

---

---

ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

УДК 636.2/3.084.52:577.12.612.3

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ  
ПИТАНИЯ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ СУБСТРАТНОЙ  
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРОДУКТИВНЫХ ФУНКЦИЙ**

Харитонов Е.Л.

*Институт физиологии, биохимии и питания с.-х. животных, РАСХН, Боровск, Россия*

Продолжающийся в мире рост продуктивности животных выдвигает новые требования к оценке питательности кормов и нормированию питания жвачных животных. Одним из путей повышения производства продукции животноводства является эффективное использование генетического потенциала животных, которое должно обеспечиваться применением современных научно-обоснованных систем питания животных.

Научно-обоснованное питание предполагает адекватность уровня и соотношения гидролизовавшихся и всосавшихся питательных веществ корма истинным метаболическим потребностям животного. Действующие в настоящее время нормы получены эмпирическим путем, т.е. в условиях, когда животному предлагаются различные варианты кормления и по его продуктивной реакции на эти варианты судят о степени удовлетворения этих потребностей. Для высокопродуктивных животных, имеющих высокую напряженность обмена, такой принцип нормирования не подходит. Для них необходимо подбирать кормовые рационы, основываясь на знаниях о метаболизме у этих животных. Поэтому речь нужно вести не об обеспеченности животных валовой питательностью (энергией и протеином), а об установлении потребностей животных в метаболитах-субстратах, о разработке способов оптимизации их образования и использования для более экономного расходования кормов и дальнейшего повышения продуктивной эффективности животных. Поскольку животные метаболизируют энергию не как таковую, а используют субстраты-метаболиты, исходно образуемые в пищеварительном тракте, уровень поступления и соотношение этих субстратов будут определять, с какой эффективностью они используются на молокообразование и другие нужды организма (Кальницкий, Харитонов, 2001).

С этой точки зрения очень важна разработка критериев и способов, позволяющих оценивать корма и рационы по образованию субстратов-метаболитов и их использованию организмом на органном, тканевом и клеточном уровне. Поэтому наши исследования и направлены на определение затрат субстратов на энергетические и пластические цели, на количественное предсказание продуктов переваривания в желудочно-кишечном тракте, которые пойдут на образование составных частей молока или другой продукции.

Использование принципа субстратного обеспечения продуктивных функций для нормирования питания выгодно не только для поддержания высокой продуктивности, но и для управления качеством продукции за счет подбора определенного количества и соотношения субстратов (Харитонов, 2001, 2004). Разработка способов количественной оценки образования и расходования субстратов на продуктивные цели является предметом интенсивных разработок, ведущихся в США, Великобритании, Германии, Дании.

В своих исследованиях по развитию теории питания животных, т.е. по совершенствованию оценки питательности кормов и нормированию питания, мы ставили следующие задачи:

- установить оптимальные потребности организма молочных коров в пластических и энергетических субстратах на основе определения количества основных субстратов (ацетат, пропионат, бутират, глюкоза, аминокислоты, высшие жирные кислоты), поглощаемых стенкой желудочно-кишечного тракта, печенью и молочной железой, количественной оценки их использования в энергетических и биосинтетических процессах с учетом общих затрат энергии на поддержание и синтез продукции;

- на основе изучения процессов пищеварения в различных сегментах желудочно-кишечного тракта разработать способ расчета доступности питательных веществ кормов к перевариванию и способ расчета количества образующихся субстратов - конечных продуктов переваривания питательных веществ кормов, создать первичный банк данных питательной ценности основных кормов с характеристиками их доступности для переваривания в преджелудках и кишечнике;

- оценить на лактирующих коровах в условиях эксперимента и в научно-хозяйственных опытах эффективность нормирования питания, обеспечивающего оптимизацию рационов по количеству и соотношению конечных продуктов переваривания.

Для решения поставленных задач в условиях вивария института проведено 18 балансовых и 18 суточных опытов по определению переваривания питательных веществ в преджелудках и кишечнике, 35 инфузионных опытов, в которых изменяли соотношение всасываемых субстратов путем инфузии отдельных субстратов или их комбинаций, определяли распределение потоков метаболитов в организме и эффективность их использования. В 8 опытах регистрировали региональный кровоток и оценивали субстратный баланс в молочной железе. С целью оценки эффективности нормирования питания высокопродуктивных коров по критерию оптимального баланса потоков всасывания проведено 10 кормленческих и 6 научно-хозяйственных опытов. Для этих исследований в виварии института использовано 20 сложнооперированных лактирующих коров с канюлями рубца, двенадцатиперстной кишки, канюлями на воротной вене, выведенной под кожу сонной артерией и датчиками кровотока на воротной вене и срамной артерии. В условиях хозяйств опыты проведены на 120 коровах.

Опыты на оперированных животных проводили с целью изучения основных этапов превращения питательных веществ корма в различных отделах пищеварительного тракта, поступления их в кровь и использования в синтезе компонентов молока. По показателям артерио-венозной разницы судили об эффективности поглощения молочной железой глюкозы, ЛЖК, кетоновых тел, НЭЖК, триацилглицеролов, ВЖК, свободных аминокислот и мочевины и оценивали уровень обеспеченности синтеза молока метаболитами-предшественниками (Методы..., 1997). Во все периоды опытов использовали типовые сено-силосно-концентратные рационы, обеспечивающие разный уровень образования и всасывания конечных продуктов переваривания.

Полученные нами данные по поступлению в кровь воротной вены конечных продуктов переваривания и метаболитов на типовых рационах показали, что у коров при продуктивности 5-10 кг молока затраты на поддержание функции пищеварительного тракта составляют 31% от ОЭ, а у коров при продуктивности 20 кг молока -27,6%. Анализ этих данных показал, что затраты энергии на всасывание линейно зависят от обменной энергии ( $y = ОЭ \cdot 0,24 - 0,135$ ,  $R^2=0,95$ ), т.е., на каждый 1 МДж инкремента ОЭ дополнительные затраты энергии на всасывание составляют 0,24 МДж. Нами установлено, что в среднем затраты метаболизируемой энергии в стенке пищеварительного тракта представлены на 17% ацетатом, на 20% пропионатом, 20% -бутиратом, 25% - аминокислотами и 18% - глюкозой. Эти данные по использованию метаболитов в стенке пищеварительного тракта нами учитывались при расчете потребностей в субстратах.

Нами также обобщены данные по расходу предшественников – субстратов и энергетических эквивалентов (АТФ и НАДФН) на образование основных компонентов молока (белка, жира и лактозы), исходя из стехиометрии биохимических реакций их образования и с учетом опытных данных по поглощению и использованию субстратов в молочной железе (табл. 1).

**Таблица 1. Потребность молочной железы в пластических и энергетических субстратах**

Вид продукта, на 100 г	Пластический предшественник, г				Энергетические потребности, моль	
	глюкоза	ацетат	аминокислоты	ВЖК	АТФ, моль	НАДФН, моль
Лактоза	105,3	0	0	0	0,83	0
Белок	100		100	0	7,2	0
Липиды: пальмитат	0	187,5	0	0	9,43	5,46
глицерин	90	0	0	0	4	0
Триацилглицеролы	0	0	0	89,3	0,7	0

Согласно этим данным, на производство 20 кг молока стандартного состава (846 г лактозы, 680 г белка, 800 г жира) требуется: 1244 г глюкозы (на синтез лактозы и НАДФН); 593 г ацетата (на синтез 99 моль АТФ); 675 г ацетата (на синтез 50% ВЖК); 360 г ВЖК; 675 г аминокислот.

Оценив потребности молочной железы на продукцию молока определенного состава, потребности организма на поддержание, дополнительные затраты на переваривание и всасывание, а также затраты на переработку всасывающихся субстратов в стенке желудочно-кишечного тракта, печени и почках, мы смогли определить общие потребности в пластических субстратах и энергетических эквивалентах для коров разной живой массы и продуктивности (табл. 2).

Изучение эффективности синтеза компонентов молока в зависимости от соотношения субстратов, определяющих состав обменной энергии показало, что наименьшие потери тепла происходят при увеличении в составе обменной энергии готовых предшественников компонентов молока. Так, увеличение в составе обменной энергии такого субстрата как высокомолекулярные жирные кислоты (ВЖК) всегда приводит к снижению общей теплопродукции на килограмм выделенного молока и соответственно к повышению эффективности молокообразования. Наиболее эффективный синтез молока происходил при содержании в составе ОЭ 12-13% ВЖК, по сравнению с энергозатратами на синтез молочного жира из низкомолекулярных предшественников – ацетата и кетоновых тел. Поставка в молочную железу готовых высших жирных кислот приводила к снижению потребности в энергии на 10–15%, в результате чего эффективность синтеза повышалась. При этом эффективность использования обменного протеина на синтез молочного белка не изменялась у коров до 90-го дня лактации, но заметно снижалась в более поздние сроки лактации, что связано, возможно, с ингибированием секреции соматотропного гормона за счет повышенного поступления жиров (Casper, Schingoethe, 1989).

Таблица 2. Потребности молочных коров в субстратах и энергетических эквивалентах при нулевом балансе энергии (состав молока: лактоза-4,5%, жир- 4%, белок- 3,4%)

ЖМ	Удой	АТФ, моль/сутки						НАДФН, моль/сутки	Субстраты, г/сутки			
		кг	кг	синтез молока	глюко- неогенез	синтез мочевины	пищеварение		основной обмен	сумма	аминокисло- ты	глюкоза
350			77	39,0	9,8	315	303	745,4	18,5	1049	1059	421
400	15		77,3	39,5	10,4	316	335	779,6	19,0	1076	1066	438
450			77,3	40,3	11,0	326	366	822,1	19,5	1103	1074	456
350			103	50,5	11,2	388	303	857,5	23,5	1314	1394	519
400	20		103	51,4	11,8	396	335	898,1	24,0	1341	1402	537
450			103,	52,3	12,4	408	366	942,5	24,5	1367	1409	555
500			103	52,5	12,9	416	397	982,1	25,0	1392	1417	573
450			129	62,7	13,8	484	366	1057,	29,5	1631	1744	654
500	25		129	63,0	14,4	489	396	1093	29,9	1657	1752	672
550			129	63,1	14,8	489	426	1123	30,5	1682	1760	689
450			154	72,2	15,3	548	366	1158	34,4	1896	2080	753
500	30		154	73,8	15,8	560	397	1201	34,9	1921	2087	770
550			154	74,7	16,4	570	426	1242	35,5	1946	2095	788
600			154	75,6	16,9	580	455	1282	36,0	1970	2103	806
500			180	84,4	17,3	630	397	1309	39,9	2186	2423	869
550	35		180	85,1	17,8	638	426	1348	40,4	2211	2430	887
600			180	86,0	18,3	651	455	1391	40,9	2235	2438	905
600			206	97,7	19,8	719	455	1498	45,9	2499	2773	1004
650	40		206	98,9	20,3	733	483	1542	46,4	2523	2781	1021
700			206	99,6	20,8	741	511	1579	46,9	2546	2788	1039

В опытах обнаружено, что увеличение поглощения секреторными клетками молочной железы пальмитиновой кислоты и короткоцепочечных жирных кислот обеспечивает повышение жирности молока и, соответственно, выход молочного жира (от 6,6 до 16%). При этом за счет сокращения затрат на синтез жирных кислот эффективность использования ОЭ на молокообразование увеличивается в среднем с 62 до 65 %.

В кормленческих опытах установлено, что при включении в рационы коров говяжьего жира меньше ВЖК используется на теплопродукцию, но больше их участвует в биосинтезе молочного жира. В результате этого с молоком выводится на 150 г жира больше, при том же удое. Эффективность использования ОЭ на молокообразование составляет при применении говяжьего жира 68%, а свиного – 64,6%, при сниженных темпах мобилизации субстратов из жировой и мышечной ткани.

Увеличение в составе ОЭ доли других компонентов – ацетата, глюкозы, пропионата и аминокислот не привело к достоверному изменению эффективности использования энергии и обменного белка на продуктивные цели. В то же время с 90-го дня лактации у коров существенно начинает возрастать ответная реакция инсулярного аппарата на поступление в организм глюкозы и пропионата, что приводит к перераспределению потоков субстратов с синтеза молочного белка на их отложение в теле животных.

Изучение процессов рубцового и кишечного пищеварения у коров позволило нам предложить ряд дополнительных критериев полноценности питания, учет которых позволяет точнее прогнозировать поступление субстратов в метаболический пул организма. К примеру, мы определили, что превышение поступления в кишечник крахмала – основного источника глюкозы для жвачных, свыше 1000 г приводит к прогрессивному снижению его переваримости (Харитонов и др., 2001), а повышение уровня липидов в рационе свыше 4% от сухого вещества рациона снижает переваримость фракций клетчатки (Харитонов, 2004).

Таким образом, на основании проведенных опытов по изучению превращения всосавшихся субстратов в организме коров, эффективности их использования на образование продукции, а также исходя из особенностей пищеварения жвачных, гормонального статуса коров в разные фазы лактации и уровня синтеза компонентов молока нами разработаны нормы потребности лактирующих коров в обменной энергии и составляющих ее субстратах (табл. 3, 4).

Для прогноза потоков всасывания субстратов из пищеварительного тракта на конкретных рационах нами разработана методика расчета, основанная на данных о степени переваривания питательных веществ отдельных кормов в рубце и кишечнике, определенных методом мобильных мешочков (Voing et al., 1985) или о их доступности, полученных путем инкубации образцов кормов в рубце и кишечнике *in sacco* на типовом рационе. В ходе расчетов эти данные корректируются для данного конкретного рациона с учетом установленных нами основных взаимовлияний составных частей рациона на процессы переваривания. Таким образом, становится возможным балансировать рационы по уровню и соотношению всасывания основных субстратов в соответствии с метаболическими потребностями организма животного.

Применение установленных нами норм потребностей, рассчитанных с учетом субстратной обеспеченности метаболизма, позволяет получать молочную продукцию с более высокой эффективностью, более полно использовать генетический потенциал животных и поддерживать лактационную кривую на более высоком уровне во все фазы лактации.

**Таблица 3. Нормы обменной энергии и оптимальные соотношения основных питательных веществ (% от обменной энергии в энергетических эквивалентах) для половозрелых молочных коров в первую фазу лактации (содержание жира в молоке – 4%, белка – 3,4%)**

Удой, кг	Живая масса, кг	Обменная энергия, МДж	% от ОЭ					
			ВЖК	Аминокислоты	Глюкоза	Бутират	Пропионат	Ацетат
15	350	103,2	13,5	23	9	8,7	18	27,8
	400	107,6	13,5	23	9,2	8,8	17,3	28,2
	450	108,0	12	23	9,5	10	16	29,5
20	400	137,3	14	22	8,2	9	17,2	29,6
	450	140,2	13,7	21,9	8,4	9,5	16,5	30
	500	144,5	13	21,7	8,8	10	16,2	30,3
25	550	148,0	11	21,5	9	10	16	32,5
	450	155,0	14,1	23,5	8	9,2	17	28,2
	500	160,5	13,6	23,1	8,2	9,5	16,8	28,8
30	550	164,4	13,2	23	8,4	10	16,6	28,8
	550	189,5	14	22,4	7	8,8	18,8	29
	600	195,8	13,5	22	7,2	9	18,6	29,7
35	650	203,9	12	21,9	7,5	9,3	18	31,3
	700	200,7	11,5	21,5	7,8	10	17,6	31,6
	550	211,8	14,4	23,3	6,4	9,2	18,5	28,2
35	600	218,8	13,9	22,8	6,5	9,4	17,5	29,9
	650	226,1	13	22,6	6,8	9,8	17,2	30,6
	700	226,1	12	22,3	6,9	10	17	31,8

**Таблица 4. Нормы обменной энергии и оптимальные соотношения основных субстратов (% от обменной энергии в энергетических эквивалентах) для половозрелых молочных коров во вторую фазу лактации (содержание жира в молоке – 4%, белка – 3,4%)**

Удой, кг	Живая масса, кг	Обменная энергия, МДж	% от ОЭ					
			ВЖК	Аминокислоты	Глюкоза	Бутират	Пропионат	Ацетат
15	350	112,7	11	21	9	10	17,5	31,5
	400	116,5	10,5	21	9	10,3	17	32,2
	450	120,2	9,6	20,7	9	11	16,5	33,2
20	400	148,6	11	20,2	7	10	19	32,8
	450	155,8	10,5	20,1	7,1	10	18,9	33,4
	500	159,5	9,3	20	7,3	11	17,1	35,3
25	550	163,0	8,2	20	7,5	12	16	36,3
	450	171,1	11,5	21,3	7	10	18,4	31,8
	500	174,7	11,2	21,2	7,2	10	18	32,4
30	550	178,2	10,1	21,1	7,5	11	17	33,3
	550	203,7	11,5	21,3	7	10	20	30,2
	600	207,1	11	21,3	7	10	19	31,7
35	650	210,5	10,5	21,2	7,2	10	19	32,1
	700	213,8	10	21,1	7,3	11	17	33,6
	550	229,1	11,5	21,5	6	9,6	19,7	31,7
35	600	232,5	11	21,4	6,2	9,7	19,6	32,1
	650	235,9	10,5	21,4	6,4	9,8	19,1	32,8
	700	239,2	10	21,3	6,5	10	17,9	34,3

Помимо норм потребности в указанных выше метаболитах, требуют уточнения и нормы потребности в аминокислотах на отдельные функции организма животных, т.к. для высокопродуктивных коров, наряду с белковым, особую значимость имеет и аминокислотное питание. При одинаковом содержании в рационе протеина и его фракций (распадаемый, нераспадаемый протеин), молочная продуктивность и эффективность использования доступного белка будут зависеть от сбалансированности смеси аминокислот, поступающей в кровь из пищеварительного тракта.

Для оценки обеспеченности животных лимитирующими аминокислотами в серии опытов определяли темпы поступления и использования аминокислот в организме лактирующих коров: всасывание, поступление в кровь с эритроцитарной массой и в свободном виде, межклеточный обмен и использование в синтезе белков молока.

На основании полученных данных нами уточнены потребности в обменных аминокислотах для синтеза 1 кг молока с содержанием 3,4 % белка и нормы их содержания в составе обменного белка, которые составляют (в % от обменного белка): метионин - 2,0%, лейцин - 6,8%, фенилаланин - 4,3%, лизин - 7,6%, гистидин - 2,6% (Кальницкий, Харитонов, 2004).

Проверка рассчитанных факториальным способом потребностей в аминокислотах, проведенная в физиологических опытах на коровах с продуктивностью 25 кг молока при изменении обеспеченности метаболических процессов отдельными аминокислотами (лизином, метионином, гистидином, лейцином, фенилаланином) путем инфузии их в разных дозах в дуоденум в течение 5 суток, показала, что расчет довольно точно отражает истинную потребность в аминокислотах.

Установленные нами взаимосвязи по усвоению отдельных аминокислот в кишечнике от степени распада протеина в преджелудках, а также данные по аминокислотному составу фракций протеина кормов, скорости освобождения отдельных аминокислот из нерастворимой распадаемой фракции и скорости эвакуации кормовых частиц из преджелудков дали возможность определить доступность основных аминокислот из различных белковых источников, что позволяет, как показали научно-хозяйственные опыты, проводить балансирование рационов по аминокислотам с учетом их доступности и повышать эффективность использования протеина кормов на образование молока.

Следующим этапом исследований являлась оценка эффективности нормирования питания лактирующих коров на основе оптимизации рационов по количеству и соотношению конечных продуктов переваривания.

Экспериментальная проработка поставленных задач осуществлялась методом групп-периодов в опытах на половозрелых высокопродуктивных коровах в первые месяцы лактации (30-130 день лактации). Проведено четыре периода опыта на 25-, 55-, 85- и 120-й день лактации. Коровы контрольной группы получали рацион согласно существующим нормам, а коровы опытной группы - рацион, оптимизированный согласно разработанным нами нормам по составу обменной энергии и обменного протеина.

На пике молочной продуктивности удой в опытной группе составил  $28,9 \pm 0,87$  кг, а в контрольной  $27,6 \pm 1,63$  кг (4,7%). На 55-й день разница в продуктивности составила 15,7%, на 85-й - 12,5%. В дальнейшем на одинаковых рационах удой в опытной группе был выше, чем в контрольной на 115-й день на 12,5% и на 153-й день на 19,6% (рис. 1).

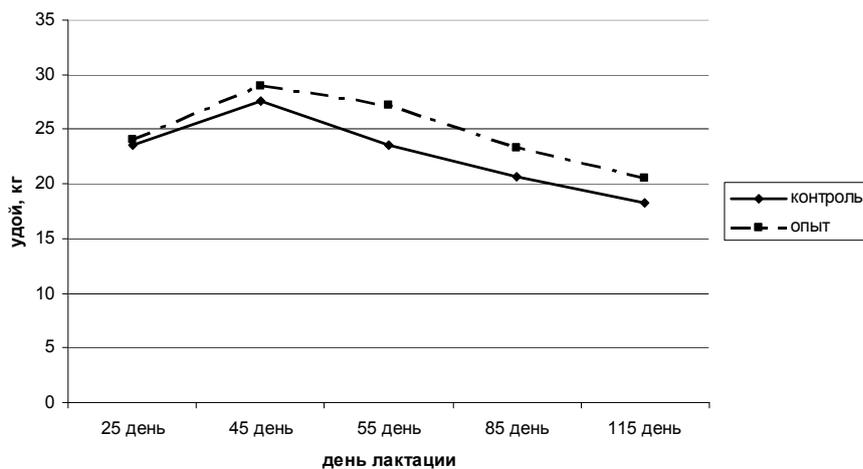


Рис.1. Молочная продуктивность коров в начале лактации

Общая эффективность использования обменной энергии на образование молока достигала в контрольной группе 46,2%; 41,1% и 36,2%, а в опытной группе 55,4%, 45,4 и 40,6%. За счет оптимизации аминокислотного питания эффективность использования азота в опытной группе достоверно возросла с 40,3 до 52,5% (протеин молока от переваренного протеина корма) на втором месяце лактации, с 38,5 до 41,2 – на третьем и с 37,8 до 43,2 – на четвертом. Следовательно, за счет дополнительной оптимизации рационов с учетом субстратной обеспеченности энергетического обмена и синтеза компонентов молока можно повысить эффективность использования обменной энергии и обменного протеина на образование молока.

Для проверки на практике разработанных нами норм потребностей в субстратах и отдельных незаменимых лимитирующих аминокислотах были проведены научно-хозяйственные опыты в стадах с разным уровнем молочной продуктивности (ПХ «Пушкинское» Нижегородской области (продуктивность 8-9 тыс. кг молока), колхоз им. Ленина Жуковского района Калужской области, (продуктивность 6 тыс. кг молока) и ОПХ «Ермолино» Боровского района Калужской области (продуктивность 4-4,5 тыс. кг молока).

В результате оптимизации рационов у коров с продуктивностью выше 30 кг молока в опытной группе продуктивность увеличилась на 6,5% за весь период опыта (рис. 2). Более значительно возросла в опытной группе продукция молочного жира – на 15% и белка на 11%.

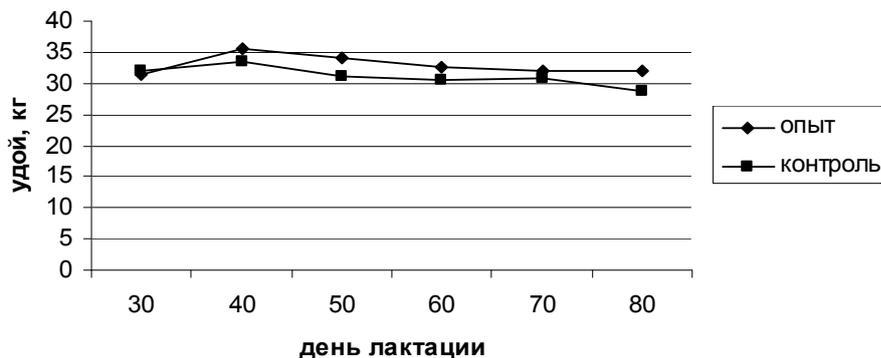


Рис.2. Динамика молочной продуктивности коров

В опытной группе величина отрицательного баланса энергии составила 13,4 МДж, в контрольной группе - 23 МДж. На конец опыта (80-й день лактации) в опытной группе было уже осеменено 7 коров, а в контрольной только две.

Проверка разработанных норм потребности в субстратах в условиях хозяйства (колхоз им. Ленина Жуковского района Калужской области), в стаде с уровнем молочной продуктивности 6 тыс. кг молока также показала высокую эффективность разработанных новых норм. Так, молочная продуктивность через месяц после начала опыта превышала контрольную на 9,9%, во второй на 7,5%, а на третий - 19,7% (рис. 3).

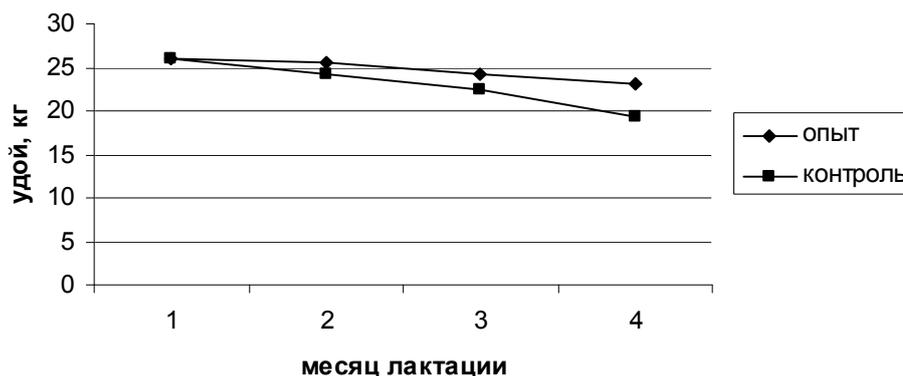


Рис. 3 Динамика молочной продуктивности коров в колхозе им. Ленина

Опыт, проведенный в условиях ОПХ «Ермолино» Боровского района Калужской области на коровах с годовой продуктивностью 4,5 тыс. кг молока, показал, что нормирование питания коров с учетом образования субстратов оказывается эффективным и для коров со средним уровнем продуктивности. Молочная продуктивность в опытной группе в среднем была выше, чем в контрольной на 12,8% (рис. 4).

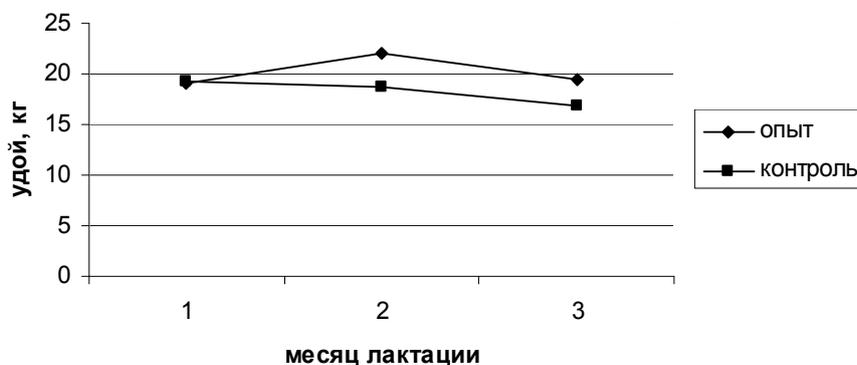


Рис. 4 Динамика молочной продуктивности коров в ОПХ «Ермолино»

Следовательно, располагая данными о доступности питательных веществ кормов к усвоению или перевариванию, полученными на основе инкубационных исследований, можно вести обоснованную оптимизацию рационов по критерию субстратного обеспечения продуктивных функций в условиях хозяйств.

Таким образом, главный принцип рационального питания - баланс энергии дополняется принципом балансирования основных метаболитов, исходя из биохимической эффективности процессов использования субстратов и особенностей пи-

щеварения животных. Эти теоретические положения доведены до уровня возможного использования в практике животноводства. Экспериментальная проверка эффективности нормирования питания высокопродуктивных коров показала, что за счет оптимизации рационов по соотношению субстратов - ацетата, пропионата, бутирата, глюкозы, аминокислот и высших жирных кислот в составе обменной энергии и по соотношению метионина, лизина, гистидина и лейцина в составе обменного протеина можно повысить на 5% эффективность использования питательных веществ на образование молока, увеличить продуктивность на 10-15% и снизить темпы мобилизации жировых депо на 30%, что подтверждает обоснованность разработанного нами нового подхода к нормированию питания молочного скота на основе расчета потребности и обеспеченности животных основными субстратами и лимитирующими аминокислотами.

Несмотря на обширный экспериментальный материал по вопросам физиологии и биохимии питания жвачных животных, для полной реализации субстратного принципа оптимизации рационов необходимы дальнейшие исследования по целому ряду вопросов. Необходимо углубить теорию в направлении моделирования баланса потоков основных энергетических и пластических субстратов и метаболитов на уровне органов и тканей. Недостаточно исследований по изучению вопроса о возможности целенаправленной регуляции образования отдельных субстратов в пищеварительном тракте и межклеточном обмене с тем, чтобы кормовыми, химическими и биологическими факторами изменять и корректировать направленность превращений и переваривание питательных веществ корма и соответственно - конверсию субстратов в продукцию животноводства нужного качества.

Задачами дальнейших исследований являются: расширение банка данных по кормам с учетом доступности питательных веществ к перевариванию; поиск регуляторных факторов управления наработкой конечных продуктов переваривания и изучение особенностей метаболизма голштинизированного молочного скота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Харитонов Е.Л. Физиологическое обоснование оптимальных соотношений субстратов в составе обменной энергии для молочных коров. Труды ВНИИФБиП, 2004, 43: 83-92.
2. Кальницкий Б.Д., Харитонов Е.Л. К вопросу о нормировании аминокислотного питания молочного скота. Доклады РАСХН, 2004, 3:24-27
3. Харитонов Е.Л., Материкин А.М. Принципы расчета образования субстратов и метаболитов в желудочно-кишечном тракте жвачных животных. Доклады РАСХН, 2001,1:33-37.
4. Методы биохимического анализа, Боровск, 1997.
5. Casper D.P., Schingoethe D.J. Model to describe and alleviate milk protein depression in early lactation dairy cows fed a high fat diet. J. Dairy Sci., 1989, 71:3327-3335.
6. Kalnitsky B.D., Kharitinov E.L. Modern approaches to estimation of feed value and to rationing ruminant nutrition. J. Anim. and Feed Sci., 2001, 10, 1:105-114.
7. Voigt J., Piatkowsky B., Engelmann M. Measurement of the postprandial digestibility of crude protein by the bag technique in cows. Arch. fur Tierernahr., 1985, 35, 8: 555-562.

**Current state and perspectives in the development of animal nutrition theory based on the conception of substrate providing of productive functions**

E.L. Kharitonov

*Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals,  
Russian Agricultural Academy*

In the series of physiological experiments it has been demonstrated that energetic efficiency of each component of production process (maintenance, milk secretion, deposition and fetus growth) to a large extent depends on the level and ratio of absorbable and metabolizable substrates. Prediction of main substrate flows and essential nutritional factors limiting biosynthesis, besides metabolizable energy and nitrogen equivalents intake, has been shown to have potential to give scientific basis for rationing nutrition which is adequate to physiological requirements and genotypes.

Results of experiments performed on high-yielding cows indicate an applicability of concept of ration optimization based on a prediction of absorption rates of main end digestion products and metabolic requirements for acetate, propionate, butyrate, glucose, amino acids and the long-chain fatty acids and on the relative ratio of methionine, lysine, histidine and leucine in metabolizable protein. The experimental verification of this concept indicated that feeding of rations calculated to meet substrate requirements does increase in lactating cows the efficiency of nutrients utilization for milk formation by 5 %, overall efficiency by 10-15 % and decrease mobilization of fat depot up to 30 %. The data obtained may be used as a basis for feed rationing taking into account the substrate evaluation of feeds and tissue requirements for main substrates.

*Key words: lactating cows, nutrients utilization, requirements for substrates, ration optimization*

*Prob. Prod. Anim. Biol., 2007, 1: 21-31*