.2021

Лемешевский Виктор Олегович, к.с.-х.н., н.с, тел. +7(910)917-39-90, Lemeshonak@mail.ru;
Остренко Константин Сергеевич, д.б.н., зав. лаб., тел. +7(910)916-66-58, Ostrenkoks@gmail.com