

**Всероссийский научно-исследовательский институт
физиологии, биохимии и питания животных- филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К.
Эрнста**



**ОБРАЗОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕВАРИВАНИЯ КОРМОВ В
ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ В ЦЕЛЯХ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИХ ПИТАНИЯ**

Д.б.н., профессор Харитонов Е.Л.



- Основные принципы нормированного кормления
- 1. Кормление должно быть организовано так, чтобы продуктивность коров была использована в полной мере.
- 2. Кормление должно быть равномерным в течении года.
- 3. Рационы должны быть разнообразны по кормам
- 4. Нужно стремиться к тому, чтобы каждая корова получала корм в соответствии с ее живым весом, кондициям, продуктивностью и индивидуальными особенностями (возраст).
- «В значительном числе хозяйств пока довольно широко применяют кормление групповое или по классам. Это конечно шаг вперед по сравнению с ненормированным кормлением, но нужно идти вперед и стремиться, по-возможности, к индивидуальному нормированному кормлению.»
- И.С. Попов Кормление с.-х. животных 7-е перер. Изд. ОГИЗ-Сельхоз, Москва, **1946 г.**

- 1. сахаро-протеиновое отношение
(Попов И.С.)
- 2. Нормы ЛПУ
- 3. (сегодня)РП / ЛПУ
- 4. (завтра) растворимый протеин/сахар
- средне и быстро распадаемый протеин/
крахмал
- медленно распадаемый
протеин/распадаемые геми и
целлюлозы



Использование сложнооперированных животных –
необходимое условие для проведения исследований



Определение объемной
скорости кровотока по
молочной железе при инфузии
различных субстратов в
пищеварительный тракт.



Проведение
газообмена в условиях
хозяйств



Получение проб рубцового
содержимого в условиях
хозяйств



Анализ биологических
объектов современными
методами – важная часть
исследований питания
животных

Основные положения системы питания высокопродуктивного молочного скота

- Эффективность использования обменной энергии на молокообразование зависит от ее состава, а эффективность использования обменного протеина от сбалансированности его аминокислотного состава (Блэкстер).
- Вне конкретных условий кормления (уровень кормления, состав рациона) нельзя определить (прогнозировать) питательность корма (энергетическую –обменная энергия и протеиновую- обменный протеин) (Денисов Н.И.) Рациона!

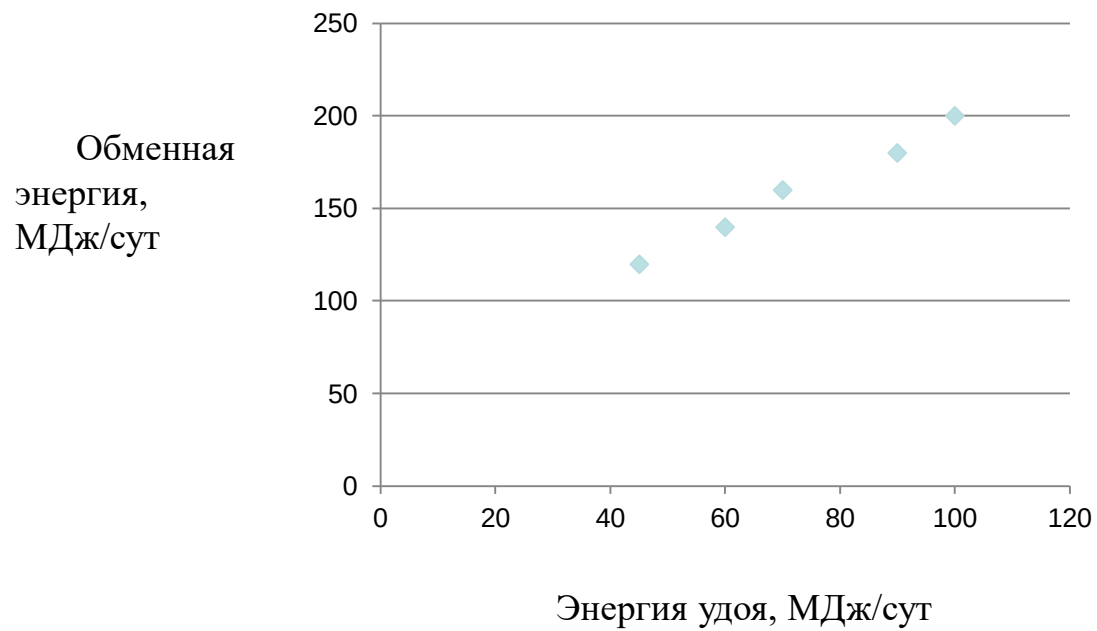
$$\text{ОЭ} = 17,46 \text{ пП} + 31,23 \text{ пЖ} + 13,65 \text{ пК} + 14,78 \text{ пБЭВ}$$

$$\text{ОЭ} = 17,3 \text{ ПП} + 34 \text{ ПСЖ} + 15,9 \text{ Крах.} + 15,1 \text{ Сах.} + 15,4 \text{ ПЦелл.}$$

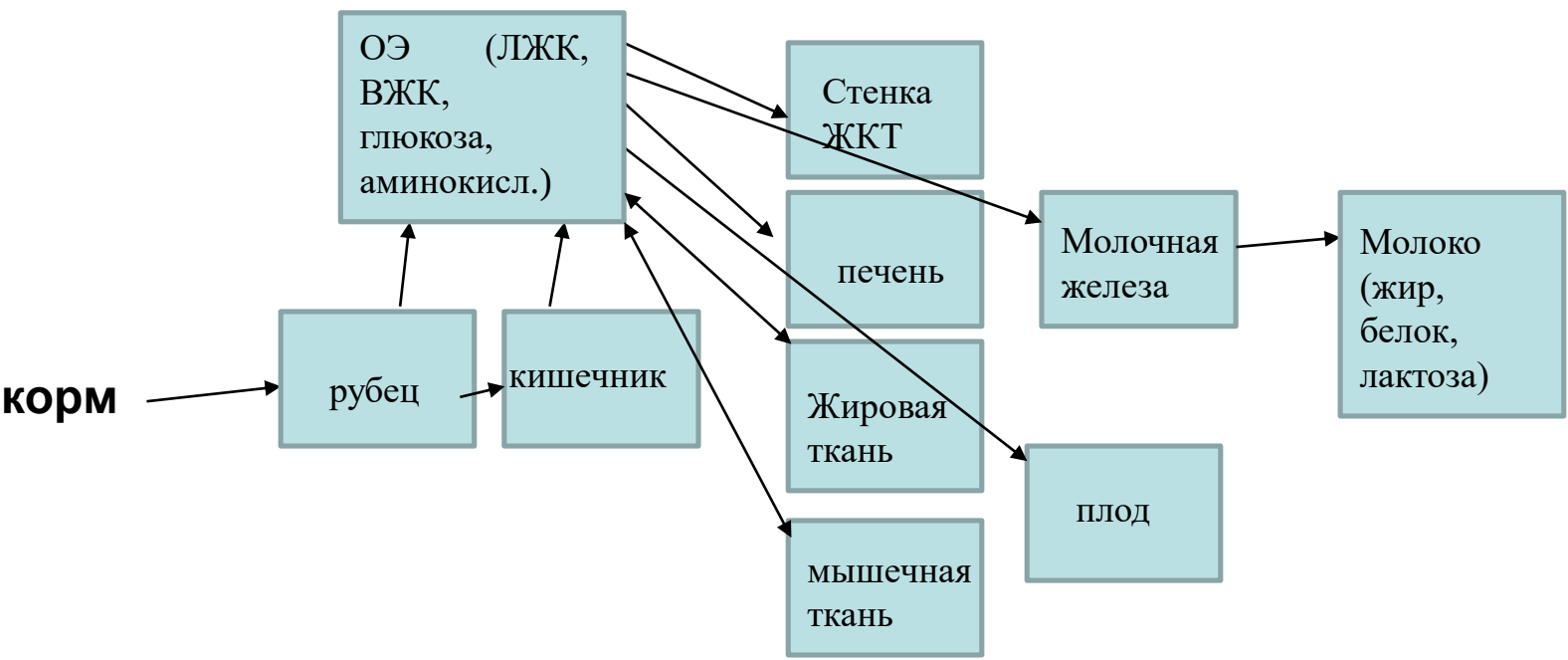
где ПП–переваримый протеин, ПСЖ–переваримый сырой жир, Крах–крахмал рациона, ПЦелл.– Переваримая целлюлоза.

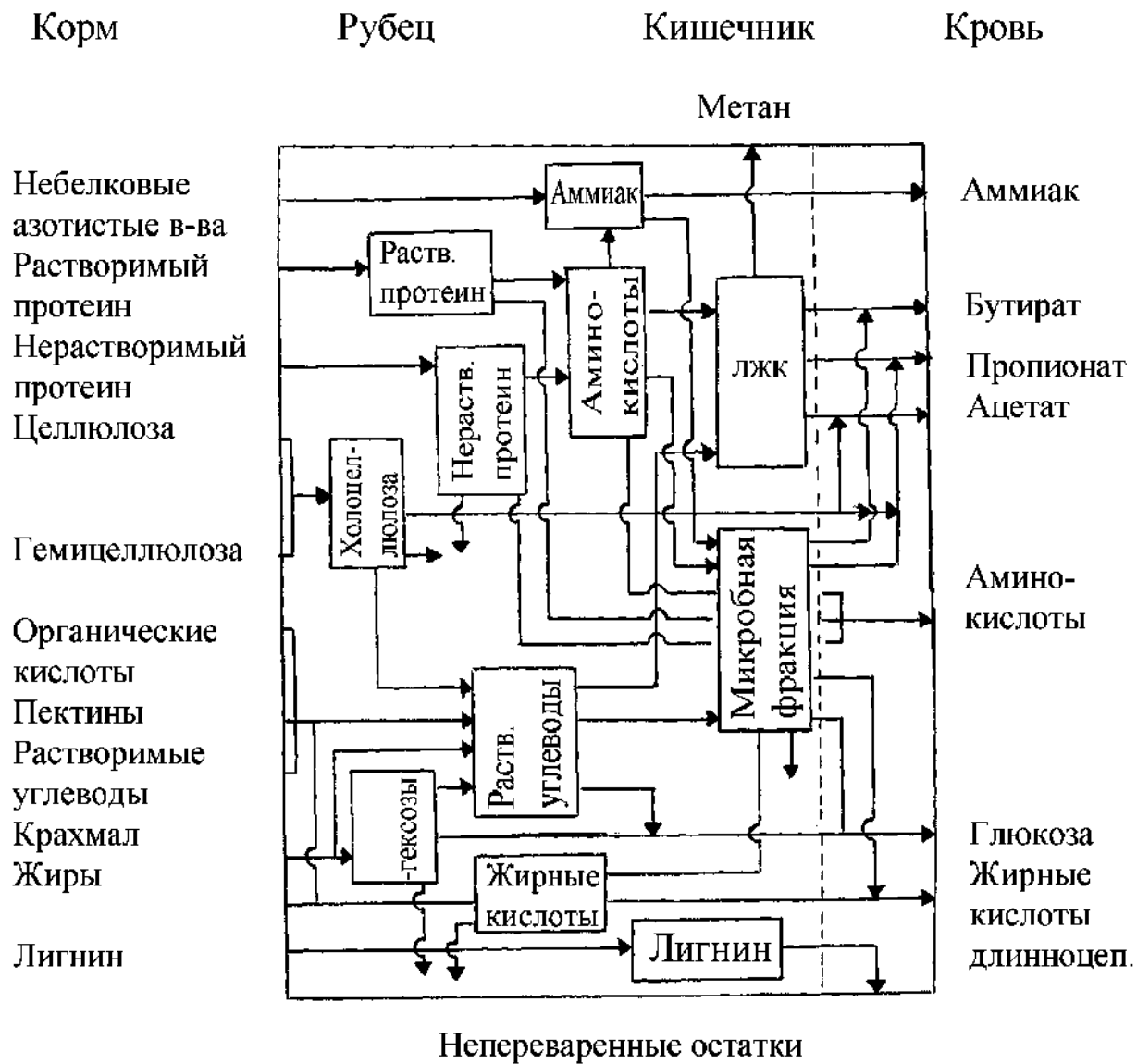
Сумма всосавшихся субстратов

$\text{ОЭ} = \text{ЭАмин.} + \text{Э Жк.} + \text{Э Глюк.} + \text{Э Ацет.} + \text{Э Проп.} + \text{Э Бут.}$; где
ЭАмин. – энергия всасывающихся аминокислот; Жк - энергия жирных кислот, Глюк. - энергия глюкозы, Проп. - энергия пропионата, Ацет. - энергия ацетата, Бут. - энергия бутирата.



Потребность ОЭ=Эподд+Эмолока*Эфл+Эпривес+Эфп+Эплод*Эфпл-Эмобилизации*Эфмоб





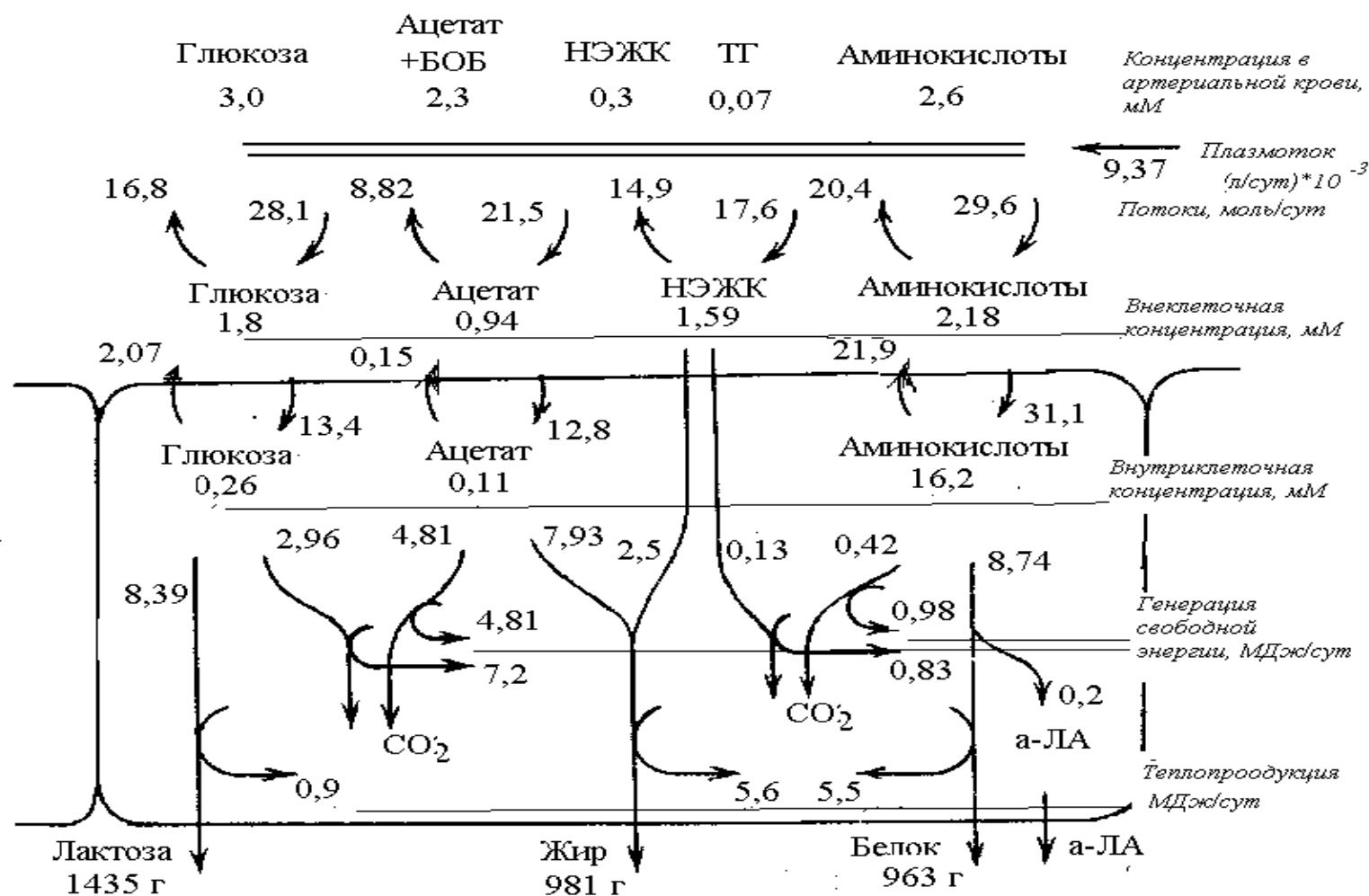


Рис. Диаграмма метаболических потоков в молочной железе коровы с удоем 30 кг во второй половине лактации при содержании белка 3,2%, жира 3,3% и заданных концентрациях субстратов в крови. Приведены значения стационарных тканевых концентраций, метаболических потоков, генерации свободной энергии (при окислении глюкозы, ацетата, жирных кислот и аминокислот) и теплопродукции.

Энергия всосавшихся субстратов – 110 МДж
 Энергия молока 50 МДж
 Теплопродукция 85 МДж
 Баланс энергии – 27 МДж

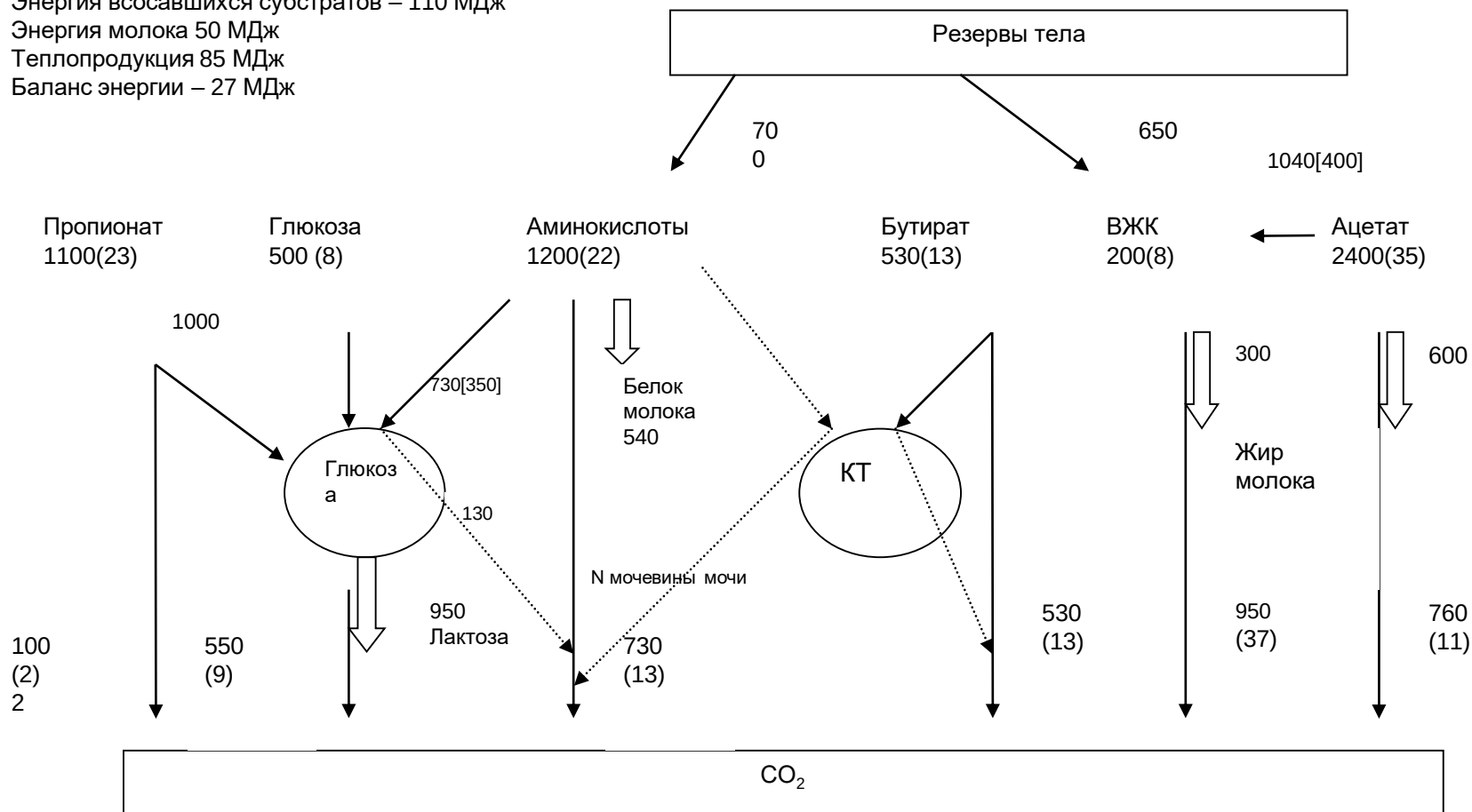


Рис. 2. Параметры взаимопревращения, использования для синтеза компонентов молока и окисления до CO₂ основных групп нутриентов у коровы с удоем 17 кг в начальной фазе лактации (жирность 3,6%, белок 3,2%, ДК=0,8). Цифры при обозначениях нутриентов означают потоки всасывания, г/сут; то же в круглых скобках - в МДж/сут. Цифры справа или слева от черной стрелки, обозначающей поток использования, означают скорость использования данного субстрата в организме по данному метаболическому пути (г/сут). Светлые стрелки – потоки использования субстрата для продукции компонентов молока. В квадратных скобках указано значение потока, выраженное по отношению к продукту (г продукта/сут). Пунктирная стрелка означает, что данный поток учитывается при вычислении калорического эквивалента прямого пути окисления субстрата.

Сравнение методов анализа кормов

Зооанализ		Химический анализ		
100%	Сырая зола	Сырая зола		Содержимое клетки
	Сырой протеин	Сырой протеин	растворимый, распадаемый , нераспадаемый- переваримый	
	Сырой жир	Липиды		
	БЭВ	Сахара		
		Фруктозаны		
Крахмал (растворимый, распадаемый , нераспадаемый- переваримый)				
50%	БЭВ	пектины		
		Гемицеллюлозы	НДК	
		Сырая клетчатка		Целлюлоза
	Лигнин			

Для решения поставленных задач в условиях вивария института проведено 18 балансовых, 18 суточных опытов по определению переваривания в преджелудках и кишечнике, 35 инфузионных опытов, 8 опытов по определению кровотока по молочной железе, 20 кормленческих и 10 научно-хозяйственных опытов. За все время на виварии института использовано 20 сложнооперированных и 30 intactных коров и 140 коров в условиях хозяйств.

Исследования выполнены на лактирующих коровах с канюлями рубца, двенадцатиперстной кишки, канюлями на воротной вене, выведенной под кожу сонной артерией и датчиками кровотока на воротной вене и срамной артерии с целью изучения основных этапов превращения питательных веществ корма в различных участках пищеварительного тракта, поступления их в кровь и использования в синтезе компонентов молока.

Алгоритм расчетов оценки кормов по доступности питательных веществ к перевариванию

1) распадаемость (СП, аминокислот, клетчатки, крахмала, сахаров)

$$P=A+(BC)/(C+K)$$

А-растворимость

В -распадаемая фракция

С –скорость распада

(поправки на состав рациона)

к-скорость оттока из рубца

$$K=0,048ПСВ/ОМТ+0,0315(\%НДК)-1,87$$

2) Переваримость в кишечнике

нераспавшейся фракции = f (распадаемости)

или метод in vitro

микробной фракции (70% для СП)

3) Всасывание = кормовые (аминокислоты) + микробные (аминокислоты) *

Фракционный состав сырого протеина кормов рационов

Корм	Растворимая фракция протеина (А), %	Распадаемая фракция протеина (В), %	Недоступная часть, 100-(А+В)	Скорость распада фракции В (С), Ед./час
Сено клеверо-тимофеечное	10	60	30	0,027
Сено разнотравное	15	45	40	0,070
Солома ячменная	5	60	35	0,080
Пшеница	25	70	5	0,13
Ячмень	15	80	5	0,07
Кукуруза	15	75	10	0,025
Овес	31	62	7	0,290
Соевый шрот тостированный	20	75	5	0,025
Соевый шрот нетостированный	20	75	5	0,042
Подсолнечный шрот	45	50	5	0,14
Горох	40	55	5	0,10
Кормовые бобы	10	85	5	0,18
Рапс	35	60	5	0,05
Средняя ошибка	2	2,5	0,78	0,002

Аминокислотный состав фракций белка подсолнечного шрота

Аминокислоты	Растворимый протеин			Нерастворимый распадаемый протеин				Недоступный протеин		
	% в СВ	% в СП	% от исходн кол-ва	% в СВ	% в СП	% от исход . кол-ва	Скорость расп. %/ч	% в СВ	% в СП	% от исход кол-ва
аспартат	1,19	9,3	39,7	1,7	11,0	57,1	3,2	0,1	9,8	3,5
треонин	0,57	4,4	41,3	0,75	4,8	53,6	3,1	0,07	3,9	5,6
серин	0,85	6,6	47,2	0,9	5,7	50,0	2,5	0,05	5,5	3,1
глутамат	3,26	25,5	50,1	3,11	9,9	47,7	2,4	0,15	14,7	2,3
глицин	0,71	5,5	40,9	0,97	6,2	55,8	3,0	0,06	6,2	3,6
аланин	0,96	7,5	48,8	0,97	6,2	49,0	2,4	0,05	4,9	2,6
цистин	0,42	3,3	64,0	0,25	1,6	7,3	1,3	0,00	0,0	0,0
валин	0,22	1,7	21,2	0,78	5,0	73,5	5,6	0,06	6,2	5,9
метионин	0,21	1,6	33,4	0,34	2,1	54,3	3,5	0,07	7,6	12,4

Доступность валлина для всасывания в кишечнике в зависимости от распадаемости.

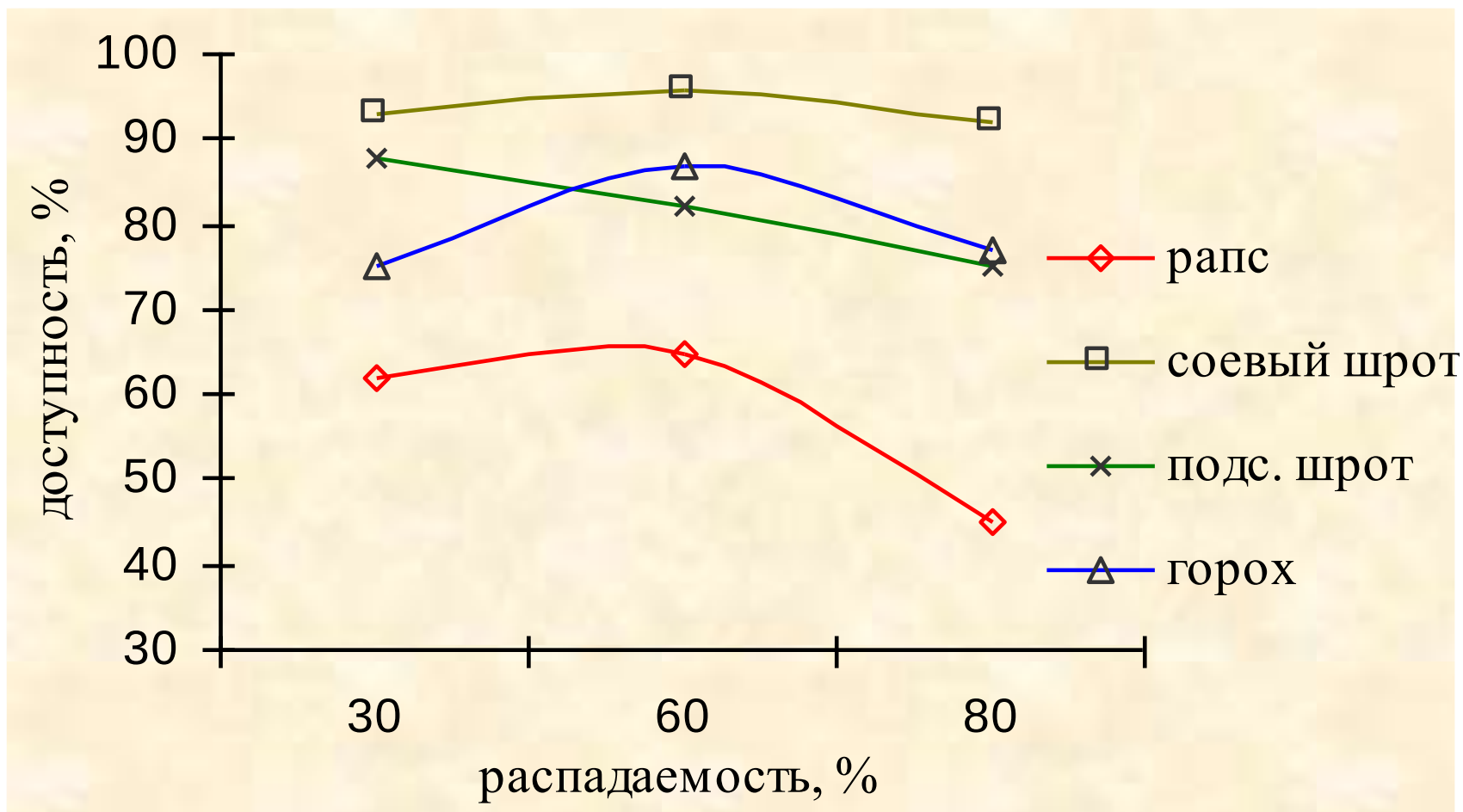


Таблица 1 Белково-аминокислотная характеристика «защищенного подсолнечного шрота»

Показатель	корм
	Подсолнечный шрот «защищенный»
Растворимость, а%	10,2
Нерастворимая распадаемая часть, в%	84,8
Скорость распада фракции в, %/час	2,0
Эффективная распадаемость при скорости оттока 8%/час, %	27,1
Переваримость протеина нераспавшейся части в кишечнике, %	93,1
Содержание доступного протеина в кг натурального корма, г	247,6
Содержание доступных аминокислот в кг натурального, г	232,1
Содержание доступного лизина в кг натурального корма, г	10,1
Содержание доступного метионина в кг натурального корма, г	4,3
Содержание доступного гистидина в кг натурального корма, г	6,5
Содержание доступного лейцина в кг натурального корма, г	20,5

Поступление кормовых аминокислот в кишечник (г/сутки)

Аминокислоты	Расчетные данные		Экспериментальные данные
	Способ 1	Способ 2	
Метионин	13	15	15
Гистидин	31	22	20
Лизин	63	56	57
Лейцин	101	59	53
Фенилаланин	48	43	44

Средняя скорость переваривания фракций клетчатки различных кормов в рубце

Корма	Скорость переваривания, %/час			
	НДК	КДК	Гемицел- люлозы	Целлюлозы
Сено разнотравное	0,012	0,013	0,011	0,017
Сено злаковое	0,021	0,018	0,025	0,023
Сено зл.-бобовое	0,029	0,026	0,033	0,031
Силос-кукурузный	0,015	0,0125	0,017	0,014
Силос зл.-боб. трав	0,017	0,017	0,011	0,029
Кукуруза	0,045	0,031	0,053	0,05
Пшеница	0,043	0,032	0,057	0,056
Ячмень	0,051	0,046	0,065	0,051
Соевый шрот	0,042	0,035	0,035	0,03
Свекла корм.	0,086	0,11	0,17	0,12
Трава зл.-бобовая	0,025	0,022	0,029	0,026

**Средние величины распадаемости сахаров в рубце
различных кормов.**

Корм	Распадаемость сахара за 12 часов инкубации	Скорость распада, %/час
Свекла кормовая	93,25	22,4
Сено разнотравно- злаковое	96,5	14,4
Силос кукурузный	95,9	13,1
Комбикорм	97,8	11,8
Шрот соевый	86,4	11,6
Пшеница	97,36	15,7
Ячмень	88,27	17,1
Кукуруза	96,01	20,0
Овес	94,5	16,8

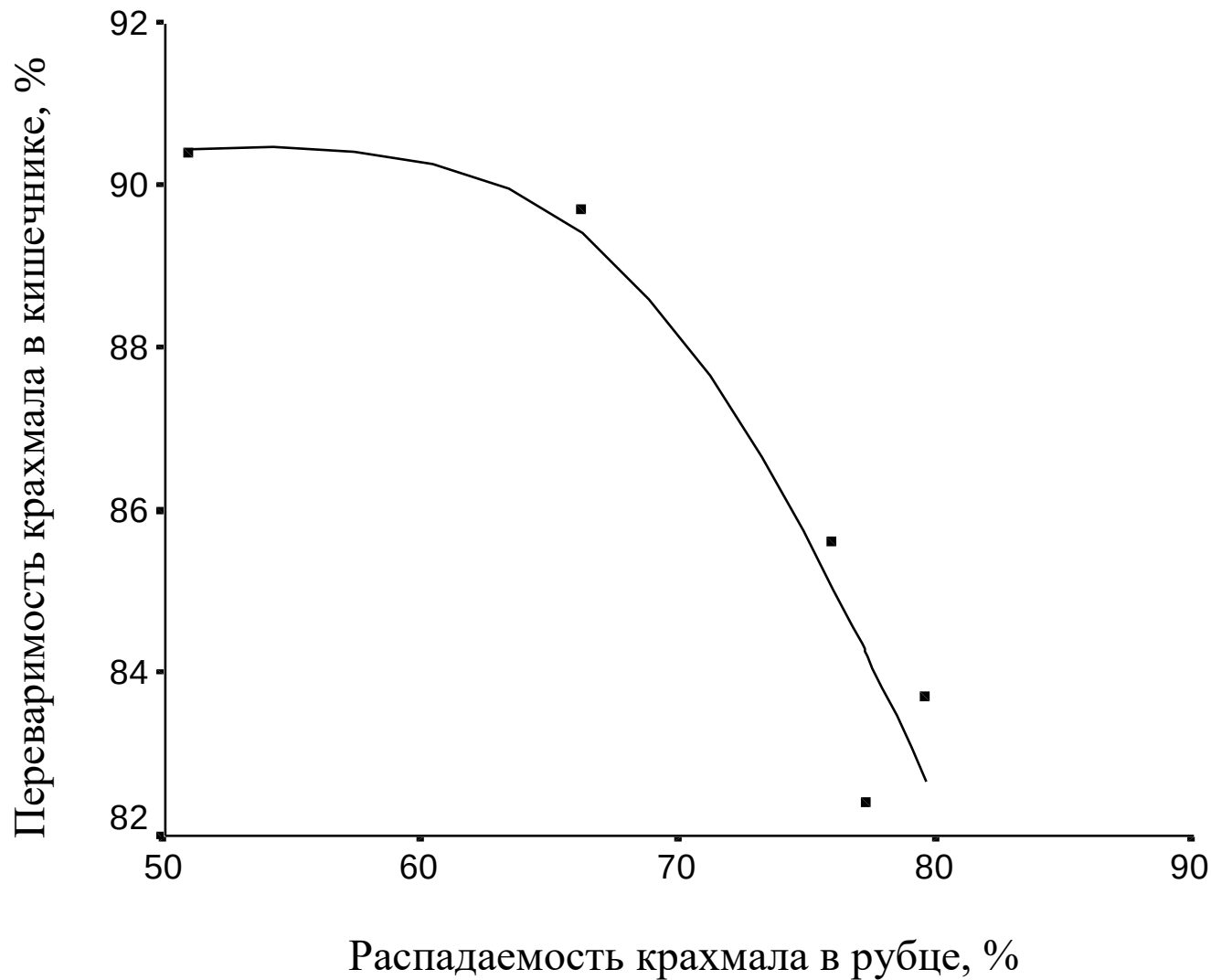
Характеристика распадаемости крахмала в рубце различных зерновых кормов

Показатели	Корма		
	Кукуруза	Ячмень	Пшеница
Распадаемость, % за 3 ч	38±1,23	51±0,78	48,4±1,89
6 ч	51,8±2,05	66,2±0,86	67,9±2,14
12 ч	67±1,69	77,3±2,01	76,5±1,25
Скорость распада, %/ч	6,9±0,02	8,2±0,03	8,2±0,04
Растворимость in vivo, %	25,3±1,25	40,21±1,69	39,7±1,56
Растворимость in vitro, %	7,2±0,98	5,6±0,69	5,3±0,25

Эффективная распадаемость крахмала зерновых в зависимости от скорости оттока кормовых частиц

Вид корма	Скорость оттока		
	0,02/час	0,05/час	0,08/час
Кукуруза	79	64	57
Ячмень	88,3	77	70
Овес	95	89	84
Пшеница	88,2	77,1	70

Переваримость крахмала кукурузы в кишечнике при разной степени распада в рубце



Сравнение прямых и расчетных данных переваримости питательных веществ в рубце

Показатели	фактически		расчет					
	1гр	2гр	1гр	%	2гр	%		
Переваримость НДК, %	49.6±2.8	53.2±2.39	51.4	103	52.8	99.2		
Переваримость крахмала, %	77.4±1.5	77.8±0.89	77.6	100.2	77.2	99.2		
Переваримость сахара, %	76.7±1.2	74.6±1.8	75.3	98.1	74.4	99.7		
Распадаемость СП, %	55.5±0.21	53.0±1.71	55.9	100.7	52.3	98.6		
Поступление кормовых аминокислот в дуоденум, г :			Расчет 1			Расчет 2		
Метионин	39.3±6.1		39.7	101		13.1	83.7	
Лизин	58.9±2.8		56.4	95.7		63.1	107.1	
Лейцин	52.7±5.5		53.3	101.1		51.2	97.1	
Гистидин	20.0±1.9		22.0	110		21.4	107	
Фенилаланин	43.9±2.7		40.3	91.7		47.9	109.1	

Образование субстратов в пищеварительном тракте коров по периодам опытов из кормов рациона (г)

периоды опыта	Образованные субстраты, г					
	ацетат	пропионат	бутират	глюкоза	аминокислоты	ВЖК
1 период 25 день	3034,1	1523,0	688,4	601,1	1158,7	331,9
2 период. 55 –контроль	3579,4	1718,2	820,8	756,3	1709,0	415,6
2 период. 55 –опыт	3224,2	1550,5	778,4	763,8	1725,5	518,7
3 период -85 –контроль	3853,6	1939,3	926,6	872,0	1740,6	349,5
3 период 85 –опыт	3288,0	1621,6	774,2	797,6	1741,8	514,0
4 период 115	3755,2	1811,9	880,2	690,6	1573,4	337,7

Сравнение методов расчета ОЭ:

1. Сумма энергетической питательности кормов рациона

(по справочным таблицам – 140 МДж (107%))

2. Сумма переваримых питательных веществ

ОЭ = 17,46 пП + 31,23 пЖ + 13,65 пК + 14,78 пБЭВ

ОЭ = 17,3 ПП + 34 ПСЖ + 15,9 Крах. + 15,1 Сах. + 15,4 ПЦелл;

где ПП–переваримый протеин, ПСЖ–переваримый сырой жир, Крах–крахмал рациона, ПЦелл.–Переваримая целлюлоза.

(данные переваримости из опыта) -145МДж (111%)

3.Сумма всосавшихся субстратов

ОЭ = ЭАмин. + Э Жк. + Э Глюк. +Э Ацет. + Э Проп. + Э Бут; где ЭАмин. – энергия всасывающихся аминокислот; Жк - энергия жирных кислот, Глюк. - энергия глюкозы, Проп. - энергия пропионата, Ацет. - энергия ацетата, Бут. - энергия бутирата.

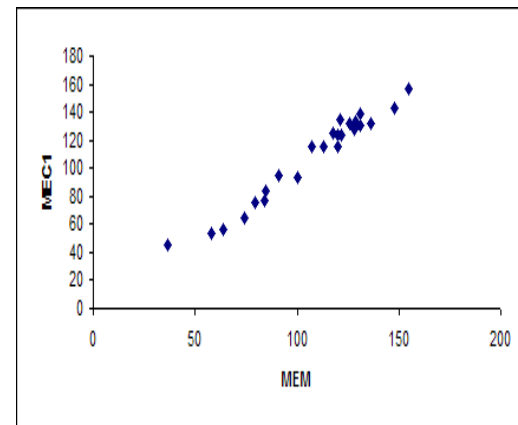
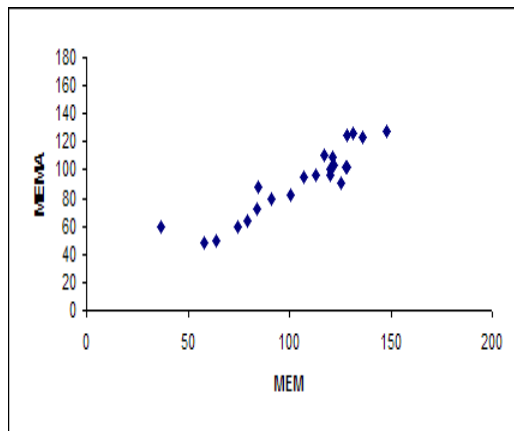
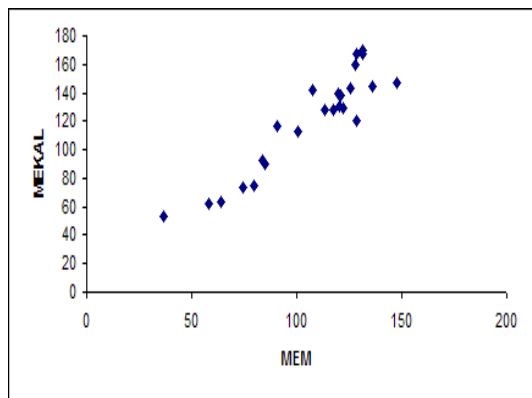
129 МДж (99,2%)

4. ОЭ = ВЭ - (Э кала + Э мочи + Э газов + Э ферм.)

(данные прямых измерений)

130 МДж (100%)

ОЭ корма = ВЭ - (Э кала + Э мочи + Э метана) (9)



Нормы обменной энергии и оптимальные соотношения основных субстратов (% в энергетических эквивалентах) для половозрелых молочных коров с 15 по 90 день лактации (содержание жира в молоке – 4%, белка – 3,4%)

Показатели				
Удой 20 кг				
Живая масса, кг	400	450	500	550
ОЭ, МДж	137, 3	140, 2	144, 5	148, 0
ВЖК	14, 0	13, 7	13,0	11, 0
Аминокислоты	22, 0	22, 0	21, 7	21, 5
Глюкоза	8, 4	8, 2	9, 0	8, 8
Бутират	9, 0	9, 5	10, 0	10, 0
Пропионат	17, 0	16, 5	16, 0	16, 0
Ацетат	29, 6	30, 1	30, 3	32, 7
Удой 35 кг				
Живая масса, кг	550	600	650	700
ОЭ, МДж	211, 8	218, 8	226, 1	233
ВЖК	14,4	13,9	13,0	12
Аминокислоты	23, 8	22, 8	22, 3	22, 6
Глюкоза	6, 6	6, 4	6, 7	6, 7
Бутират	10, 5	9, 0	9, 0	9, 3
Пропионат	17, 0	18, 0	18, 5	17, 5
Ацетат	28, 2	29, 9	30, 5	31, 9

Нормы кормления, г

ЖМ, кг	Удой, кг	Распад аемый СП	Перев нерасп · СП	Метио нин, доступ ный кормов ой	Лизин, доступ ный кормов ой	Гистид ин, доступ ный кормов ой	Перева римые гемице ллюлоз ы+целл юлоз	Распа даемы й крахм ал	Перева римый крахма л	Общий сахар	Пере- варимы й жир корма
	20	1382,8	565,0	8,2	34,5	14,5	3538,9	1521,3	400,4	894,2	530,2
	25	1652,6	674,8	9,5	38,9	17,0	3885,6	2066,9	635,7	1091,2	611,1
500	30	1837,6	794,1	11,9	47,8	20,8	3845,3	2475,9	841,0	1523,3	717,3
600	20	1512,8	548,1	7,6	32,8	14,0	3827,8	1758,8	426,9	895,2	515,1
	25	1693,3	668,6	9,5	39,7	17,2	3980,8	2129,1	590,0	1348,2	578,3
600	30	1956,6	793,9	11,0	45,3	20,0	4075,4	2542,6	787,1	1865,6	645,9
	35	2157,3	958,5	13,7	54,7	24,0	4250,4	3066,4	850,2	2030,5	709,0
	40	2356,1	1050,2	16,8	66,0	28,4	4094,9	3441,7	898,0	2090,6	875,2
700	20	1631,1	513,0	6,7	30,5	13,3	4099,3	1789,7	407,5	1244,7	534,9
	25	1815,9	695,4	10,0	42,2	17,8	3985,4	2252,3	600,7	1349,6	642,3
	30	1906,2	862,5	12,9	52,6	22,0	3779,2	2763,0	768,3	1786,7	785,0
	35	2256,1	938,7	13,6	55,1	24,0	4569,2	2851,6	816,1	2013,7	806,1
	40	2482,1	1074,3	15,4	61,5	27,1	4793,2	3404,4	817,8	2172,2	906,3
	45	2572,8	1252,0	13,9	56,1	25,6	4721,3	3974,0	953,2	2316,8	1037,3

Характеристика кормов по доступности к перевариванию (г/кгСВ корма)

[illegible]