

ДЕНЬКИН
Алексей Иванович

«Использование обменной энергии и особенности субстратной обеспеченности энергетических и продуктивных функций у молочных коров в преддородный период и в начале лактации»

03.00.13 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Боровск – 2009

Работа выполнена в ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных»

Научный руководитель:

доктор биологических наук
Агафонов Владимир Иванович

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук
Овчаренко Эдуард Васильевич

кандидат биологических наук
Макар Зиновий Николаевич

Ведущее учреждение: Всероссийский государственный
научно-исследовательский институт животноводства

Защита диссертации состоится «16» декабря 2009 года в 10 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 006.030.01 при Государственном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных».

Адрес института: 249013, Калужская область, г. Боровск, пос. Институт, ВНИИФБИП с.-х. животных. Тел.: (495)-9963415, факс – (48438) – 42088.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных.

Автореферат разослан « 16 » ноября 2009 года и размещён на официальном сайте института [www. bifip 2006. narod. ru](http://www.bifip2006.narod.ru) - « 16 » ноября 2009 года.

Учёный секретарь совета Д 006.030.01,
кандидат биологических наук

В.П. Лазаренко

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Традиционная технология кормления сухостойных коров, авторами которой являются Попов И.С. (1975), Томмэ М.Ф. (1969) и многие другие учёные, на данном этапе не позволяет должным образом подготовить животное к отёлу и последующей лактации. Трудность в кормлении сухостойных коров в последние три недели заключается в том, что с приближением отёла расход питательных веществ повышается (рост плода, увеличение плаценты и молочной железы), а аппетит снижается по физиологическим причинам (давление плода на органы пищеварения, повышенная концентрация прогестерона в крови), что приводит к дефициту энергии. Учитывая эти особенности необходимо повышать концентрацию энергии в рационах, за счёт введения в рационы концентрированных кормов, повышая их долю до 3,5-5 кг/гол/сутки (Э. Виртанен, 1974). Это подготовительное кормление необходимо для адаптации микрофлоры рубца после отёла на богатый концентратами рацион (Ю.К. Вайс, 1989) и позволит сгладить дефицит энергии, который обостряется у коров в первые дни лактации (В.С. Крюков, С.В. Зиновьев, 2007).

Переход с овсяных кормовых единиц на энергетическую оценку питательности кормов и нормирование потребности по обменной энергии стало прогрессивным этапом в совершенствовании кормления сельскохозяйственных животных в нашей стране. Однако, классические методы исследований энергетического питания животных (баланс энергии, респираторные исследования) не позволяют решить ряд принципиальных вопросов питания животных, связанных с особенностями биохимических превращений метаболитов в органах и тканях (В.И. Агафонов, 2005). На современном этапе во ВНИИФБиП разрабатывается новый подход к оценке питательности рационов и их оптимизации, учитывающий количественные показатели образования в желудочно-кишечном тракте субстратов, доступных для усвоения: ацетата, пропионата, бутирата, высших жирных кислот, аминокислот и глюкозы; их усвоение, распределение и использование на физиологические функции и биосинтез. Питательные вещества корма рассматриваются как предшественники субстратов, необходимых для обеспечения функций и синтеза в животном организме (В.И. Агафонов, Е.А. Надальяк, 1991; В.И. Агафонов, 2000; Е.Л. Харитонов, Б.Д. Кальницкий, 2000).

Таким образом, новая технология кормления высокопродуктивных коров перед отёлом определяет потребность не только в обменной энергии и питательных веществах, но и в субстратах, которые образуются в пищеварительном тракте и всасываются в кровь.

Главная направленность новых технологий кормления коров заключается в повышении концентрации обменной энергии рациона перед отёлом, за счёт увеличения в его составе кормов с высоким содержанием крахмала. При данной технологии существенно возрастает молочная продуктивность коров, но увеличивается возможность нарушений обмена веществ, что приводит к сокращению сроков использования коров, ввиду недостаточной физиологической обоснованности новых технологий, применительно к отечественным породам молочного скота и условиям их кормления и содержания.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является комплексная оценка энергетической обеспеченности с учётом использования субстратов – конечных продуктов переваривания и поступающих из эндогенных источников - в процессе формирования компонентов продукции у молочных коров в предотельный период и в начале лактации.

В соответствии с поставленной целью в работе были определены следующие задачи:

1. Оценить потребность в обменной энергии и использование основных групп субстратов на молокообразование при использовании адаптивной технологии подготовки к лактации.
2. Определить количество и соотношение субстратов, используемых в энергетическом обмене у коров с различным уровнем продуктивности.
3. Установить возможность регулирования кормовыми факторами уровня и продолжительности использования эндогенных источников энергии у коров в начальный период лактации.

Научная новизна. Впервые проведены исследования энергетического обмена у молочных коров не только с общей оценкой энергетической обеспеченности, но и с анализом баланса субстратно-метаболических потоков, позволяющим выявить возможности регулирования метаболических процессов для оптимизации питания коров в перинатальный период для повышения молочной продуктивности и качества молока.

Практическая значимость. Полученные данные будут использованы для совершенствования системы энергетического питания высокопродуктивных коров молочного направления.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы, представлены:

- на Всероссийской научно-практической конференции «Научное обеспечение реализации национального проекта «Развитие АПК» (Саранск, 4-6 июня 2008 г.);
- на межлабораторном совещании ВНИИФБиП (Боровск, 2009 г.).

Публикации исследований. По результатам исследований опубликовано 3 научные статьи, 1 из которых в журнале, рекомендуемом ВАК РФ.

Основные положения, выносимые на защиту.

- концентрация обменной энергии в кормах, уровень и качество других питательных веществ в рационах сухостойных коров за 20 дней до отёла оказывают существенное влияние на уровень использования и соотношение эндогенных и кормовых источников энергии у новотельных коров;
- новые подходы к оценке энергетической и субстратной питательности рационов коров в конце сухостойного периода дают дополнительную существенную информацию об оптимальном уровне питания и адаптации обмена веществ к концентратному типу кормления в период раздоя.

Объём и структура работы.

Диссертация изложена на 120 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, собственных исследований, заключения, выводов и предложений производству, списка литературы, включающего 205 источников (в том числе 52 иностранных источника). Работа содержит 14 таблиц, 5 рисунков.

2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материал и методика исследований

Научный опыт проведен в 2007 г. в условиях вивария ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных на 6 коровах-помесях холмогорской породы с голштино-фризами.

Сформировали две группы коров по 3 головы в группе по принципу парных аналогов по живой массе, срокам отёлов и уровню молочной продуктивности за предшествующую лактацию. Средняя живая масса коров в контрольной и опытной группах составила $487,5 \pm 25,4$ кг и $492,7 \pm 24,5$ кг, а молочная продуктивность за предшествующую лактацию $4536,7 \pm 42,6$ кг и $4450 \pm 162,7$ кг, соответственно. Схема опыта представлена в диссертации.

Содержание коров привязное, поение из автопоилок. Кормление индивидуальное с учетом остатков кормов, доение коров – трёхкратное, в бачки. Рационы в обеих группах состояли из сена козлятника восточного, силоса вико-овсяного, патоки кормовой и комбикорма (табл. 1).

Таблица 1 – Состав рационов для коров за 20 дней до отёла и по периодам лактации

Корма	20 дней до отёла		Дни лактации					
			40 - 45		60 - 65		90 - 95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Сено козлятника восточного, кг	4	4	3,7	3,9	3,6	3,3	3,9	3,3
Силос вико-овсяный, кг	14	10	20,4	20,4	18,3	19,9	20,3	20,9
Патока кормовая, кг	-	-	1,0	1,0	0,8	0,8	-	-
Комбикорм, кг	2	4	9,0	9,0	9,0	10,0	8,0	10,0

За 20 дней до отёла в опытной группе повысили концентрацию обменной энергии рациона за счёт увеличения дачи концентратов и снижения грубых кормов. С 10 дня лактации и до конца 2-го периода исследований коровы разных групп получали комбикорма разного состава. В 3-й период исследований состав комбикорма в группах был идентичным (табл. 2). Нормирование комбикорма проводили по достигнутому уровню молочной продуктивности

Таблица 2 - Состав комбикормов по периодам опыта (% по массе)

Корма	Дни лактации					
	40 - 45		60 - 65		90 - 95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Кукуруза	30	55	28	20	20	20
Ячмень	29	16	27	43	43	43
Пшеница	17		17	15	15	15
Соевый шрот	4	25	10	18	18	18
Подсолнечный шрот	16	-	14	-	-	-
Премикс П-60-1	1	1	1	1	1	-
Премикс Превит-5	-	-	-	-	-	1
Соль поваренная	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Трикальций фосфат	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

В опытах проводился ежедневный учет молочной продуктивности и учет количества потребленных кормов. Для измерения живой массы коров взвешивали во время опытов один раз в 30 дней. В конце каждого периода во всех трех сериях опыта проводили балансовые опыты по изучению переваримости питательных веществ, обмена энергии, проведение лёгочного газообмена. Образцы крови отбирали за 1 час до кормления и через 3 часа после утреннего кормления.

Основными методическими подходами при изучении энергетического обмена и определения потребности животных в обменной энергии были обменные опыты (Овсянников, 1976) в комплексе с респираторными исследованиями масочным методом, с помощью аппаратуры АДГ-2 (Е.А. Надаляк, 1973). Анализ химического состава выдыхаемого воздуха проводили химическим методом на газоанализаторе ПАГ-4. Прямая калориметрия образцов корма, кала, мочи и молока выполнена с помощью адиабатического калориметра - 08-ВА. Азот в кормах, моче, кале и молоке определяли по методу Кьельдаля на приборе Сиреньева (В.С. Асатиани, 1956). Сырую клетчатку в кормах определяли по методу Ганнеберга-

Штомана; крахмал - по методу Дюбуа; сахар - по методу Бертрана; сырой жир - по методу Сокслета (В.А. Разумов, 1986). Определение содержания ЛЖК в рубцовой жидкости коров проводилось методом паровой дистилляции, с последующей хроматографией на газожидкостном хроматографе (В.Н. Пустовой, 1987). Содержание жира в молоке определяли по методу Гербера (П.В. Кугенев, 1978). Для определения лактата в крови использовали ферментативный колориметрический тест (LOX-PAP) – расщепление лактата лактатоксидазой (W. Bablok, 1988; D. Barhan, 1972; H. Passing, 1983; P. Trinder, 1969). Определение пирувата провели колориметрическим методом по Лонгу (В.С. Асатиани, 1955).

В качестве основы для количественных расчетов образования субстратов в желудочно-кишечном тракте использовали показатели баланса энергии, азота, данные по соотношению ЛЖК в рубцовой жидкости.

3. Результаты исследований и их обсуждение

3.1 Описание рационов, состав, ОЭ, субстраты, варианты сочетания ОЭ и протеина

Повышение концентрации обменной энергии в сухом веществе на 4,87% в рационе сухостойных коров опытной группы, за счёт зерновых концентратов, способствовало изменению субстратного спектра, а именно, увеличению доступных для усвоения аминокислот, пропионата, глюкозы, и снижению ацетата (табл. 3). Анализ субстратной оценки рациона показывает, что количество аминокислот, глюкозы и пропионата в опыте существенно превышали контроль.

Потребность сухостойных коров в глюкозе высокая, так как она используется в реакциях гликолиза для запуска цикла Кребса, резервируется в виде гликогена в печени и мышцах и расходуется на энергетические нужды плода.

Таблица 3 - Основные показатели питательности рационов для коров за 20 дней до отёла и по периодам лактации

Основные показатели питательности рационов	20 дней до отёла		Дни лактации						
			40 - 45		60 - 65		90 - 95		
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	
Обменная энергия, МДж	101	105	145,5	162,7	158,7	182,1	153,3	178,1	
Сырой протеин, г	1520	1620	2465	2732	3070	3245	2675	3010	
Распадаемый протеин, г	1050	1134	1690	1730	2070	2190	1790	2020	
Нераспадаемый протеин, г	470	486	775	1002	1000	1055	885	990	
Сырая клетчатка, г	2970	2610	3319	3448	3984	4268	3673	3878	
Крахмал, г	906	1686	3880	3600	3650	3600	3010	3725	
Сахар, г	262	300	1065	1390	900	935	390	455	
Сырой жир, г	348	328	440	470	507	552	320	360	
Минеральные и биологические активные вещества – до нормы									
Оценка образования субстратов – конечных продуктов переваривания:									
Аминокислоты, г	917	975	1380	1540	1680	1785	1620	1825	
Высокомолекулярные жирные к-ты, г	271	277	370	395	410	435	280	365	
Глюкоза, г	44	384	1017	887	370	790	600	855	
ЛЖК	Ацетат, г	2607	2317	3475	3823	3775	4320	3525	4190
	Пропионат, г	814	1106	963	987	1080	1275	1065	1160
	Бутират, г	591	525	708	763	775	890	1110	1290

В период 40-45 дней лактации опытная группа получала рацион, обеспечивающий нераспадаемым протеином для образования 24 кг молока с 3,4% белка. Также в связи с усиленной мобилизацией жировых депо в этот период, следует учесть дополнительные потребности коров в глюкозе для более полного использования жирных кислот в энергообразовании. За счет большей доли кукурузы в комбикорме опытной группы уровень глюкозы в составе обменной энергии составил 8,79%, уровень аминокислот 17,04%. Рацион контрольной группы по количеству нераспадаемого протеина обеспечивал потребность для образования 19 кг молока с 3,4% белка. Уровень глюкозы и аминокислот в составе обменной энергии составил 11,26% и 17,07%, соответственно. Таким образом, рационы для опытной и контрольной групп по обменной энергии были составлены с учётом мобилизации жировых резервов и белка тканей, что неизбежно при депрессии потребления кормов рациона в данный период лактации.

3.2 Молочная продуктивность и изменение живой массы коров в начале лактации

По периодам исследований изучали продуктивность коров и качество молока (содержание энергии, жира, белка). В 1-ом периоде (40-45 дней) среднесуточный удой коров в опытной группе составил 24,0±2,1 кг молока, (на 28,34% больше контроля). Высокое содержание жира в молоке по группам в этот период лактации связано с эффективным использованием жировых депо; при этом у коров опытной группы начиная со 2-го периода исследований возрос синтез молочного жира за счёт кормовых источников субстратов (ВМЖК, ацетата и глюкозы), при использовании адаптивной технологии раздоя. Содержание энергии в 1 кг молока опытной и контрольной групп составило 3,06МДж и 3,17 МДж соответственно (табл. 4).

Во 2-ом периоде (60-65 дней) молочная продуктивность коров опытной группы повысилась за прошедший период на 7,50% и среднесуточный удой составил $25,8 \pm 0,94$ кг, что больше контроля на 5,7 кг ($P < 0,05$). Коровы контрольной и опытной групп в этот период имели положительный баланс энергии, живая масса коров в обеих группах увеличилась. Суточный удой молока у коров опытной группы был достоверно выше контроля ($P < 0,05$). Процент молочного белка по группам не различался. Процент жира в молоке опытной группы незначительно превышал контроль. Энергетическая ценность 1 кг молока у коров контрольной и опытной групп составила 3,06 МДж и 3,10 МДж, соответственно. Таким образом, во 2-ом периоде исследований рационы коров контрольной и опытной групп полностью обеспечивали достигнутые уровни молочной продуктивности за счёт сбалансированных по питательным веществам и субстратам на разных уровнях молочной продуктивности.

Таблица 4 - Молочная продуктивность, количество и процентное содержание белка и жира в молоке по периодам опыта ($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Дни лактации						
	40-45		60-65		90-95		
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт	
Удой, кг	$18,7 \pm 2,6$	$24,0 \pm 2,1$	$20,1 \pm 2,2$	$25,8 \pm 0,94^*$	$17,9 \pm 1,7$	$24,8 \pm 0,4^{**}$	
Жир	%	$3,90 \pm 0,31$	$3,51 \pm 0,24$	$3,26 \pm 0,19$	$3,32 \pm 0,27$	$3,51 \pm 0,10$	$3,63 \pm 0,38$
	г	745 ± 164	851 ± 136	665 ± 108	855 ± 53	626 ± 56	$899 \pm 83^*$
Белок	%	$3,46 \pm 0,02$	$3,33 \pm 0,06$	$3,29 \pm 0,09$	$3,29 \pm 0,02$	$3,48 \pm 0,09$	$3,23 \pm 0,08$
	г	649 ± 94	797 ± 61	665 ± 85	850 ± 25	620 ± 52	$801 \pm 11^*$

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$.

В 3-ем периоде (90-95 дней) молочная продуктивность у коров контрольной и опытной групп снизилась в сравнении с предыдущим периодом и составила $17,9 \pm 1,7$ кг и $24,8 \pm 0,4$ кг ($P < 0,01$), соответственно. Содержание белка в молоке коров контрольной и опытной групп изменилось незначительно. Содержание жира в молоке повысилось у коров контрольной и опытной групп, что отражает сбалансированность рационов по сырым питательным веществам и субстратам.

Введение в рацион сухостойных коров (опытная группа) за 20 дней до отёла дополнительного количества концентрированных кормов отразилось не только на последующей лактации, но и на динамике живой массы (табл. 5).

Таблица 5 - Динамика живой массы коров до отёла и в период лактации ($M \pm m$, $n=3$)

Группы	Живая масса коров, кг				
	до отёла	после отёла	дни лактации		
			40-45	60-65	90-95
Контроль	$506,0$ $\pm 26,5$	$451,0$ $\pm 18,3$	$433,3$ $\pm 16,7$	$439,7$ $\pm 25,4$	$448,7$ $\pm 25,4$
Опыт	$510,3$ $\pm 34,1$	$458,3$ $\pm 31,4$	$441,3$ $\pm 18,1$	$443,7$ $\pm 11,6$	$447,7$ $\pm 6,6$

Как видно из табл. 5 живая масса коров обеих групп изменялась незначительно, однако в период раздоя использование резервных источников энергии на синтез компонентов молока наблюдалось интенсивнее в контрольной группе, чем в опытной группе. Потери живой массы за 40-45 день лактации в контрольной группе составили в среднем $0,57$ кг/день, а в опытной группе $0,55$ кг/день, что меньше на 3,51%. Однако, увеличение массы на 60-65 день лактации в контрольной группе на 6,4 кг и в опытной группе на 2,4 кг показывает, что эффективность использования обменной энергии корма на синтез компонентов молока у коров опытной группы выше, чем в контрольной. Живая масса коров после отёла и через три месяца лактации в контрольной группе восстановилась на 99,94%, а опытной группе на 97,69%.

Адаптивное кормление за 20 дней до отёла способствовало не только лучшему раздоя коров опытной группы после отёла и более эффективному использованию питательных веществ корма на синтез компонентов молока, но и позволило снизить потери живой массы в период раздоя при более высокой продуктивности, что подтверждается ранее проведёнными исследованиями (И.К. Медведев, Э.В. Овчаренко, 1986; В.В. Цюпко, 1984; Л.И. Подобед, 2000; 2007).

3.3 Баланс энергии у коров

Обменная энергия представляет собой суммарную величину теплопродукции тканевого метаболизма и энергии продукции:

$$ОЭ = ТП + Э \text{ продукции.}$$

Эти показатели получены экспериментально; накоплены в большом количестве на всех видах сельскохозяйственных животных и используются для разработки норм энергетического питания и оценки энергетической питательности рационов и кормов, а также для совершенствования системы обменной энергии на основе концепции субстратной обеспеченности метаболизма, где традиционно используются фундаментальные исследования обмена веществ на целостном организме (балансовые опыты, исследования лёгочного газообмена). На этой основе разработаны в частности нормы потребности лактирующих коров в

субстратах энергетического обмена, что существенно облегчает расчёты потребности и обеспеченности субстратами продуктивных функций молокообразования (В.И. Агафонов, 1999; 2001; 2007).

Таблица 6 - Балансы энергии у коров в разные сроки лактации ($M \pm m$, $n=3$)

Показатели, МДж/сут	Дни лактации					
	40 - 45		60 - 65		90 - 95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Валовая энергия корма	297,4±5,0	305,5±11,4	311,8±13,0	344,1±6,1*	316,3±14,5	342,1±7,8
Валовая энергия кала	108,7±4,1	99,4±3,4	109,0±6,1	110,6±5,6	119,7±3,1	114,9±3,3
Энергия переваримых питательных веществ	188,7±4,0	206,1±8,0	202,8±6,9	233,5±4,4**	196,6±12,9	227,1±4,9*
Потери энергии с метаном и теплотой ферментации	32,7±0,6	35,2±1,3	35,8±1,0	43,6±2,2**	34,2±2,2	38,7±0,8*
Энергия мочи	10,5±0,4	8,2±0,5*	8,3±0,6	7,8±0,9	9,2±0,4	10,3±0,9
Обменная энергия	145,5±3,9	162,7±7,1	158,7±6,0	182,1±2,4**	153,3±10,6	178,1±4,6*
Энергия удоя	59,3±7,4	73,4±4,0	61,6±7,9	80,1±3,2	52,2±4,6	68,2±1,9*
Теплопродукция	92,1±5,0	95,9±4,1	94,3±0,7	100,1±4,0*	98,2±0,3	107,8±2,2**
Баланс энергии (+ -)	-5,8	-6,6	+2,8	+1,9	+6,2	+2,1

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, при сравнении с контролем

Увеличение дачи концентратов перед отёлом оказало влияние на потребление и использование энергии в период лактации (табл. 6).

В 1-ом балансовом опыте общее потребление валовой энергии корма у коров опытной группы было выше, чем в контроле на 2,72%. Концентрация обменной энергии в 1кг сухого вещества корма повысилась на 9,19 МДж. За счёт большего содержания обменной энергии и обменного белка в рационе коров опытной группы, переваримость сухого вещества корма составила 68,16±0,75%, а потери энергии с калом и мочой были ниже, соответственно на 8,56% и 21,90% ($P < 0,05$). Потери энергии корма при ферментации от энергии переваримых питательных веществ в опыте и контроле фактически не различались и составили 17,08% и 17,33%, соответственно (В.И. Агафонов, 1989; 1995; 2001; 2007). Таким образом, использование в составе комбикормов протеина и крахмала с низкой распадаемостью в рубце приводит к большему потреблению грубых кормов, их более полному перевариванию и эффективному использованию на образование молока в первый месяц лактации. Повышенная мобилизация жировых депо у коров опытной группы (на 13,8% больше контроля) связана с затратами энергии на синтез компонентов молока и теплопродукцию при ещё не достаточно полном потреблении кормов (Е.Л. Харитонов, 2000; 2007).

На 60-65 день лактации потребление валовой энергии коровами опытной и контрольной групп возросло по сравнению с предыдущим периодом на 12,64% и 4,84%, соответственно.

На 90-95 день лактации коровы обеих групп получали полностью идентичные рационы по составу кормов и составу комбикорма, однако комбикорм нормировали по достигнутому уровню молочной продуктивности. Снижение в рационе контрольной группы дачи концентратов на 1 кг и исключение патоки из рациона способствовало увеличению потребления грубых кормов, что незначительно повысило количество валовой энергии рациона, однако снизилась переваримость сухого вещества корма до 62,75±1,21% ($P < 0,05$) и концентрация обменной энергии до 8,72±0,20 МДж/кг СВ корма. Потребление сухого вещества корма снизилось незначительно, однако исключение патоки из рациона повлияло на переваримость, которая составила 67,61±1,32%. Потери энергии с мочой в опыте превышали контроль на 11,96%. Энергия удоя от обменной энергии в опыте и контроле снизилась и составила соответственно 44,62% и 47,96%. Отложение энергии в приросте коров контрольной группы превышало аналогичный показатель у коров опытной группы на 33,87%, что связано с меньшими энергетическими затратами на синтез компонентов молока и, соответственно, более низким уровнем теплопродукции.

Таким образом, уровень обменной энергии рационов коров опытной и контрольной групп на 40 - 45 день лактации из-за депрессии в потреблении корма не соответствовал их физиологическим потребностям, о чём свидетельствует отрицательный баланс энергии и мобилизация энергии и протеина из тканевых резервов организма. С увеличением продуктивности коров на 60 - 65 день лактации увеличились потребности в обменной энергии, в том числе увеличивается уровень теплопродукции. Затраты обменной энергии, увеличиваясь с повышением продуктивности коров, в то же время снизились в расчете на 1 кг молока, особенно по затратам теплопродукции. Так, в контроле (удой - 20,1 кг/сутки) затраты теплопродукции на 1 кг молока составили 4,69 МДж, а в опыте (удой 25,8 кг/сутки) - 3,88 МДж.

3.4 Лёгочный газообмен, обеспеченность энергетического обмена субстратами у коров в начальный период лактации

Изучение газообмена у коров показало, что с увеличением молочной продуктивности возрастает потребность в кислороде (табл. 7). Минутное потребление O_2 и выделение CO_2 у коров опытной группы при удое 24,0 кг составили 3,25±0,14 л и 2,83±0,11 л, что превышало аналогичные показатели у коров

контрольной группы (удой – 18,7 кг) на 3,83% и 4,04% соответственно. Потребление O_2 и выделение CO_2 на 100 кг живой массы у коров опытной группы составили 0,74 л/мин и 0,64 л/мин, что больше, чем в контрольной группе на 2,78% и 2,23%, соответственно. Дыхательный коэффициент и calorическая стоимость 1 л O_2 по группам существенно не различались. Суточная теплопродукция на голову и на 1 кг обменной массы у коров опытной группы составили 95,9±4,1 МДж и 996±22 кДж, что на 4,13% и 2,57% больше, чем в контрольной группе, соответственно.

Таблица 7 - Газообмен у лактирующих коров по периодам лактации (M±m, n=3)

Показатели	Дни лактации					
	40 - 45		60 - 65		90 - 95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Живая масса	433±17	441±18	440±25	444±12	449±25	448±7
Частота дыхания/мин	26±1	24±2	27±2	29±1	26±2	29±2
Объём разового выдоха, л	4,02±0,39	4,28±0,35	4,36±0,27	4,25±0,09	4,68±0,26	4,31±0,36
Объём выдых. воздуха при 0°C, 760 мм рт. ст., л/мин	94±9	95±3	107±4	113±1	109±1	111±3
Потреблено O_2 л/мин×гол	3,13±0,16	3,25±0,14	3,20±0,27	3,42±0,16	3,36±0,05	3,70±0,08*
Выделено CO_2 л/мин×гол	2,72±0,23	2,83±0,11	2,79±0,11	2,89±0,15	2,82±0,20	3,07±0,06
Дыхательный коэффициент	0,867 ±0,062	0,871 ±0,004	0,878 ±0,037	0,850 ±0,055	0,840 ±0,072	0,831 ±0,006
Calорическая стоимость 1л O_2 ккал	4,89±0,08	4,89±0,01	4,90±0,05	4,86±0,068	4,85±0,09	4,84±0,01
ТП, МДж/гол/сутки	92,1±5,0	95,9±4,1	94,3±7,0	100,1±4,0	98,2±0,3	107,8±2,2**
Сут. ТП, кДж /кг ж. м. ^{0,75}	971±37	996±22	990±103	1038±61	1011±45	1108±27**

* P<0,05, ** P<0,01 при сравнении с контролем

Повышение продуктивности и живой массы животных, а также увеличения потребления сухого вещества корма на 60-65 день лактации повлияло на газообмен лактирующих коров. Минутное поглощение O_2 и выделение CO_2 у коров опытной группы при удое 25,8 кг составили 3,42±0,16л и 2,89±0,15л и превышали данные коров контрольной группы (удой 20,1 кг) на 6,88% и 3,58% соответственно. Потребление O_2 и выделение CO_2 в опыте на 100кг живой массы повысились незначительно и составили соответственно 0,77 л/мин и 0,65л/мин. Дыхательный коэффициент и calorическая стоимость 1л O_2 в опыте существенно не отличались от показателей в контрольной группе.

На 90-95 день лактации поглощение O_2 и выделение CO_2 у коров опытной группы при удое 24,8 кг (P<0,01) составили 3,70±0,08 л/мин (P<0,05) и 3,07±0,06 л/мин, что превышает данные контрольной группы (удой - 17,9 кг) на 10,12% и 8,87% соответственно. На 90-95 день лактации средняя живая масса коров в группах фактически не различалась. Потребление O_2 на 100кг живой массы в группах повысилось незначительно и составило у коров опытной группы 0,83 л/мин, в контроле – 0,75 л/мин. Выделение CO_2 на 100 кг живой массы повысилось незначительно и составило в опыте 0,69 л/мин, в контроле – 0,63 л/мин. Дыхательный коэффициент и calorическая стоимость 1 л O_2 у коров опытной и контрольной групп фактически не различались. Хотя вышеперечисленные различия, ввиду немногочисленности выборки, статистически недостоверны, повторяемость сдвигов по периодам позволяет говорить о чёткой тенденции к повышению показателей поглощения O_2 и выделения CO_2 в опытной группе, по сравнению с контролем. Суточная теплопродукция у коров опытной группы в расчёте на голову и на 1 кг метаболической массы на 9,78% и 9,59% (P<0,01) превышали данные контрольной группы.

Участие в энергетическом обмене аминокислот в первом приближении рассчитывали по азоту, выделенному с мочой в течение суток, умножая на коэффициент 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 счёт окисления аминокислот с использованием вышеприведённого энергетического эквивалента. В результате получаем величину «небелковой» теплопродукции, по которой находим вклад в теплопродукцию двух групп субстратов, различающихся по величине ДК. При ДК~0,7 в организме окисляются в основном ВЖК, бутират; при ДК~1 окисляются глюкоза, ацетат, лактат, кетоновые тела (Агафонов, 1995). Основные предпосылки и количественные оценки данной модели расчетов рассмотрены ранее (Черепанов и др., 2006; 2009)

По данным таблицы 8 можно отметить, что на 40-45 день лактации основной вклад субстратов: ацетат+глюкоза и ВЖК+бутират в теплопродукцию у коров опытной группы выше, чем в контрольной. Обеспеченность глюкозой необходима не только для синтеза лактозы, но и в связи с усиленной мобилизацией жировых депо в этот период, следует учесть дополнительные потребности коров в глюкозе для более полного использования жирных кислот в энергообразовании. Большее содержание в рационе опытной группы нераспадаемого протеина и меньший вклад аминокислот в теплопродукцию говорит о более эффективном использовании аминокислот на синтез белка молока, чем в контроле. В связи с большим использованием в энергетическом обмене ВЖК и бутирата, дыхательный коэффициент в опытной группе коров был ниже, у коров контрольной группы на 15,71%.

Таблица 8 - Вклад отдельных групп субстратов в величину теплопродукции у коров по периодам лактации (M±m, n=3)

Показатели	Ед. измер.	Контроль	Опыт
1-й период (40 - 45 дней лактации)			
Теплопродукция	МДж/сутки	92,1±5,0	95,9±4,1
Дыхательный коэффициент		0,867±0,062	0,871±0,004
Субстраты, использованные в энергетическом обмене			
Аминокислоты	г	1002	984
Ацетат + глюкоза	г	2567	3011
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	764	884
2-й период (60 - 65 дней лактации)			
Теплопродукция	МДж/сутки	94,3±7,0	100,1±4,0
Дыхательный коэффициент		0,878±0,037	0,850±0,055
Субстраты, использованные в энергетическом обмене			
Аминокислоты	г	914	895
Ацетат + глюкоза	г	3094	2834
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	825	1103
3-й период (90 - 95 дней лактации)			
Теплопродукция	МДж/сутки	98,2±0,3	107,8±2,2**
Дыхательный коэффициент		0,840±0,072	0,831±0,006
Субстраты, использованные в энергетическом обмене			
Аминокислоты	г	998	973
Ацетат + глюкоза	г	2513	2207
Высокомолекулярные жирные кислоты + бутират	г	1117	1569

** P<0,01 при сравнении с контролем

На 60-65 день лактации при увеличении в рационе коров контрольной группы нераспадаемого протеина, за счёт соевого шрота, вклад аминокислот в теплопродукцию снизился с 1002 г до 914 г. Дыхательный коэффициент повысился, что указывает на тенденцию повышения использования ацетата и глюкозы в энергетическом обмене. У коров опытной группы. В опытной группе с увеличением в рационе нераспадаемого белка, также отмечается снижение вклада аминокислот в энергетический обмен, по сравнению с 1-ым периодом. Дыхательный коэффициент у коров опытной группы снизился с 0,871 ±0,004 до 0,850±0,055, что говорит об увеличении вклада ВЖК и бутирата в энергетический обмен.

На 90-95 день в обеих группах коров отмечается снижение дыхательного коэффициента, что свидетельствует об увеличении использования ВЖК и аминокислот в энергетическом обмене на фоне снижения доли ацетата и глюкозы.

Таким образом, имея исходные данные по субстратной оценке рационов (табл. 3) и по использованию части субстратов в энергетическом обмене (табл. 8), мы можем рассчитать фактическое количество субстратов, трансформированное в компоненты молока (белок, жир, лактозу), рассчитать баланс субстратов (табл. 9, 10, 11).

Таблица 9 - Обеспеченность аминокислотами синтеза белка молока у коров по периодам лактации, г.

Показатели	Дни лактации					
	40-45		60-65		90-95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Доступные для усвоения аминокислоты	1380	1540	1680	1785	1620	1825
Использовано в ТП	1002	984	914	895	998	973
Осталось на биосинтез белка молока	278	556	766	890	622	852
Фактически содержалось белка в молоке	647	799	661	849	622	801
Баланс аминокислот, (±)	(-369)	(-243)	(+105)	(+41)	0	(+51)

Отрицательный баланс аминокислот на 40-45 день лактации свидетельствует о недостатке образовавшихся аминокислот из рациона на синтез белка молока из-за депрессии в потреблении корма. Увеличение нераспадаемого протеина в рационе коров опытной группы позволило снизить дефицит аминокислот и соответственно использование тканевых резервов на синтез молочного белка. Однако, за счёт большего содержания в рационе крахмала, обеспеченность глюкозой на синтез молока у коров контрольной группы положительная, в то время, как у коров опытной группы наблюдается небольшой дефицит этого субстрата. Количество образовавшегося жира из рациона у коров опытной и контрольной групп различались.

Во 2-й период (60-65 дней лактации) в группах увеличили количество распадаемого и нераспадаемого протеина, и снизили содержание крахмала в контроле. В связи с этим отрицательный баланс по аминокислотам в группах сменился на положительный. Снижение крахмала в рационе коров контрольной группы резко снизило количество образуемой глюкозы на 633 г. В опытной группе коров дефицит глюкозы снизился незначительно. Обеспеченность синтеза жира молока у коров опытной и контрольной групп

повысилась, однако в опытной группе с ростом молочной продуктивности возросли затраты на синтез жира молока и баланс остался отрицательным.

Таблица 10 – Обеспеченность глюкозой синтеза лактозы молока у коров по периодам лактации, г.

Показатели	Дни лактации					
	40-45		60-65		90-95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	опыт
Синтез глюкозы, всего:	1763	1652	1207	1778	1425	1754
в т.ч. прямое образование в ЖКТ	1017	887	370	790	600	855
из пропионата	746	765	837	988	825	899
Использовано в ТП	571	596	583	620	608	670
Осталось на биосинтез лактозы молока	1192	1056	624	1158	817	1084
Фактически содержалось лактозы в молоке	880	1128	945	1212	841	1166
Баланс глюкозы, (±)	+312	-72	-321	-54	-24	-82

Таблица 11 – Обеспеченность синтеза жира молока у коров по периодам лактации, г.

Показатели	Дни лактации					
	40-45		60-65		90-95	
	контр.	опыт	контр.	опыт	контр.	Опыт
Источники жира молока:						
ВЖК	370	395	410	435	280	365
ацетат + бутират	4553	4981	4960	5645	4915	5845
Использовано в ТП (ацетат+бутират)	2567	3011	3094	2834	2513	2207
Осталось на синтез жира молока	(1986:5)	(1970:5)	(1866:5)	(2011:5)	(2402:5)	(3683:5)
ацетат+бутират	397	394	373	402	480	728
ВЖК	370	395	410	435	280	365
всего	767	789	783	837	760	1093
Фактически содержалось жира в молоке	729	842	655	857	628	900
Баланс (±)	+38	-53	+128	-20	+132	+193

В 3-й период баланс аминокислот у коров контрольной группы снизился до 0, а в опытной группе незначительно повысился. Дефицит глюкозы у коров контрольной группы снизился, в опытной группе незначительно вырос. Обеспеченность синтеза жира молока у коров контрольной группы изменилась незначительно, в опытной группе повысилась, в результате чего отрицательный баланс сменился положительным.

Таким образом, нам удалось в опытной группе коров при более высокой продуктивности с помощью кормовых факторов снизить дефицит необходимых субстратов для синтеза компонентов молока, тем самым сохранить качество молока.

Лактат и пируват являются основными показателями энергетического гомеостаза крови. С ростом молочной продуктивности уровень лактата в крови снижается, в то время как уровень пирувата возрастает. Известно, что при повышении молочной продуктивности увеличивается потребность в глюкозе для синтеза лактозы, что приводит к снижению её концентрации в крови лактирующих коров (Н.В. Курилов, 1973). Для покрытия энергетических потребностей за счёт процесса глюконеогенеза в организме утилизируется накопившийся лактат (Р.М. Кон, К.С. Рот, 1986; Р.Е. Борман, В.К. Воган, 1987), который вначале превращается в пируват. Пируват утилизируется в процессе глюконеогенеза, когда он служит субстратом для образования глюкозы, а также во время митохондриального окисления, при котором он поступает в митохондрии где окисление происходит до CO_2 и H_2O .

ВЫВОДЫ

1. Технология повышения концентрации энергии в рационах сухостойных коров за 20 дней до отёла, за счёт введения в рационы концентрированных кормов, способствует лучшей адаптации микрофлоры рубца до и после отёла на богатый концентратами рацион и позволяет сгладить дефицит энергии, который обостряется у коров в последние дни перед отёлом и в первые дни лактации.
2. Повышение концентрации обменной энергии в рационе сухостойных коров, за счёт зерновых концентратов, способствует изменению соотношения образующихся из питательных веществ корма субстратов, доступных для усвоения в том числе, аминокислот, глюкозы и пропионата, что позволяет снизить дефицит энергии и глюкозы в предотельный период.
3. Молочная продуктивность коров в опытной группе на 40-45; 60-65 и 90-95 дни лактации составила 24,0 кг, 25,8 кг и 24,8 кг, что больше чем в контрольной группе на 28,34%, 28,36% и 38,55%. Качество молока по энергетической ценности, содержанию жира и белка существенно не изменилось
4. За счёт более высокого уровня обменной энергии и обменного белка в рационах коров опытной группы потребление валовой энергии и сухого вещества корма были выше, чем в контрольной группе. Так, в 40-45, 60-65 и 90-95 дни лактации потребление валовой энергии составило $305,5 \pm 11,4 \text{ МДж}$, $344,1 \pm 6,1 \text{ МДж}$ ($P < 0,05$) и $342,1 \pm 7,8 \text{ МДж}$, что больше чем в контрольной группе на 2,72%, 10,36% и 8,16%, соответственно. Переваримость сухого вещества корма в рационах коров опытной группы была выше, чем в контрольной

группе и составила $68,16 \pm 0,75$ %, $69,85 \pm 1,39$ % и $67,61 \pm 1,32$ % ($P < 0,05$), соответственно по периодам исследований.

5. Потребность в обменной энергии у коров контрольной и опытной групп на 40-45 день лактации при удое 18,7 кг и 24,0 кг составила 151,3 МДж и 169,3 МДж; на 60-65 день лактации при удое 20,1 кг и 25,8 кг – 155,9 МДж и 180,2 МДж; на 90-95 день лактации при удое 17,9 кг и 24,8 кг - 147 МДж и 176 МДж, что соответствует принятым нормам ОЭ.

6. Эффективность использования обменной энергии на производство молока в 1-ом, 2-ом и 3-ем периоде исследований в опытной группе составила 64,10%, 59,91%, 52,70%, что больше чем в контрольной группе на 3,59%, 4,31% и 2,75%, соответственно.

7. Обеспеченность образования молока обменной энергией на 40-45 день лактации у коров контрольной и опытной групп составила за счёт корма 145,5 МДж и 162,7 МДж, а использование эндогенных резервов энергии 5,8 МДж и 6,6 МДж, соответственно. Обеспеченность аминокислотами синтеза белка молока за счёт корма у коров опытной группы была выше, чем у коров контрольной группы, при этом использование эндогенного белка у коров опытной группы было ниже. В остальные периоды обеспеченность в аминокислотах была положительной. В течение 95 дней лактации отмечен дефицит глюкозы у коров опытной и контрольной групп. Обеспеченность синтеза жира молока у коров контрольной группы во все периоды положительная, а у коров опытной группы до 3-го периода исследований отрицательная.

8. Снижение использования эндогенных источников энергии за счёт увеличения использования ацетата и глюкозы на энергетические нужды у новотельных коров опытной группы, способствовало снижению потерь живой массы тела. При более высокой продуктивности потери живой массы коров в опыте на 40-45 день лактации составили 0,55 кг/сутки, что ниже, чем в контроле на 3,51%.

9. С ростом молочной продуктивности отмечается повышение теплопродукции по группам, при этом уровень суточной теплопродукции в опытной группе в связи с более высокой молочной продуктивностью превышает контроль в 1-й, 2-й и 3-й периоды на 4,13%, 6,15% и 9,59%, соответственно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В практике кормления высокопродуктивных молочных коров рекомендуем применять элементы новой адаптивной технологии в кормлении сухостойных коров. Основные положения использования адаптивной технологии в кормлении сухостойных коров за 20 дней до отёла сводятся к следующему:

- скармливание рациона концентратного типа, близкого по структуре к рациону новотельных коров при их интенсивном раздое;

- включение дополнительного количества зерновых концентратов в рацион рекомендуем связывать с упитанностью сухостойных коров в этот период:

1) При средней упитанности коров с живой массой 500 кг рекомендуем вводить в рацион зерновых концентратов 4-5 кг/гол/сутки;

2) Коровам выше средней упитанности рекомендуем вводить в рацион до 4 кг зерновых концентратов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Денькин А.И. Влияние концентрации энергии в рационах сухостойных коров на молочную продуктивность и динамику живой массы / А.И. Денькин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. - 2008. - №4. - С. 17-21.

2. Денькин А.И. Особенности кормления коров в конце сухостойного периода и в начале лактации / А.И. Денькин // Научное обеспечение животноводства и кормопроизводства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Мордовский НИИ сельского хозяйства. Саранск. - 2008. - С. 84-86.

3. Агафонов В.И. Лёгочный газообмен и количественные аспекты использования субстратов в энергетическом обмене у коров в начале лактации / В.И. Агафонов, А.И. Денькин // Проблемы биологии продуктивных животных. Боровск. - 2009. - № 1. - С. 67-77.