

УДК 591.133:636.2.084.523

UDC 591.133:636.2.084.523

**АМИНОКИСЛОТНЫЙ ОБМЕН У КОРОВ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД ПРИ БАЛАНСИРОВАНИИ РАЦИОНОВ ПО ОБМЕННОМУ БЕЛКУ И УСВОЯЕМЫМ АМИНОКИСЛОТАМ**

**AMINO ACID METABOLISM IN COWS DURING THE TRANSITION PERIOD IN BALANCING DIET ON THE EXCHANGE PROTEIN AND DIGESTIBLE AMINO ACIDS**

Рядчиков Виктор Георгиевич  
д.б.н., профессор  
[Ryadchikov@mail.ru](mailto:Ryadchikov@mail.ru)

Ryadchikov Victor Georgevich  
Dr.Sci.Biol., professor

Шляхова Оксана Германовна  
ассистент  
[o\\_shlyaxova@mail.ru](mailto:o_shlyaxova@mail.ru)

Shlyachova Oksana Germanovna  
assistant

*Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье приведены данные потребности голштинских коров-первотелок в обменном белке и незаменимых аминокислотах, с использованием факториального метода NRC-2001 и Корнельского университета. При оптимальном белковом питании коэффициенты трансформации обменного белка в чистый белок молока составили 0,67, усвояемого лизина в лизин молока – 0,83, усвояемого метионина в метионин молока – 0,82. Изучена динамика концентрации свободных незаменимых, заменимых аминокислот, продуктов их обмена в плазме крови коров по фазам переходного периода (21-0 дней, 0-21 и 22-120 дней); наиболее значимые изменения концентрации метионина, пролина, глутамата, глутамина, глицина наблюдаются у коров перед отелом и сразу после родов, стабилизация их уровня начинается с 24 дня лактации, что связано, с особенностями пищевого поведения коров и постепенной активизацией процессов обмена веществ. Для контроля состояния белкового обмена предложены в качестве ориентировочных показатели концентрации свободных аминокислот плазмы крови коров по фазам: 21-0 дней до отела, 0-21 и 22-120 дней после отела.

Application of a factorial method for determining the needs in metabolic protein and essential amino acids, helps to deepen knowledge on physiology of protein and amino acid supply and allow to improve the standards for dairy cows during the transition period; in insufficient of metabolic protein and essential amino acids increased coefficients of their transformation into net protein and absorptive amino acids as a result of mobilization of body of cows; with an optimal protein nutrition their transformation in net milk protein, lysine and methionine accordingly amounted to 0.67, 0.83 and 0.82. The most significant changes in the concentration of methionine, proline, glutamate, glutamine, glycine were observed in cows before calving and immediately after birth, stabilization of their level starts with a 24 lactation day, that is connected with the peculiarities of the feeding behavior of the cows and the gradual intensification of the processes of metabolism and milk production. To control the status of protein metabolism we have offered benchmarks compositions of free amino acids in cows' blood plasma phases: 21-0 days before calving, 0-21 and 22-120 days after calving

Ключевые слова: ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД, ГОЛШТИНСКИЕ КОРОВЫ, ОБМЕННЫЙ БЕЛОК, ЛИЗИН, МЕТИОНИН, МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ, СВОБОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ, ПЛАЗМА КРОВИ.

Keywords: TRANSITION PERIOD, HOLSTIAN COWS, METABOLIC PROTEIN, LYSINE, METHIONINE, MILK PRODUCTIVITY, FREE AMINO ACIDS, BLOOD PLASMA

**Введение**

Основным путем интенсификации молочного скотоводства и снижения затрат на производство молока является повышение молочной продуктивности коров [1], генетический потенциал которых можно реализовать на базе современных норм питания и биологически

полноценных рационов. Последнее должно отвечать физиологическим потребностям, обеспечивая все функции организма определенными субстратами, в том числе и аминокислотами [2].

За последние 15-20 лет сформировались научно-обоснованные рекомендации по нормированию аминокислотного питания молочных коров на основе оценки кормов по обменному (истинно усвояемому) белку, усвояемым аминокислотам, с учетом их затрат на поддержание, продукцию белка молока, рост плода и другие показатели [3]. Освоение и оценка новых методов балансирования рационов для высокопродуктивных коров имеет актуальное значение.

В последнее время большую актуальность приобретает вопрос о балансировании рационов для высокопродуктивных коров по незаменимым аминокислотам с учетом их усвоения [4]. Согласно современным представлениям, при оценке белковой обеспеченности жвачных необходимо знать возможности и количественные параметры микробиального синтеза в преджелудках, степень усвоения и использования кормового и микробного белка, содержания в них аминокислот при различных физиологических состояниях и уровне продуктивности животных [5].

Особенно ответственными в этом отношении является переходный (transition) период, который включает предотельный – 21-0 дней, роды и после отела 0-21 дней, кроме того, фазу пика лактации 22-120 дней [6]. В первые несколько недель после отела коровы неохотно поедают корм, что затрудняет обеспечение растущей продукции молока питательными веществами. Недостаток аминокислот для секреции молока восполняется за счет белков тканей организма, а недостаток энергетических веществ компенсируется за счет жира и гликогена [7,8]. По этой причине требуется детализировать оптимальный уровень сырого и обменного белка в рационе коров в предотельный и послеотельный периоды, обеспечивающего

поступление в кровь оптимального количества усвояемых (обменных) аминокислот на поддержание и образование белка молока.

Проблема оптимального белкового питания лактирующих коров и, особенно, в переходный (пред- и послеотельный) период остается весьма острой [9,10,11]. Рекомендациями РАСХН (2003), нормы питания коров не предусматривают выделение переходного периода в специальный раздел нормирования. Для сухостойных коров и нетелей не предусмотрено нормирование в заключительную стадию беременности (21-0 дней до отела), и в послеотельный период 0-21 дней [7]. Разработка оптимальных норм белкового и аминокислотного питания с применением факториального метода определения потребности в обменном белке и усвояемых аминокислотах для коров и нетелей в переходный период имеет важное практическое значение [4,12,13].

Предотельный и послеотельный периоды у коров и первотелок сопряжены с гормональными, ферментативными сдвигами и отклонением всех видов метаболизма, в частности белкового и аминокислотного обменов [14,15,16]. При всем этом, состояние аминокислотного пула и обмена аминокислот в наиболее напряженные для организма коров периоды –21-0 дней до отела и 0-21 после, изучено недостаточно. Не установлены физиологические параметры концентрации аминокислот, часто искомые для оценки состояния белкового и аминокислотного питания. Вследствие этого проведение исследований по данному вопросу представляет научный и практический интерес.

**Цель и задачи исследований:** изучить действие разного уровня сырого и обменного белка, усвояемых аминокислот на молочную продуктивность и биосинтез белка молока, обмен аминокислот у коров-первотелок в переходный период и пик лактации, определить коэффициенты трансформации обменного белка лизина и метионина в их компоненты молока.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- Определить содержание в кормах, потребность и эффективность использования сырого и обменного белка, усвояемых аминокислот на основе факториального и субстратного методов по рекомендациям NRC-2001 и ВНИИФБиП (2007) для коров по фазам переходного периода: 21-0 дней до отела, 0-21 дней после отела и пик лактации 22-120 дней.
- Изучить взаимосвязь разного уровня обменного белка, усвояемых лизина и метионина на продуктивность и здоровье коров по фазам переходного периода, включая пик лактации и сделать предложения по оптимизации белкового и аминокислотного питания коров-первотелок.
- Установить особенности обмена аминокислот на основе определения концентрации свободных аминокислот в плазме крови по фазам переходного периода и пика лактации у коров-первотелок голштинской породы.

### **Научная новизна**

1. Впервые для коров-первотелок учитывали нормирование рационов в заключительную стадию беременности (21-0 дней до отела) и в послеотельный период (0-21 день после отела). Использование факториального метода определения потребности в обменном белке, усвояемых аминокислотах позволяет установить достаточно объективные нормы белкового и аминокислотного питания и прогнозировать молочную продуктивность коров.

2. Установлено, при недостатке в рационах обменного белка и усвояемых незаменимых аминокислот повышаются коэффициенты их трансформации в «чистый» белок и «чистые» аминокислоты за счет деградации мобилизуемых белков и аминокислот тела коров. При оптимальном белковом питании коэффициенты трансформации обменного

белка в белок молока составили 0,67, усвояемого лизина в лизин молока – 0,83, усвояемого метионина в метионин молока – 0,82.

3. Изучена динамика концентрации свободных незаменимых, заменимых аминокислот, продуктов их обмена в плазме крови коров по фазам переходного периода и пика лактации. Установлены закономерности в концентрации отдельных аминокислот, белка,  $\gamma$ -глобулинов плазмы крови коров и первотелок в зависимости от содержания обменного белка и усвояемых аминокислот. Для контроля состояния белкового обмена предложены в качестве ориентировочных норм состав свободных аминокислот в плазме крови коров по фазам: 21-0 дней до родов, 0-21 и 22-120 дней после родов.

### **Материалы и методы исследований**

Работа выполнялась на кафедре физиологии и кормления с.-х. животных Кубанского государственного аграрного университета, хозяйствах Краснодарского края: Усть-Лабинского района - ОАО «Агрообъединение «Кубань» и Брюховецкого района - ЗАО «Победа»; биохимической лаборатории Краснодарского научно – исследовательского ветеринарного института; Брюховецкой лаборатории и ГНУ Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства (СКНИИЖ) в периоды с 2009 по 2012 год.

Опыты проведены на двух группах из глубококостельных нетелей (8-8,5 мес.), по 10 голов в каждой. По породности животные представляли собой 4-е поколение от поглотительного скрещивания коров красной степной породы с голштинскими быками. Нетелей распределили в группы методом пар-аналогов: по живой массе, упитанности, продуктивности матерей и матерей отцов. Группы содержали отдельно на выгульной площадке у родильного отделения на глубокой соломенной подстилке, где происходили отелы. После отела коров доили в родильном отделении, через 15 дней их переводили в общий коровник с привязным содержанием.

Корм задавали в кормушки, вода из автопоилок, доение двукратное – в молокопровод. Учет надоя молока осуществляли путем проведения контрольных доек трижды каждый месяц; жирность и содержание белка молока от каждой коровы определяли в контрольном молоке в молочной лаборатории хозяйства.

Согласно схеме опыта (таблица 1) в рационах животных 1-й группы содержание сырого и обменного белка по фазам переходного периода и пика лактации было существенно меньше (13,4-15,6-15,5 СБ, %; 7,9-9,3-9,2 ОБ, %), чем в рационах 2-й группы (15,7-16,8-16,5 СБ, %; 9,6-10,2-10,1 ОБ, %).

**Таблица 1 - Схема опыта**

Показатели	Группа			
	1 (10 голов)		2 (10 голов)	
	СБ*	ОБ*	СБ*	ОБ*
2-я фаза сухостоя: 21-0 дней	13,4	7,9	15,7	9,6
Лактация: 0-21 дней после отела	15,6	9,3	16,8	10,2
Пик лактации: 22-120 дней после отела	15,5	9,2	16,5	10,1

\*количество сырого (СБ) или обменного белка (ОБ) в % от сухого вещества (СВ)

Увеличение количества сырого белка производили в основном за счет введения в рационы концентратов. В предродовой период количество последних вводили постепенно и через 10 дней доводили до нормы. Этот прием старались соблюдать при каждом переходе на новый рацион.

Кормление коров осуществляли полнорационными кормосмесями, приготовленными в миксерах фирмы «Альфа-Лаваль». Все корма производили в данном хозяйстве, в т.ч. премиксы. Для расчета рационов использовали данные химического анализа Брюховецкой лаборатории, за исключением данных по распадаемому и нераспадаемому в рубце белку (РРБ, НРРБ), нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), килотно-детергентной клетчатки (КДК) и неструктурных углеводов(НСУ), сведения по этим показателям были взяты из справочных пособий [4, 7] (таблица 3).

**Таблица 2 - Состав кормов в 1 кг сухого вещества (СВ)**

Корма	Вода, %	СВ, %	ОЭ, МДж	СБ, г	НРРБ, г	РРБ, г	НДК, г	КДК, г	СК, г	НСУ, г	Крахмал +сахар,г	Са, г	Р, г
Силос кук.	50,0	50,0	9,2	68	27	41	475	275	228	310	211	5,2	1,6
Сенаж люц.	59,2	40,8	9,0	150	30	120	457	370	325	249	55	13,8	2,5
Сено люц.	13,0	87,0	7,5	183	37	146	490	396	360	216	33	16,9	2,6
Свекла корм.	82,0	18,0	12,1	82	10	72	136	72	75	406	660	3,3	4,2
Жом сухой	12,0	88,0	9,9	100	70	30	421	217	203	395	82	9,1	1,0
Патока	22,0	78,0	12,0	85	14	61	1	1	-	800	632	1,5	0,3
Кукуруза	12,0	88,0	13,8	95	40	55	110	34	24	738	717	0,3	2,7
Пшеница	12,0	88,0	13,0	128	28	100	124	30	26	705	701	0,5	3,5
Ячмень	12,0	88,0	12,2	118	22	96	208	72	53	623	600	0,5	3,8
Жмых соев.	10,0	90,0	15,1	420	265	155	217	104	58	223	120	3,6	6,6
Жмых подсолн.	10,0	90,0	11,6	360	50	310	403	300	160	180	87	4,8	10,0
Соя необработ. полножирн.	13,0	87,0	16,0	380	99	281	221	147	48	150	91	3,2	6,0
Отруби пшеницы	11,0	89,0	10,6	170	27	143	425	155	114	293	266	1,6	13,6
Горох	13,0	87,0	13,0	261	51	210	116	76	63	573	456	1,5	4,4

Обозначения: СВ – сухое вещество, ОЭ – обменная энергия, СБ – сырой белок, НРРБ – нераспадаемый в рубце белок, РРБ – распадаемый в рубце белок, НДК – нейтрально-детергентная клетчатка, КДК – кислото-детергентная клетчатка, СК – сырая клетчатка, НСУ – неструктурные углеводы.

Следует отметить невысокое качество сенажа: содержание сухого вещества 40,8 % вместо 45-52 %, каротина 2,4 мг, вместо 25 мг (2 класс). Силос кукурузный 1 класса, но невысокое содержание сырого белка 68 г/кг СВ, вместо 85-90 г. Люцерновое сено 1 класса. Концентрированные корма (зерновые, жмыхи) соответствовали по качеству стандарта. Концентраты вводили в кормосмеси в виде комбикорма, приготовленного

по нашей рецептуре. Состав фактических рационов в натуральном (НВ) и сухом веществе (СВ) по фазам представлены в таблицах 3-5.

**Таблица 3 - Рационы в предотельный период 21-0 дней**

Корма	1 группа, СБ 13,4, %		2 группа, СБ 15,7, %	
	НВ, кг/день	% СВ	НВ, кг/день	% СВ
Силос кукурузн.	9,60	42,1	7,30	32,1
Сенаж люцерн.	5,50	19,7	4,10	14,6
Сено люцерн.	1,70	13,5	1,50	10,5
Сухой жом	0,50	3,9	0,40	3,0
Кукуруза	0,65	4,9	1,30	9,8
Ячмень	0,44	3,4	0,88	6,8
Жмых соевый	0,60	4,9	1,20	9,4
Жмых подсолнечн.	0,46	3,6	0,92	7,2
Отруби	0,32	2,5	0,62	5,0
Премикс*	0,12	1,0	0,12	1,0
Соль	0,023	0,2	0,023	0,2
Мел	0,057	0,5	0,057	0,5
<b>ИТОГО:</b>	<b>20,0</b>	<b>100</b>	<b>18,4</b>	<b>100</b>

В рационе содержится:

	на гол/день	в 1 кг СВ	на гол/день	в 1 кг СВ
СВ, кг	10,67	-	10,67	-
ОЭ, МДж	108,0	10,12	113,1	10,6
СБ, г	1434	134,4	1677	157,2
ОБ, г	843	79,0	1027	96,2
УЛ, г	54,3	5,1	66,2	6,2
УМ, г	17,1	1,6	21,3	2,0
НРРБ, г	481	45,1	598	56
РРБ, г	952	89,3	1078	101
СК, г	2486	233	2123	199
НДК, г	4321	405	3873	363
КДК, г	2988	280	2678	251
НСУ, г	3254	305	3457	324
Крахмал+сахар, г	1889	177	2251	211
Са, г	95	8,9	90,7	8,5
Р, г	37,3	3,5	39,5	3,7
NaCl, г	21,4	2,0	21,3	2,0

\*Премикс в рационах 21-0, 0-21, 22-120 обеспечивает кг СВ: вит А – 10000МЕ, Дз – 2500МЕ, Е – 25мг, Сu – 15мг, Мn – 50мг, Zn – 50мг, Fe – 20мг, J – 1,5мг, Se – 0,3мг, Со – 0,5мг, MgO – 0,5г, вит В<sub>1</sub> – 5мг, В<sub>5</sub> – 100мг, биотин – 0,2мг.

Как видно, потребность в сухом веществе в послеотельный период (0-21 дней и 22-120 дней) составила соответственно 16 и 19,5 кг, по нормам же РАСХН (2003) [17] потребность в сухом веществе (СВ) на такую продуктивность существенно выше – 21,3-22,1 кг, без учета послеотельного переходного периода 0-21 дней.



Содержание общего количества обменной энергии, крахмала + сахара в рационах в период лактации 22-120 дней совпадает с нормами РАСХН (2003), уровень сырой клетчатки в наших рационах существенно ниже, а концентрация обменной энергии (ОЭ), сырого белка (СБ) в 1 кг сухого вещества (СВ) заметно выше.

**Таблица 4 - Рационы в послелетельный период 0-21 дней**

Корма	1 группа, СБ 15,6 %		2 группа, СБ 16,8 %	
	НВ, кг/гол./день	% СВ	НВ, кг/гол./день	% СВ
Силос кукурузн.	9,80	30,5	8,20	25,4
Сенаж люцерн.	6,90	17,6	5,70	14,6
Сено люцерн.	1,90	10,2	1,60	8,7
Кукуруза	1,61	9,1	2,07	11,4
Пшеница	0,67	3,7	0,84	4,6
Ячмень	0,58	3,2	0,72	4,0
Жмых соевый	0,80	4,5	1,00	5,6
Горох	1,25	6,9	1,56	8,6
Жмых подсолнечн.	1,12	6,3	1,40	7,9
Соя полнож. неэкструдир.	0,40	2,3	0,50	2,9
Отруби	0,50	2,7	0,60	3,4
Премикс	0,16	1,0	0,16	1,0
Соль	0,08	0,5	0,08	0,5
Сода пищевая	0,08	0,5	0,08	0,5
Мел	0,16	1,0	0,16	1,0
ИТОГО:	25,7	100	24,7	100

В рационе содержится:

	на гол/день	в 1 кг СВ	на гол/день	в 1 кг СВ
СВ, кг	16,0	-	16,0	-
ОЭ, МДж	163,2	10,2	173,6	10,85
СБ, г	2480	155,9	2683	167,7
ОБ, г	1496	93,5	1635	102,2
УЛ, г	94,4	5,9	100,8	6,3
УМ, г	30,4	1,9	32	2,0
НРРБ, г	850	53,1	941	58,8
РРБ, г	1645	102,8	1744	109
СК, г	2849	177	2406	156
НДК, г	5812	361	5344	334
КДК, г	3735	232	3360	210
НСУ, г	6021	374	6240	390
Крахмал+сахар, г	3824	239	4272	267
Са, г	143,3	8,9	140,8	8,8
Р, г	61,2	3,8	65,6	4,1
NaCl, г	30,0	5	80,0	5

В рационе 2-й группы в предотельный период (21-0 дней) выше концентрация крахмала + сахара, обменной энергии и сырого белка в кг СВ, в то же время значительно ниже концентрация сырой клетчатки, нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), кислотно-детергентной клетчатки (КДК), по сравнению с их концентрацией в рационе 1-й группы. Такая же картина различий между рационами 1-й и 2-й групп в периоды лактации 0-21 и 22-120 дней.

**Таблица 5 - Рационы на период лактации 22-120 дней**

Корма	1 гр. – концентраты 45%		2 гр. – концентраты 53%	
	НВ, кг/гол./день	% СВ	НВ, кг/гол./день	% СВ
Силос кукурузн.	11,80	30,3	10,30	26,5
Сенаж люцерн.	5,80	12,1	5,00	10,5
Сено люцерн.	2,00	8,6	1,70	7,5
Жом сухой	0,70	3,2	0,63	2,7
Патока	0,53	2,0	0,61	2,3
Кукуруза	2,17	9,8	2,53	11,5
Пшеница	0,84	3,8	1,00	4,5
Ячмень	0,74	3,3	0,84	3,9
Жмых соевый	1,05	4,8	1,21	5,6
Горох	1,58	7,3	1,90	8,6
Жмых подсолнечн.	1,48	6,8	1,69	8,0
Соя полножир. неэжстр.	0,50	2,4	0,61	2,8
Отруби	0,65	2,9	0,74	3,4
Премикс	0,21	1,0	0,21	1,0
Мел	0,21	1,0	0,21	1,0
Соль	0,11	0,5	0,11	0,5
Сода	0,06	0,2	0,06	0,2
ИТОГО:	30,4	100	29,4	100

В рационе содержится:

	на гол/день	в 1 кг СВ	на гол/день	в 1 кг СВ
СВ, кг	19,5	-	19,5	-
ОЭ, МДж	207,7	10,65	213,5	10,95
СБ, г	3024	155,1	3210	164,6
ОБ, г	1790	91,8	1968	100,9
УЛ, г	109,2	5,6	120,9	6,2
УМ, г	35,1	1,8	39	2,0
НРРБ, г	1078	55,3	1156	59,3
РРБ, г	1946	99,8	2053	105,3
СК, г	3276	168	2945	151
НДК, г	6766	347	6182	317
КДК, г	4310	221	3802	195
НСУ, г	7469	383	7586	389
Крахмал+сахар, г	5070	260	5519	283
Са, г	179,4	9,2	175,5	9,0
Р, г	68,6	3,52	74,1	3,80
NaCl, г	97,5	5	97,5	5

Расчет потребности в сухом веществе, энергии и сыром белке произвели для коров живой массой 560 кг, в расчете на надой 26-28 кг молока жирностью 3,8 %, белка 3,3 % факториальным методом в соответствии с рекомендациями NRC – 2001 [4].

Для определения содержания обменного белка (ОБ), усвояемых лизина (УЛ) и метионина (УМ) и норм потребности в этих компонентах использовали рекомендации NRC (2001) и ВНИИФБиП (2007) [1,4]; определение потребности нетелей и коров в обменном белке (ОБ), усвояемом лизине (УЛ) и метионине (УМ) - по методике, изложенной в учебном пособии В. Г. Рядчикова «Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных» (2012) [7].

Для расчета содержания и потребности коров в усвояемых аминокислотах использовали представленный аминокислотный состав белка молока и белка цельного тела крупного рогатого скота и, кроме того, коэффициенты трансформации и усвоенных (всосавшихся) аминокислот по «Корнельской системе оценки использования углеводов и белка» [8].

Оценку физиологического состояния и здоровья животных проводили по 5-ти бальной системе упитанности животных – Bodyconditionscore (BCS) [18], учитывали:

-общее состояние животных и оценку поедаемости кормов оценивали до и во время кормления. Поедаемость корма оценивали как хорошую, удовлетворительную, плохую или отсутствующую. Вялых, неактивных животных регистрировали отдельным пунктом с последующим наблюдением;

-деятельность рубца оценивали по количеству рубцовых сокращений: у каждой коровы в течение 2 минут, в области голодной ямки;

-границы печени – путем осмотра, баллотирующей и проникающей пальпации, выявляли факты резкого ее увеличения (выпячивание правого подреберья), а также болезненности;

-температуру тела у животных измеряли ректально, ртутным термометром в течение 8-10 минут, пульс – в области корня хвоста (подхвостовая вена). Частоту дыхания подсчитывали по количеству движений крыльев носа.

Исследование мочи были проведены непосредственно на фермах, во всех опытных группах, на всех этапах исследований. В полученных образцах определяли рН мочи (универсальный иономер ЭВ – 74) и наличие кетоновых тел (тест-полоски keto-PHAN). Мочу брали в утренние часы до кормления, с помощью стимуляции мочевого пузыря, либо поглаживания наружных половых органов.

Биохимический анализ сыворотки крови коров опытных групп был выполнен в лаборатории Краснодарского научно – исследовательского ветеринарного института. Забор крови проводился согласно установленному плану исследований: на первом этапе исследований от каждого животного за 8 дней до отела и на 2, 12, 24, 45, 74 дни после отела; на втором этапе – на 4-7 день послеотельного периода. Совместно с ветеринарными специалистами хозяйства кровь для исследования отбирали до утреннего кормления в специальные вакуумные пробирки фирмы Veno safe Terumo (Бельгия), предназначенные для сыворотки крови, с использованием одноразовых игл с коротким срезом и достаточно большим диаметром. Забор крови производили из подхвостовой вены.

Биохимический анализ сыворотки крови заключался в изучении следующих показателей: общего белка, белковых фракций, мочевины, глюкозы, активности трансаминаз.

Оценку количественного содержания свободных аминокислот в плазме крови проводили в условиях кафедры физиологии и кормления с.-х.

животных Кубанского ГАУ, методом жидкостной ионообменной хроматографии на анализаторе ААА-400 (Чехия) по программе физиологических жидкостей. Приготовление проб проводили по модифицированной нами методике (патент РФ № 2478949) [19]. Забор крови осуществлялся согласно установленному плану первого и второго этапа исследований в указанные выше дни, из подхвостовой вены животного, до утреннего кормления, одноразовым шприцем в пластиковые пробирки с гепарином. Кровь хранили не более 3 часов при температуре 4 °С.

Полученные данные подвергли биометрической обработке с использованием критерия достоверности по Стьюденту и коэффициента корреляции с использованием компьютерной программы M S Office Excel 2010. Уровень значимости принимали при  $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$ ,  $P < 0,001$ .

### Результаты и обсуждения

**Трансформация сырого белка и аминокислот в обменный белок и усвояемые (обменные) аминокислоты.** По всем рационам и фазам переходного периода выход обменного белка в процентах от сырого находился в пределах 59 – 61 % (таблица 6).

Выход усвояемых лизина и метионина от общего их содержания в рационах оказался значительно выше, чем выход обменного белка и составил для лизина, соответственно в 1-й и 2-й группах, %: 21-0 дней: 92,7 и 91,2; 0-21 день: 83,1 и 80,8; 22-120 дней: 81,1 и 83,8; усвояемый метионин, %: 21-0 дней 76,2 и 77; 0-21 день: 76 и 74,1; 22-120 дней: 75 и 76,9.

Коэффициенты трансформации сырого белка в обменный на рационах 2-й группы во все периоды были несколько выше, чем в 1-й, что объясняется более высоким отношением доли обменного белка за счет нераспадаемого (НРБ).

Более высокий выход усвояемых лизина и метионина по сравнению с выходом обменного белка обусловлен высоким содержанием аминокислот в обменном белке по сравнению с их содержанием в сыром белке. Если в сыром белке рациона содержание лизина находилось в пределах 4,09 – 4,68 г / 100 г СВ, то в обменном белке 6,1 – 6,96 г / 100 г. Качество обменного белка по содержанию лизина в рационах 1 группы улучшилось в среднем на 48,2 %, во 2-ой группе на 38,6 %, метионина соответственно на 28 и 24,8 % (таблица 7).

**Таблица 6 – Трансформация сырого белка, лизина и метионина, в обменный белок, усвояемые лизин и метионин**

Показатели	1 группа		2 группа	
	г/кг СВ	В % от сырых источников	г/кг СВ	В % от сырых источников
2-я фаза сухостоя: 21-0 дней до отела				
Сырой белок	134,4	100	157,2	100
Обменный белок	79,0	58,7	96,3	61,3
Общий лизин	5,5	100	6,8	100
Усвояемый лизин	5,1	92,7	6,2	91,2
Общий метионин	2,1	100	2,6	100
Усвояемый метионин	1,6	76,2	2,0	77,0
Лактация: 0-21 день после отела				
Сырой белок	155,9	100	167,7	100
Обменный белок	93,5	60,0	102,2	60,9
Общий лизин	7,1	100	7,8	100
Усвояемый лизин	5,9	83,1	6,3	80,8
Общий метионин	2,5	100	2,7	100
Усвояемый метионин	1,9	76,0	2,0	74,1
Пик лактации: 22-120 дней после отела				
Сырой белок	155,2	100	164,6	100
Обменный белок	91,8	59,1	100,9	61,3
Общий лизин	6,9	100	7,5	100
Усвояемый лизин	5,6	81,1	6,2	83,8
Общий метионин	2,4	100	2,6	100
Усвояемый метионин	1,8	75,0	2,0	76,9

По рекомендациям ВНИИФБиП содержание в обменном белке лизина должно составлять 7,6 %, метионина 2,0 %. В наших рационах в обменном белке содержание лизина было существенно меньше, особенно в период лактации 22-120 дней (6,1 – 6,14 %). Содержание метионина в ОБ соответствовало нормам ВНИИФБиП [1].

Источником обменного белка являются нераспадаемые (НРБ) и распадаемые (РРБ) в рубце белки. Коэффициент трансформации НРБ в обменный белок значительно выше такового у РРБ и составляет по периодам и группам от 78 до 83,6 % против 46,7 – 49 %.

**Таблица 7 - Содержание лизина и метионина в 100 г сырого белка, усвояемых лизина и метионина в 100 г обменного белка**

Лизин и метионин по периодам опыта	г / 100 г СБ		г / 100 г ОБ	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
2-я фаза сухостоя: 21-0 дней до отела				
Лизин	4,09	4,32	6,96	6,43
Метионин	1,56	1,65	2,02	2,08
Лактация: 0-21 день после отела				
Лизин	4,55	4,68	6,31	6,16
Метионин	1,60	1,62	2,03	1,96
Пик лактации: 22-120 дней после отела				
Лизин	4,45	4,50	6,10	6,14
Метионин	1,55	1,58	1,96	1,98

За счет микробного белка количество усвояемого лизина по всем группам и периодам составляет 64,5 – 69,6 %, метионина 62 – 68,7 % от общего их количества (таблица 8).

**Таблица 8 - Количество усвояемых лизина (УЛ) и метионина (УМ) за счет истинно усвоенного микробного (ИУМБ) белка и истинно усвоенного НРБ (ИУНРБ) (%% общих УЛ и УМ)**

Показатели	21-0 дней д/отела		0-21 день п/отела		22-120 дней п/отела	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Общий УЛ, за счет ИУНРБ	30,4	35,5	30,5	31,7	32,1	32,3
Общий УЛ, за счет ИУМБ	69,6	64,5	69,5	68,3	67,9	67,7
Общий УМ, за счет ИУНРБ	31,3	38,0	33,6	33,0	35,6	35,5
Общий УМ, за счет ИУМБ	68,7	62,0	66,4	67,0	64,4	64,5

**Молочная продуктивность и качество молока.** Увеличение уровня сырого и обменного белка до 16,8 % и 10,2 % в рационах коров 2-й группы по сравнению с уровнем 15,6 и 9,4, в периоде 0-21 дней после отела, способствовало повышению суточного надоя молока (таблица 9): в 1-й группе удой составил 24,2 кг, во 2-й – 26,9 кг, или на 11,3 % больше. В пересчете на 4 % молоко превышение составило 12,8 %. Затраты сухого

вещества и обменной энергии на 1 кг молока более низкие у коров 2-й группы.

В период 22-120 дней лактации коровы из 1-й и 2-й групп хорошо поедали корм, практически в одинаковом количестве (19,5 кг СВ).

**Таблица 9 - Потребление корма (СВ) и продуктивность коров в период 0-21 день после отела при разном уровне сырого и обменного белка**

Показатели	1 группа	2 группа	
2-я фаза сухостоя: 21-0 дней до отела			
Количество голов	10	10	
Ж.М. перед отелом, кг	624±35	624±32	
Содержание СБ, %	13,4	15,7	
Содержание ОБ, %	7,9	9,6	
Потребление корма (СВ), кг/гол/сутки	10,67	10,67	
Лактация: 0-21 день после отела			
Количество голов	10	10	
Ж.М. после отела, кг	562±17	561±22	
Содержание СБ, %	15,6	16,8	
Содержание ОБ, %	9,4	10,2	
Потребление корма (СВ), кг/гол/сутки	16,10	16,02	
Потребление ОЭ МДж, кг/гол/сутки	164,4	174,6	
Среднесуточный надой молока, кг	24,20±2,0	26,94±2,8	
в % к 1 группе	100	111,3	
Содержание жира в молоке, %	3,86±0,28	3,91±0,30	
Содержание белка, %	3,22±0,16	3,24±0,10	
Надой 4 % молока, кг	23,35±2,4	26,33±1,9	
в % к 1 группе	100	112,8	
Затраты на 1 кг натурального молока:	СВ, кг	0,67	0,59
	ОЭ, МДж	6,79	6,45
в % к 1 группе	100	95	

**Таблица 10 - Потребление корма и молочная продуктивность коров в период 22-120 дней**

Показатели	1 группа	2 группа	
Содержание СБ, %	15,5	16,5	
Содержание ОБ, %	9,2	10,1	
Потребление корма (СВ), кг/гол/сутки	19,5	19,5	
Среднесуточный надой молока, кг	25,17±2,6	25,44±1,7	
в % к 1 группе	100	101,1	
Содержание жира в молоке, %	3,76±0,24	3,92±0,26	
Содержание белка, %	3,12±0,07	3,18±0,10	
Среднесуточный надой 4 % молока, кг	23,66±2,44	24,93±2,10	
в % к 1 группе	100	105,4	
Затраты на 1 кг натурального молока:	СВ, кг	0,77	0,75
	ОЭ, МДж	8,25	8,39
Затраты на 1 кг 4 % молока:	СВ, кг	0,82	0,78
	ОЭ, МДж	8,78	8,56



Продуктивность в 1-й и 2-й группах оказалась близкой, в среднем – 25,17 и 25,44 кг молока от коровы в день (таблица 10). Однако жирность и содержание белка в молоке 2-й группы были соответственно выше на 0,16 и 0,06 %. Несколько ниже были затраты сухого вещества на 1 кг натурального молока. В пересчете на 4 % молоко продуктивность коров 2-й группы оказалась на 5,4 % выше. Затраты сухого вещества и обменной энергии на 1 кг 4 % молока были ниже по сравнению с затратами в 1-й группе.

**Сравнительная оценка фактического содержания обменного белка, усвояемых лизина и метионина в опытных рационах, с потребностью, установленной факториальным методом.** Во 2-ю фазу сухостоя (21-0 дней до отела) содержание обменного белка в рационе 1-й группы практически совпало с факториальной нормой (таблица 11).

Количество усвояемого лизина превышало норму на 5,8 %, усвояемого метионина несущественный дефицит – 1,8 %. Повышение уровня сырого белка в рационе нетелей 2-й группы в заключительную фазу беременности до 15,7 % СВ (по сравнению с 13,5 % в 1-й группе) привело к значительному превышению норм обменного белка, усвояемых лизина и метионина, соответственно на 17,4 %, 30,8 % и 23,8 %. По-видимому, рацион первой группы по уровню белка и аминокислот, является более оптимальным, чем рацион 2-й группы.

В фазу 0-21 дней послеотельного периода фактическое потребление обменного белка, усвояемого лизина было недостаточным. Так, в рационе первой группы их дефицит составил соответственно 15,7 и 16,2 %, во второй группе 14,2 и 16,8 %. Дефицит усвояемого метионина в обеих группах 3,8 % и 5,9 % можно считать несущественным, в пределах ошибки метода определения. Дефициты обменного белка и аминокислот объясняются недостаточно хорошим аппетитом и потреблением корма в

первые 1-3 недели после отела, что характерно для послеродового физиологического состояния коров.

**Таблица 11 - Потребность коров в обменном белке, усвояемых лизине и метионине, рассчитанная факториальным методом и фактическое их содержание в рационе коров**

Показатели	1 группа		2 группа	
	Потребность	Фактическое содержание	Потребность	Фактическое содержание
2-я фаза сухостоя: 21-0 дней до отела				
Обменный белок, г/сутки	886	843	875	1027
±, % нормы		-4,9		+17,4
Усвояемый лизин, г/сутки	51,3	54,3	50,6	66,2
±, % нормы		+5,8		+30,8
Усвояемый метионин, г/сутки	17,4	17,1	17,2	21,3
±, % нормы		-1,8		+23,8
Лактация: 0-21 день после отела				
Обменный белок, г/сутки	1774	1496	1906	1635
±, % нормы		-15,7		-14,2
Усвояемый лизин, г/сутки	112,6	94,4	121,1	100,8
±, % нормы		-16,2		-16,8
Усвояемый метионин, г/сутки	31,6	30,4	34,0	32,0
±, % нормы		-3,8		-5,9
Пик лактации: 22-120 дней				
Обменный белок, г/сутки	1890	1790	1925	1968
±, % нормы		-5,3		+2,2
Усвояемый лизин, г/сутки	120	109,2	122,2	120,9
±, % нормы		-9,0		+1,1
Усвояемый метионин, г/сутки	33,6	35,1	34,2	39
±, % нормы		+4,5		+14

В период лактации 22-120 дней, когда животные нормализовали потребление корма, наблюдается хорошее совпадение содержания ОБ и УЛ в рационе коров 2-й группы с факториальными нормами. Эти же показатели в рационе коров 1-й группы были чуть хуже: дефицит ОБ составил 5,3 %, лизина 9 %. Количество усвояемого метионина (УМ) было несколько повышенным: в 1-й группе на 4,5 %, во 2-й на 14 %.

**Баланс между потреблением обменного белка на лактацию (ОБ<sub>л</sub>) и продукцию чистого белка молока (ЧБ<sub>м</sub>).** В фазу лактации (0-21

дней) коровы потребляли явно недостаточное количество обменного белка на фактическую продукцию чистого белка молока (таблица 12).

Дефицит обменного белка лактации (ОБ<sub>л</sub>) в 1-й группе составил 272 г (23,4 %), во 2-й – 264 г (20,3 %). Это объясняется недостаточным потреблением корма, что характерно для послеотельного периода. Можно полагать, что недостаток белка в рационах животных компенсировался за счет мобилизации белков собственного тела. Это подтверждается фактическим снижением живой массы коров за первый период в 1-й группе на 18 кг, во 2-й на 19 кг. В период 22-120 дней, когда коровы увеличили потребление корма, недостаток обменного белка в 1 группе составил 5,3 %. Во 2-й группе наблюдался положительный баланс (+2,2 %) между потреблением и потребностью на производство чистого белка в суточном надое молока.

**Таблица 12 - Баланс между потребностью на продукцию чистого белка молока (ЧБ<sub>м</sub>) и фактическим потреблением обменного белка лактации (ОБ<sub>л</sub>)**

Показатели	1 группа	2 группа
Лактация: 0-21 день после отела		
Чистый белок молока (ЧБ <sub>м</sub> ), г/сут. (Б <sub>м</sub> г/кг × М кг)	779	873
Потребность ОБ <sub>л</sub> на ЧБ <sub>м</sub> , г/сут. (ОБ <sub>лчбм</sub> = ЧБ <sub>м</sub> /0,67)	1162	1303
Фактическое потребление ОБ <sub>лф</sub> , г/сут. (ОБ <sub>общ</sub> – ОБ <sub>плд</sub> )	890	1033
Баланс, г/сут. (ОБ <sub>лчбм</sub> – ОБ <sub>лф</sub> )	-272	-264
Баланс, % от ОБ <sub>лчбм</sub>	-23,4	-20,3
Пик лактации: 22-120 дней		
Чистый белок молока (ЧБ <sub>м</sub> ), г/сут. (Б <sub>м</sub> г/кг × М кг)	785	809
Потребность ОБ <sub>л</sub> на ЧБ <sub>м</sub> , г/сут. (ОБ <sub>лчбм</sub> = ЧБ <sub>м</sub> /0,67)	1172	1207
Фактическое потребление ОБ <sub>лф</sub> , г/сут. (ОБ <sub>общ</sub> – ОБ <sub>плд</sub> )	1072	1250
Баланс, г/сут. (ОБ <sub>лчбм</sub> – ОБ <sub>лф</sub> )	-100	+43
Баланс, ± % от ОБ <sub>лчбм</sub>	-5,3	+2,2

**Трансформация сырого и обменного белка, усвояемых лизина и метионина в их «чистые» компоненты молока.** Представляло интерес определить коэффициенты эффективности использования обменного белка (ОБ<sub>л</sub>), усвояемых лизина (УЛ<sub>л</sub>) и метионина (УМ<sub>л</sub>) рационов на продукцию чистого белка (ЧБ), чистых лизина (ЧЛ<sub>м</sub>) и метионина (ЧМ<sub>м</sub>) в продукции чистого белка молока, и сравнить их с рекомендациями NRC -2001 [4]. Для

этого мы использовали полученные данные продуктивности за период лактации 22-120 дней, когда у коров нормализовалось потребление корма (таблица 13).

По данным NRC-2001, коэффициент трансформации обменного белка в продукцию чистого белка молока составляет 0,67. В наших опытах коэффициент трансформации обменного белка в продукцию чистого белка молока составил 0,67 в 1-й и 2-й группах. Коэффициент трансформации усвояемого лизина в чистый лизин белка молока составил в первой группе 0,96, а во 2-й группе оказался равным 0,83, что очень близко соответствует «Корнельской системе оценки использования углеводов и белка» (2003)[8]. Коэффициент усвояемого метионина в чистый метионин белка равен по данным нашего опыта в 1-й и 2-й группах 0,93 и 0,82 соответственно, т.е. почти в тех же пределах, как и коэффициенты трансформации обменного лизина.

**Таблица 13 - Коэффициенты усвоения ОБ<sub>л</sub>, УЛ<sub>л</sub> и УМ<sub>л</sub> рационов в их чистые компоненты молока в период лактации 22-120 дней**

Показатели	22-120 дней после отела	
	1 группа	2 группа
Чистый белок молока (ЧБ <sub>м</sub> ), г/сут.	785	809
Обменный белок лактации (ОБ <sub>л</sub> )	1172	1207
Коэффициент усвоения (ЧБ <sub>м</sub> /ОБ <sub>л</sub> )	0,67	0,67
Чистый лизин молока (ЧЛ <sub>м</sub> ), г/сут.(ЧБ <sub>м</sub> x 7,8)/100	61,2	63,1
Усвояемый лизин лактации (УЛ <sub>л</sub> ), г/сут.(УЛ <sub>об</sub> – УЛ <sub>плд</sub> )	63	75,6
Коэффициент усвоения (ЧЛ <sub>м</sub> /УЛ <sub>л</sub> )	0,96	0,83
Чистый метионин молока (ЧМ <sub>м</sub> ), г/сут.(ЧБ <sub>м</sub> x 2,7)/100	21,2	21,8
Усвояемый метионин лактации (УМ <sub>л</sub> ), г/сут.(УМ <sub>об</sub> – УМ <sub>плд</sub> )	22,7	26,6
Коэффициент усвоения (ЧМ <sub>м</sub> /УМ <sub>л</sub> )	0,93	0,82

Необходимо отметить, что коэффициенты трансформации имеют важное значение для расчета норм потребности в усвояемых незаменимых аминокислотах, поэтому их уточнение в последующих опытах имеет актуальное значение.

**Физиологическое состояние и здоровье коров.** Анализы мочи не выявили существенного влияния уровня белка на показатели рН, они были близкими для обеих групп (рисунок 1). Однако за 8 дней до отела и на 7

день после, во 2-й группе у четырех коров рН мочи был в диапазоне 6,9–7,2, что свидетельствует о признаках ацидоза (физиологическая норма рН мочи = 7,6–8,5).

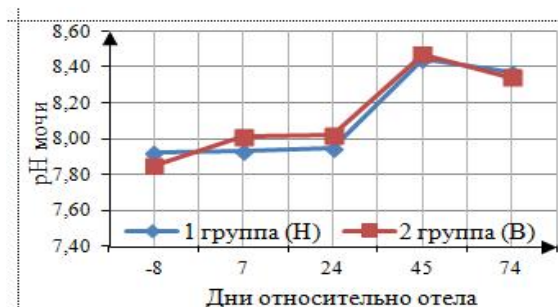


Рисунок 1 – рН мочи коров в предотельный и послетельный периоды при пониженном (Н) и высоком (В) уровне обменного белка, n=10

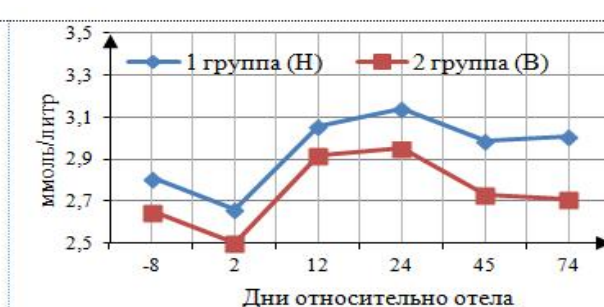


Рисунок 2 - Концентрация глюкозы в крови коров в предотельный и послетельный периоды при пониженном (Н) и высоком (В) уровне обменного белка, n=10

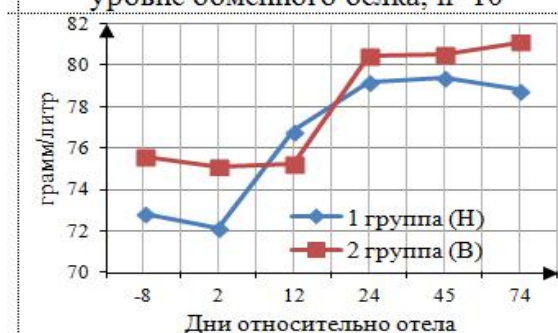


Рисунок 3 - Концентрация общего белка в крови коров в пред- и послетельный периоды, при пониженном (Н) и высоком (В) уровне обменного белка, n=10

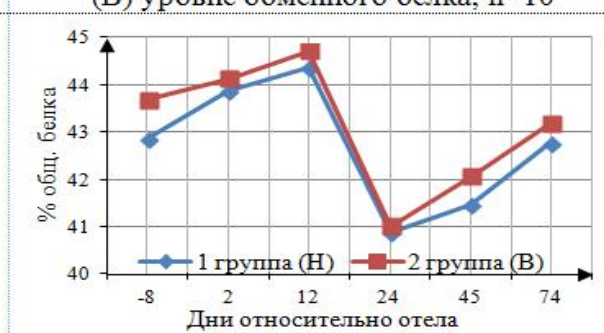


Рисунок 4 - Содержание  $\gamma$ -глобулина в крови коров в пред- и послетельный периоды, при пониженном (Н) и высоком (В) уровне обменного белка, n=10

Среди животных 1-й группы на 7 день после отела также выделены две коровы с признаками ацидоза, причиной которого, по-видимому, стал резкий перевод животных с предотельного рациона с уровнем концентратов 20 % на 40 % в период 0-21 дней после отела.

Кетоновые тела в моче на уровне, характерном для признаков кетоза, во второй группе были у четырех коров, а в 1-й, с уменьшенным количеством концентратов, только у одной коровы. Во 2-й группе было больше животных с больными в разной степени ногами.

Метаболизм у жвачных направлен на поддержание уровня глюкозы. Установлено, что вклад углерода аминокислот в глюконеогенез, определенный по балансу радиоактивных веществ, проходящих через печень, составлял от 12 до 35 % [16].

При изучении вопросов биохимических показателей крови наблюдали, что в сыворотке крови коров 1-й группы, получавших рацион с более низким количеством концентратов и соответственно содержанием сырого белка, на протяжении всех дней переходного периода концентрация глюкозы находилась на более высоком уровне, чем у коров 2-й группы (рисунок 2). Не исключено, что снижение уровня глюкозы происходило в результате более интенсивного ее оттока из кровяного русла в молочную железу в связи с более высокой продуктивностью коров 2-й группы. Возможно, что во 2-й группе с повышенным уровнем белка, не было значительных изменений в количестве пропионовой кислоты, как источника глюкозы, в сравнении с тем в 1-й.

В раннюю лактацию, когда потребность в глюкозе для синтеза лактозы является наивысшей, а снабжение пропионатом ограничено, из-за недостаточного потребления корма, использование аминокислотного углерода в глюконеогенезе является, по-видимому, жизненно важным. Установлено, что вклад пропионата в глюконеогенез максимально составляет 37 %, а вклад аминокислот минимально 34 % [20].

Кроме того, обнаружено, что большая часть галактозы в лактозе (от 46 до 86 %) синтезированы из неглюкозных углеродных скелетов, точнее из незаменимых аминокислот и глицерола, при этом от 10 до 42 % галактозы происходит из глицерола, 4-12 % которого образовано из катаболизированных незаменимых аминокислот [21,22]. Концентрация суммарного белка в сыворотке крови к родам понижалась, но быстро нарастала, и к 24 дню достигла физиологической нормы. У коров 2-й группы она была выше, чем у коров 1-й группы, что объясняется более высоким содержанием сырого и обменного белка в рационе. В отличие от отрицательной динамики суммарного белка на 2-12 дни после родов концентрация фракции  $\gamma$ -глобулинов имела положительную динамику, она повышалась, начиная с предродового до 12 дня после отела, затем

возвращалась к первоначальному значению. Увеличение  $\gamma$ -глобулинов, вероятнее всего, связано с их участием в образовании молозива (рисунок 3,4).

**Обмен аминокислот.** У коров 2 группы на рационе с более высоким содержанием обменного белка (96,2 против 79 г/кг СВ) концентрация суммы свободных аминокислот в плазме крови за 8 дней до родов оказалась в 2,2 раза выше, чем у коров 1-ой, что в целом несоизмеримо с разницей по количеству потребляемого белка (рисунок 5). Причина столь существенной разницы, по-видимому объясняется следующим: при равных затратах обменного белка у коров обеих групп на поддержание и беременность, в рационе 1-й группы содержание обменного белка было предельным (даже с незначительным недостатком - 4,9 %), в то время как в рационе 2-й группы излишек ОБ составил 17,4 %. У коров 1-й группы поступающие из пищеварительного тракта аминокислоты, по-видимому, быстро уходили на нужды тканей матери и плода и их пул в крови оказывался более ограниченным, чем у коров 2-й группы, получавших более обильный рацион по аминокислотам. Этим можно объяснить предельно низкий уровень свободных аминокислот в крови коров 1-й группы и значительно более высокий у коров 2-й. Более высокая концентрация суммы незаменимых аминокислот (НАК) в плазме крови этой группы сохранялась до 45 дня. На 74 день в плазме крови 1-й группы уровень НАК превысил таковую во 2-й (рисунок 5).

Уже на 12 день после родов концентрация суммы незаменимых и заменимых аминокислот в плазме коров 1-й группы сравнивается с показателями 2-й группы и существенно продолжает нарастать до 24 дня (рисунок 5). Это превышение происходило в основном за счет заменимых аминокислот – серина, глутамина, пролина, глицина и аланина (рисунок 5б). На долю последних (на 24 день послеотельного периода) приходилось 75 % суммы заменимых и незаменимых аминокислот, в том числе на

глицин – 50 %, аланин – 12 %, пролин – 4 %, глютамин – 4 %, серин – 5 %. В крови коров 2-й группы концентрация заменимых аминокислот в этот период, наоборот, понижалась (рисунок 5б).



Концентрация каждой незаменимой аминокислоты в плазме крови коров 2-й группы в предотельный период превышала с высокой достоверностью ( $P < 0,01-0,001$ ) концентрацию соответствующих аминокислот у коров 1-й группы, за исключением метионина и цистеина, уровень которых в крови коров обеих групп практически был одинаковым.

На 2-й день после отела концентрация метионина в плазме крови коров обеих групп резко падает, в то же время существенно повышается концентрация продуктов его деградации – цистеина у коров 2-й группы, цистатионина – 1-й группы (рисунок 6б, г). Такая динамика серусодержащих аминокислот объясняется разной обеспеченностью усвояемым метионином, неодинаковой скоростью исчезновения метионина и цистеина из кровяного русла на синтез белка молока.

Близкие к нашим результатам по метионину наблюдались в исследованиях датских ученых на голштинских коровах по изучению действия добавок в рационе аналога метионина (2-гидрокси-4-(метилтио)-бутановой кислоты эфира изопропила) в предотельный и послеотельный периоды[14]. В соответствии с методикой они брали кровь до утреннего кормления у коров за 15 дней до родов, на 4, 15 и 29 дни после родов, т.е. аналогично, как в наших опытах. Добавка аналога, эквивалентная 1,5 г



метионина / кг СВ рациона, не оказала влияния на повышение концентрации свободного метионина в плазме крови по сравнению с тем, у контрольных животных (она была даже ниже, чем в контроле), но в послеперодельный период она существенно повышала концентрацию метионина в крови на 4, 15 и 29 дни. Авторы этого исследования объясняют низкий расход метионина за счет, высокой концентрации в крови аланина, глицина и гистидина, которые в полной мере могли заменить функции метионина как донора метильных групп. По-видимому, равный уровень метионина в обеих группах нашего опыта, также можно объяснить аналогичными условиями.

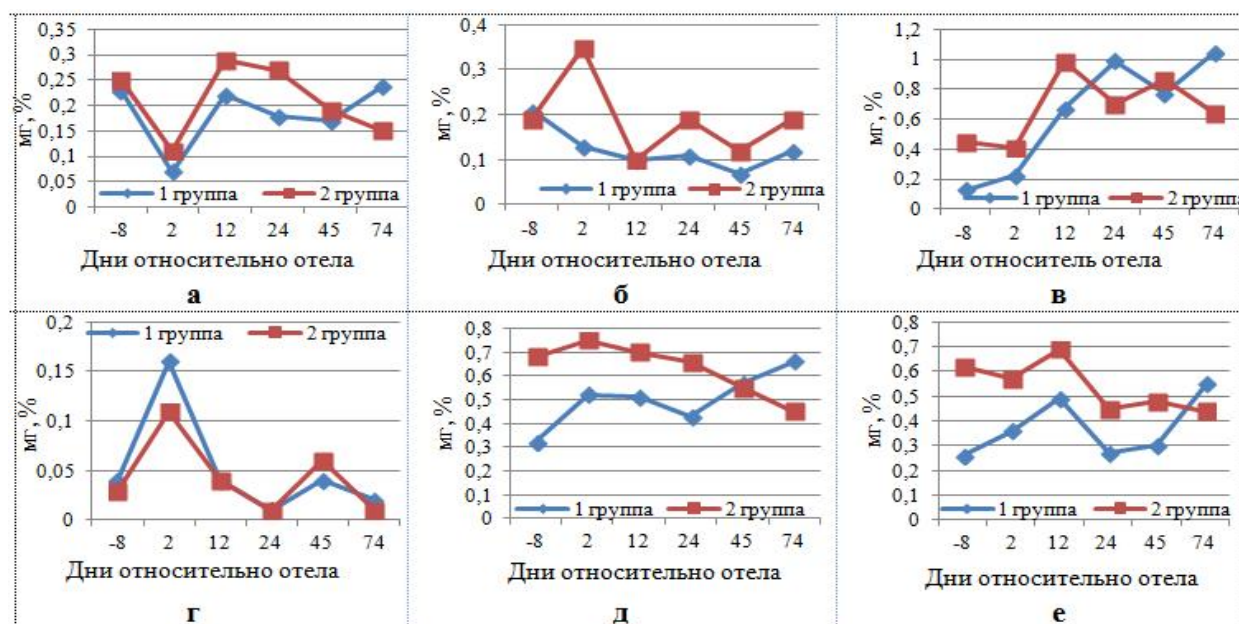


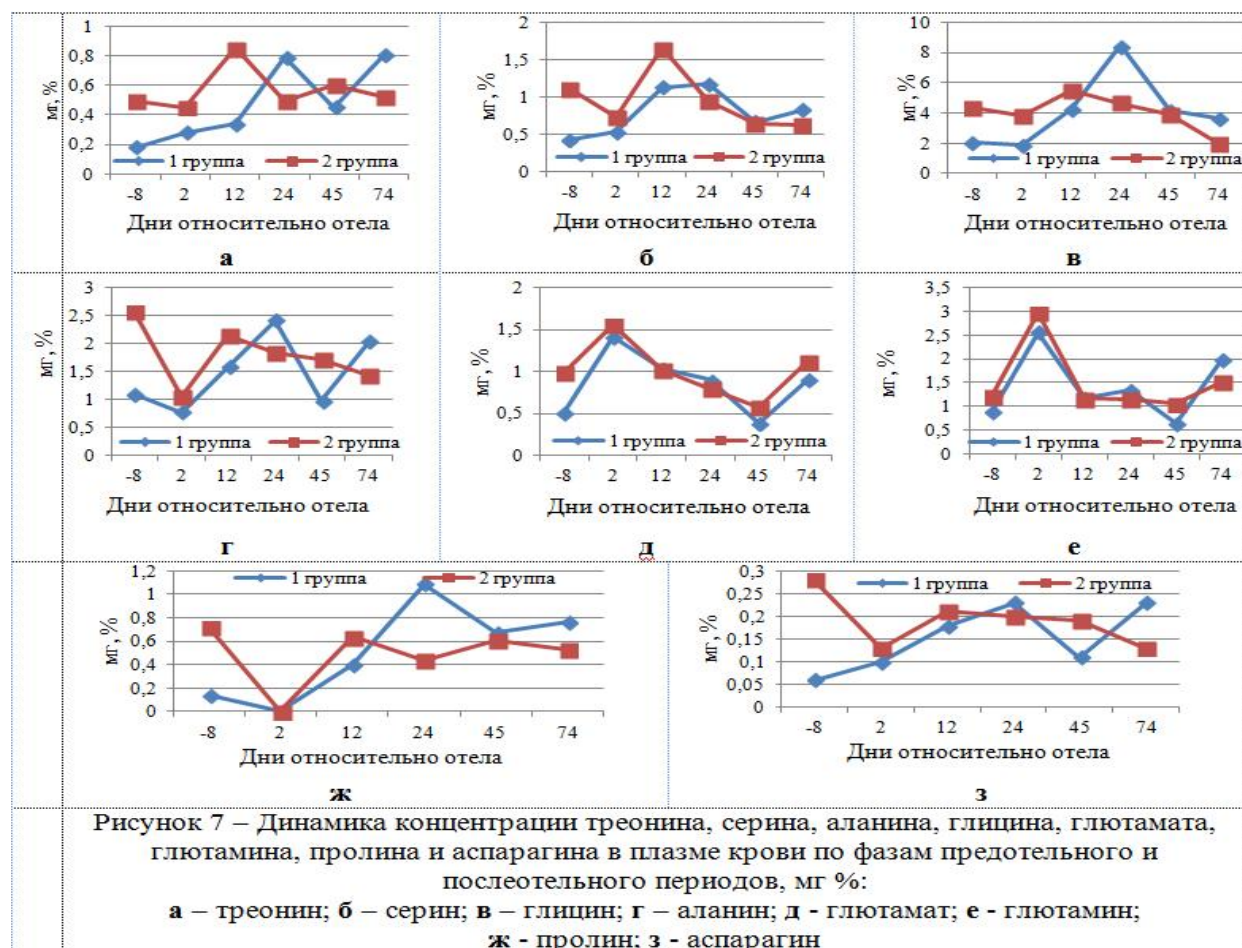
Рисунок 6 – Динамика концентрации серусодержащих аминокислот, лизина и гистидина в плазме крови по фазам предотельного и послеперодельного периодов, n=5:  
**а** – метионин; **б** – цистеин; **в** – таурин; **г** – цистатионин; **д** - лизин; **е** - гистидин

Концентрация лизина в плазме крови 2-й группы в предотельный и период 0-21 день значительно превышает таковую в 1-й. Можно полагать, что это происходит как за счет роста его потребления с кормом, так и за счет поступления в кровяное русло эндогенного лизина из мобилизуемых белков тела.

В последующем концентрация лизина постепенно понижалась, что, по-видимому, обусловлено быстрым её оттоком из кровяной циркуляции в

молочную железу для синтеза белка молока (рисунок 6д). Концентрация гистидина в плазме крови незначительно уступала концентрации лизина.

Концентрация треонина после отела значительно возрастает, при этом наблюдается параллельное увеличение концентрации серина, глицина и аланина (рисунок 7).



Установлено, что почти 100 % глютамина, глютамата и аспартата корма метаболизируется в клетках кишечника в процессе всасывания еще до того как они поступят в циркулирующую кровь [12]. Установлено также, что эти аминокислоты кишечник использует в качестве источников энергии (топлива) [21]. Этим можно объяснить очень низкую концентрацию аспарагина и полное отсутствие аспартата в плазме крови коров обеих групп

В наших опытах наблюдается резкий всплеск концентрации глютамина и глютамата в плазме коров обеих групп на 2-й день после

отела. Снижение глутамина происходит резко на 12 день, в то время как снижение глутамата происходит постепенно, что объясняется высоким оттоком этих аминокислот в молочную железу и их утилизацией на синтез белка или лактозы по мере роста продукции молока (рис. 7д, е). Крутые падения в крови пролина, возможно, связаны с резким расходом в первые послеотельные дни на синтез белка молозива (рисунок 7ж).

По данным Bruckental I. (1991), инфузия пролина в дуоденум в начале лактации способствовала повышению жира в молоке, а введение в середине лактации – содержанию белка. В этом исследовании было обнаружено, что вливание пролина снижает на 40-50 % поглощение аргинина молочной железой [20].

Показатели концентрации свободных аминокислот в плазме крови могут способствовать совершенствованию контроля состояния обеспеченности коров незаменимыми аминокислотами по фазам предотельного и послеотельного (переходного) периодов. В связи с этим мы сочли необходимым полученные в наших опытах данные рекомендовать к использованию в качестве контроля состояния сбалансированности рационов по усвояемым аминокислотам (таблица 14).

Биохимические и физиологические показатели крови, такие как концентрация общего белка и его фракций, глюкозы, триглицеридов, кальция, фосфора, АСТ, АЛТ, гемоглобина, эритроцитов и многие другие прочно вошли в науку и практику при контроле состояния здоровья, сбалансированности питания животных и человека. В связи с вышеизложенным мы сочли необходимым предложить полученные в опытах данные, по содержанию свободных аминокислот в плазме крови коров по фазам предотельного и послеотельного периодов, в качестве контроля состояния сбалансированности рационов по усвояемым аминокислотам.

**Таблица 14 - Аминокислотный спектр плазмы крови коров по фазам переходного периода**

Аминокислоты	2-я фаза сухостоя: 21-0 дней до отела				Лактация: 0-21 день п/ отела*		Пик лактации: 22-120 дней п/отела*	
	1 группа		2 группа		мг %	мкМ/л	мг %	мкМ/л
	мг %	мкМ/л	мг %	мкМ/л				
Треонин	0,18	15,28	0,49	41,14	0,64	53,74	0,54	45,15
Валин	0,72	61,83	1,96	167,38	1,71	145,60	1,53	130,47
Метионин	0,23	15,42	0,25	16,76	0,20	13,52	0,20	13,70
Изолейцин	0,47	35,52	0,98	74,70	1,06	80,54	0,68	51,74
Лейцин	0,55	42,32	1,48	112,80	1,27	96,42	0,81	61,57
Фенилаланин	0,31	19,08	0,58	35,69	0,68	41,54	0,35	21,33
Лизин	0,32	22,02	0,68	46,51	0,73	49,70	0,55	37,92
Гистидин	0,26	17,01	0,62	39,95	0,63	40,59	0,46	29,42
Аргенин	0,41	23,42	1,25	71,76	0,49	28,22	0,51	29,53
Серин	0,43	41,10	1,11	105,61	1,19	113,54	0,74	70,20
Глютамат	0,51	34,53	0,98	66,62	1,28	87,24	0,83	56,50
Глютамин	0,90	61,56	1,22	83,45	2,06	140,79	1,24	84,51
Пролин	0,14	12,34	0,72	62,55	0,32	27,80	0,53	45,66
Глицин	2,08	276,43	4,37	581,89	4,68	622,50	3,52	468,86
Аланин	1,09	122,11	2,57	288,44	1,60	179,76	1,67	187,06
Цистеин	0,21	17,00	0,19	15,68	0,23	18,70	0,17	13,66
Тирозин	0,37	20,20	0,68	37,53	0,53	29,16	0,42	22,93
Таурин	0,13	10,70	0,45	35,94	0,70	56,04	0,73	58,57
Цистатионин	0,15	8,79	0,51	29,11	0,60	34,25	0,64	36,34
Цистеин	0,04	3,14	0,03	2,48	0,08	6,33	0,03	2,29
Гамма-аминомас. Кислота	0,07	7,16	0,11	10,67	0,06	5,82	0,12	11,42
Орнитин	0,21	16,19	0,42	31,77	0,32	24,33	0,38	28,41
1-метилгистидин	0,03	1,77	0,09	5,32	0,09	5,02	0,05	3,22
3-метилгистидин	0,03	1,65	0,08	4,73	0,09	5,12	0,03	1,51

\*В послеотельном периоде приведены усреднённые показатели 2 группы, где в отрезке 0-21 дней включены дни взятия крови за 2 и 12 числа; 22-120 дней – за 24, 45 и 74 дни.

### Заключение

Балансирование рационов по обменному белку и усвояемым (обменным) незаменимым аминокислотам на основе определения потребности факториальным методом с использованием рекомендаций NRC-2001 позволяет достаточно объективно прогнозировать молочную продуктивность и синтез белка молока. Коэффициенты трансформации обменного белка и усвояемого лизина в чистый белок и чистый лизин

молока составили соответственно 0,67 и 0,83, для метионина - 0,82, что близко соответствует коэффициентам Корнельской системы.

При содержании сырого и обменного белка в период лактации 0-21 дней, на уровне соответственно 16,8 и 10,2 % сухого вещества рациона, среднесуточные надои молока у первотелок были на 11,3 % выше, чем при уровне СБ 15,6 % и ОБ – 9,3 %. Не исключено, что на повышение продуктивности положительное влияние оказало более высокое обеспечение белком и усвояемыми аминокислотами коров 2-й группы в предотельный период 21-0 дней.

В период лактации 22-120 дней при уровне СБ – 15,5 %, обменного белка (ОБ) – 9,2 % в рационе 1-й группы и 16,5 % СБ и 10,1 % ОБ во 2-й группе, суточные надои молока были практически одинаковыми ( $25,17 \pm 2,6$  и  $25,44 \pm 1,7$  кг), однако молоко, полученное на рационах 2-й группы, имело выше содержание жира ( $3,92 \% > 3,76 \%$ ) и белка ( $3,18 \% > 3,12 \%$ ). В пересчете на 4 % молоко надой при более высоком уровне белка был на 5,4 % выше.

Количество поступающих после переваривания усвояемых незаменимых аминокислот является наиболее важным фактором, определяющим их концентрацию в плазме крови. Уровень заменимых аминокислот определяется их поступлением из корма и синтезом в организме животных. Наиболее значимые изменения концентрации метионина, пролина, глутамата, глутамина, глицина наблюдаются перед и сразу после родов. Стабилизация их уровня наблюдается начиная с 24 дня после родов, что связано, по-видимому, с активацией процессов мобилизации белка, жира тела и глюконеогенеза. Показатели концентрации свободных аминокислот в плазме крови могут способствовать совершенствованию контроля состояния обеспеченности коров незаменимыми аминокислотами по фазам предотельного и послеотельного периодов.

### Литература

1. Агафонов В. И. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учетом доступности питательных веществ / В. И. Агафонов, Б. Д. Кальницкий, А. В. Лысов, Е. Л. Харитонов, Л. В. Харитонов // ВНИИФБиП с.-х. животных. – Боровск, 2007. – С. 125-134.
2. Кальницкий Б. Д. Процессы ферментации белка в преджелудках жвачных и возможности оптимального нормирования белкового (аминокислотного) питания молочных коров / Б. Д. Кальницкий, Е. Л. Харитонов // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар, 2005. – С. 131–410.
3. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник / В. Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2012. 328 с.
4. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, DC: Natl. Acad. Sci.; 2001.
5. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота / Е. Л. Харитонов. – Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. – 372 с.
6. Рядчиков В. Г. Обмен веществ, здоровье и продуктивность коров при разном уровне в рационе концентратов в переходный период / В. Г. Рядчиков, О. Г. Шляхова, Д. П. Дубинина, Т. А. Сень // Эффективное животноводство. – 2011. №8. – С. 10–16.
7. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник / В. Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2012. -328 с.
8. Fox D. G. Predicting dietary amino acid adequacy for ruminants / D. G. Fox, L. O. Tedeschi // In “Amino Acids in Animal Nutrition”, Second Edition, p.389-407. Edit. By J.P.F. D’Mello, CABI Publishing, 2003.
9. Bell A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation / A. W. Bell // Anim. Sci. – 1995; 73: 2804–2819.
10. Bequette B. J. The roles of amino acids in milk yield and components / B. J. Bequette, K. Nelson // In: Florida ruminant Nutrition Symposium. February 1 2, 2006, 12 p.
11. Wu, G. Intestinal amino acid catabolism / G. Wu. // J. Nutrition. – 1998; 128: 1249.
12. Overton T. R. Nutritional management of transition cows: Strategies to optimize metabolic health / T. R. Overton, M. R. Waldron // Dairy Science. – 2004; 87: E105-E119.
13. Drackley J. K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier / J. K. Drackley // Dairy Science. – 1999; 82: 2259–2273.
14. Dalbach K. F. Effect of supplementation with 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid isopropyl ester on splanchnic amino acid metabolism and essential amino acid mobilization in postpartum transition Holstein cows / K. F. Dalbach, M. Larsen, B.M.L. Raun, and N. B. Kristensen // Dairy Science. – 1994; 77: 3913-3927.
15. Ipharraguerre I. R. Varying protein and starch in the diet of dairy cows. I Effect of ruminal fermentation and intestinal supply of nutrients / I. R. Ipharraguerre, D. E. Freeman // Dairy Science. – 2005; 88: 2537-2555.
16. Allison M. J. Biosynthesis of amino acids by ruminal microorganisms / M. J. Allison // Anim. Sci. – 1969. – Vol. 29. – № 5. – P. 797–807.
17. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления с.-х. животных / учебное пособие – М.: Агропромиздат, 2003. – 455с.
18. Contreras L. L. Effects of dry cow grouping strategy and body condition score on performance and health of transition dairy cows / L. L. Contreras, C. M. Ryan, T. R. Overton // Dairy Science. – 2004; 87: 517-523.
19. Пат. 2478949, Российская Федерация, МПК G 01 N № 30/06, G 01 N № 33/50. Способ подготовки пробы плазмы крови крупного рогатого скота для определения

состава свободных аминокислот / В. Г. Рядчиков, А. П. Радуль, О. Г. Шляхова; Кубанский государственный аграрный университет. - № 2011135088/15; заяв. 22.08.2011; опуб.10.04.13, бюл. №10.

20. Bruckental I. Effect of duodenal proline infusion on milk production and composition in dairy cows / I. Bruckental, I. Ascarelli, B. Yosil, E. Alumot// Anim. Prod. 1991;53:299-303.

21. Bequette B. J. Assessment of krebs cycle metabolism by sheep. Rumen and intestinal cells employing [U-<sup>13</sup>C] glucose and mass isotopomer analysis / B. J. Bequette, M. Oba, S. L. Owens, R. L. Baldrin // FASEBJ. 2004;18:A493.

22. Bequette B. J. Use of <sup>13</sup>C-massisotope distribution analysis to deline precursors for lactose and amino acid synthesis by lorine mammary explants / B. J. Bequette, S. L. Owens, S. W. El-Kadi, N. E. Sunny, A. Shamay // Dairy Science. -2005;88 (suppl. 1):289.

### References

1. Agafonov V. I. Fiziologicheskie potrebnosti v jenergeticheskikh i plasticheskikh substratah i normirovanie pitaniya molochnyh korov s uchetom dostupnosti pitatel'nyh veshhestv / V. I. Agafonov, B. D. Kal'nickij, A. V. Lysov, E. L. Haritonov, L. V. Haritonov // VNIIFBiP s.–h. zhivotnyh. – Borovsk, 2007. – S. 125–134.
2. Kal'nickij B. D. Processy fermentacii belka v predzheludkah zhvachnyh i vozmozhnosti optimal'nogo normirovanija belkovogo (aminokislotnogo) pitaniya molochnyh korov / B. D. Kal'nickij, E. L. Haritonov // Aminokislotnoe pitanie zhivotnyh i problema belkovyh resursov. – Krasnodar, 2005. – S. 131–410.
3. Rjadchikov V. G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: uchebnik / V. G. Rjadchikov. – Krasnodar: KubGAU, 2012. 328 s.
4. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, DC: Natl. Acad. Sci.; 2001.
5. Haritonov E. L. Fiziologija i biohimija pitaniya molochnogo skota / E. L. Haritonov. – Borovsk: Izd-vo «Optima Press», 2011. – 372 s.
6. Rjadchikov V. G. Obmen veshhestv, zdorov'e i produktivnost' korov pri raznom urovne v racione koncentratov v perehodnyj period / V. G. Rjadchikov, O. G. Shljahova, D. P. Dubinina, T. A. Sen' // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo. – 2011. №8. – S. 10–16.
7. Rjadchikov V. G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: uchebnik / V. G. Rjadchikov. – Krasnodar: KubGAU, 2012. 328 s.
8. Fox D. G. Predicting dietary amino acid adequacy for ruminants / D. G. Fox, L. O. Tedeschi // In “Amino Acids in Animal Nutrition”, Second Edition, p.389–407. Edit. By J.P.F. D’Mello, CABI Publishing, 2003.
9. Bell A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation / A. W. Bell // Anim. Sci.–1995;73:2804–2819.
10. Bequette B. J. The roles of amino acids in milk yield and components / B. J. Bequette, K. Nelson // In: Florida ruminant Nutrition Symposium. February 1–2, 2006, 12 p.
11. Wu, G. Intestinal amino acid catabolism / G. Wu. // J. Nutrition. – 1998;128:1249.
12. Overton T. R. Nutritional management of transition cows: Strategies to optimize metabolic health / T. R. Overton, M. R. Waldron // Dairy Science. – 2004;87:E105–E119.
13. Drackley J. K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier / J. K. Drackley // Dairy Science. 1999;82:2259–2273.
14. Dalbach K. F. Effect of supplementation with 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid isopropyl ester on splanchnic amino acid metabolism and essential amino acid

- mobilization in postpartum transition Holstein cows / K. F. Dalbach, M. Larsen, B.M.L. Raun, and N. B. Kristensen // *Dairy Science*. –94:3913-3927.
15. Ipharraguerre I. R. Varying protein and starch in the diet of dairy cows. I Effect of ruminal fermentation and intestinal supply of nutrients / I. R. Ipharraguerre, D. E. Freeman // *Dairy Science*. – 2005; 88:2537-2555.
16. Allison M. J. Biosynthesis of amino acids by ruminal microorganisms / M. J. Allison // *Anim. Sci.* – 1969. – Vol. 29. – № 5. – P. 797–807.
17. Kalashnikov A.P. Normy i raciony kormlenija s.-h. zhivotnyh / *uchebnoe posobie* – M.: Agropromizdat, 2003. – 455s.
18. Contreras L. L. Effects of dry cow grouping strategy and body condition score on performance and health of transition dairy cows / L. L. Contreras, C. M. Ryan, T. R. Overton // *Dairy Science*. – 2004;87:517-523.
19. Pat. 2478949, Rossijskaja Federacija, MPK G 01 N № 30/06, G 01 N№ 33/50. Sposob podgotovki proby plazmy krovi krupnogo rogatogo skota dlja opredelenija sostava svobodnyh aminokislot / V. G. Rjadchikov, A. P. Radul', O. G. Shljahova; Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. № 2011135088/15; zajav. 22.08.2011; opub.10.04.13, bjul. №10.
20. Bruckental I. Effect of duodenal proline infusion on milk production and composition in dairy cows / I. Bruckental, I. Ascarelli, B. Yosil, E. Alumot// *Anim. Prod.* 1991;53:299-303.
21. Bequette B. J. Assessment of krebs cycle metabolism by sheep. Rumen and intestinal cells employing [U-13C] glucose and mass isotopomer analysis / B. J. Bequette, M. Oba, S. L. Owens, R. L. Baldrin // *FASEBJ*. 2004;18:A493.
22. Bequette B. J. Use of 13C-massisotope distribution analysis to deline precursors for lactose and amino acid synthesis by loline mammary explants / B. J. Bequette, S. L. Owens, S. W. El-Kadi, N. E. Sunny, A. Shamay // *Dairy Science*. 2005;88 (suppl. 1):289.